Análisis económico de resultados de las pruebas de pastoreo

Alfredo Riesco*
Carlos Seré**

Resumen

Este trabajo presenta una metodología para un análisis económico de experimentos de pastoreo, enmarcada en una filosofía de investigación de los sistemas de pastoreo.

Se discuten brevemente los objetivos de este tipo de análisis y se plantea una secuencia de evaluación. Se proponen enfoques de evaluación por presupuestación parcial o total así como análisis de funciones de producción. Dado el carácter de cultivo perenne de las especies forrajeras, se introduce el análisis de flujos financieros y se discuten las ventajas relativas de criterios tales como el valor presente neto, la tasa interna de retorno, y la relación beneficio costo.

Esta metodología se aplica a dos ejemplos: un análisis de experimentos de ganancia de peso, y un caso de uso estratégico de la pastura que incluye vacas de cría.

Se discuten diversas dificultades prácticas en la evaluación económica de las pruebas de pastoreo tales como la definición de las cargas óptimas, el manejo de la persistencia de la pastura, el ajuste necesario a los datos experimentales, la variabilidad de los parámetros y los riesgos que éstos implican, la información acerca de los precios que se usarán —particularmente los del ganado debido al movimiento cíclico y estacional de éstos— el tratamiento de la inflación, y el horizonte de evaluación que se utilizará.

* Departamento de Producción Animal, IVITA, Pucallpa, Perú.
** Economista Agrícola, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

Se concluye que el análisis económico puede aportar elementos valiosos al proceso de selección de germoplasma forrajero; su valor depende en alto grado sin embargo, de la estrecha cooperación entre biólogos y economistas en la fase de planteamiento de análisis. Dada la importancia del marco socioeconómico en esta evaluación, no pueden expedirse 'recetas' metodológicas aplicables a todos los experimentos.

Introducción

El objetivo de una prueba de pastoreo es identificar las pasturas y los sistemas de manejo asociados con ellas, que superen en eficiencia a los ya existentes, y que sean adoptados por los ganaderos. El análisis ecónomico es la herramienta que permite pronosticar si una tecnología dada puede aportar algo a los objetivos del ganadero, entendiendo ese aporte especialmente como retorno económico a los recursos de que aquél dispone (tierra, capital, mano de obra). Este argumento implica que el análisis económico es una función del entorno socioeconómico en que, se espera, se desenvolverá la tecnología. Por ello, un análisis semejante presupone un conocimiento de ese marco o entorno y sólo es válido dentro de él. De ahí que el presente trabajo enfoque la evaluación económica de las pasturas con la perspectiva de la teoría de sistemas.

Objetivos de la evaluación económica

Los objetivos de la evaluación económica hecha en pruebas de pastoreo se pueden resumir así:

- Evaluar las posibilidades que tienen las técnicas, la combinación de recursos, o los procesos planteados de contribuir al retorno adicional esperado, contando con los escasos recursos de los productores, con su aceptación de la nueva tecnología, y con la potencial contribución de ésta al desarrollo regional y nacional.
- Evaluar las restricciones a que están sujetas tales innovaciones cuando logran éstas obtener respuestas productivas en las pruebas; mejorar la aceptabilidad de dichas innovaciones y permitir su implementación a corto o mediano plazo.

Teniendo estos objetivos en mente, la evaluación económica de los resultados de los experimentos (es decir, la evaluación a posteriori) puede resultar sumamente desalentadora. La cuantiosa inversión hecha en tiempo, personal, materiales, equipo y otros gastos para armar y mantener, durante algunos años, una prueba de pastoreo podría resultar poco útil en términos del

retorno económico, de la aceptabilidad de la tecnología o de su contribución al desarrollo rural. Se estima que el costo de un ensayo regional D de 16 parcelas será, aproximadamente, de US$13,000, sin incluir en esa cifra los animales, el mantenimiento de las pasturas, los gastos administrativos, y el tiempo de los investigadores (Cuadro 1).

Cuadro 1. **Inversión hecha en una prueba de pastoreo[a] de 16 parcelas de 2 ha cada una, en promedio, sin incluir animales, gastos de mantenimiento, gastos administrativos, y tiempo de los investigadores (Pucallpa, Perú, 1984).**

Inversiones	Valor en: Soles (miles)	US$
Cercas		
Alambre de púa (10 km)	9,600	2,526
Postes (2000 unidades)	4,000	1,052
Mano de obra (60 jornales)	2,000	526
Bebederos		
Mano de obra (contratista)	480	126
Siembra		
Preparación de la tierra (384 horas tractor)	15,360	4,042
Semilla[b]	8,800	2,316
Mano de obra para establecimiento (480 jornales)[c]	3,840	1,011
Fertilizante inicial (4.8 t)	4,800	1,263
Herbicidas (16 gal)	3,200	842
Total	52,800	13,705

a. Pasturas: *Brachiaria* sp. y *Andropogon* sp.; cargas: 4; repeticiones: 2.
b. *Brachiaria* sp.: 3 kg/ha; *Andropogon* sp.: 15 kg/ha.
c. Jornales/ha: 'desmonte' inicial, 10; siembra, 1; aplicación de herbicidas, 3; fertilización, 1.

Formulación de hipótesis

La evaluación económica debe hacer parte del proceso de investigación desde cuando se identifican los problemas en la situación real hasta la obtención de resultados a nivel experimental y, posteriormente, hasta la validación de éstos. La Figura 1 presenta un esquema del proceso racional que guía el planteamiento de un experimento.

En la situación real se observan los síntomas que deben permitir, a través de una relación causal, identificar problemas específicos. Si se toma como ejemplo una zona en el trópico húmedo, cuyas fincas se dedican a la producción de carne y leche, y se observa una baja producción de leche en la época seca aunada a una concentración de partos en los meses de esa época, se

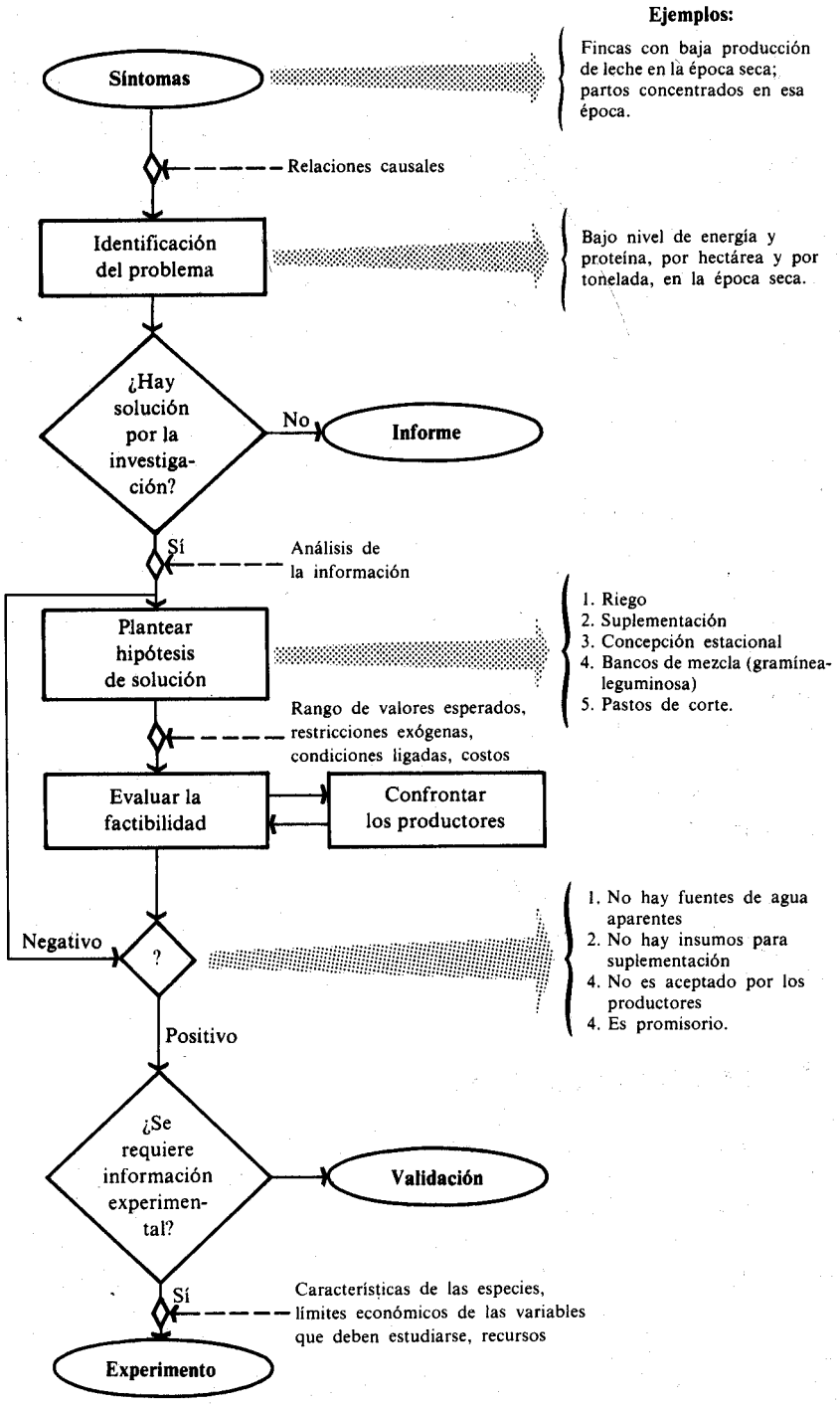

Figura 1. *Proceso racional seguido en el planteamiento de experimentos agropecuarios.*

podría identificar allí un problema de estacionalidad de las pasturas y de su aporte de nutrimentos.

Antes de formular hipótesis de solución, se deben seleccionar aquellos problemas que puedan resolverse y que despierten el interés de la institución que apoya la investigación.

Las hipótesis de solución planteadas se deben someter a una evaluación ex ante basada en el conocimiento o en los antecedentes disponibles que permitan asumir un rango de valores esperados. Un paso decisivo, ya desde esta evaluación previa, es investigar si las hipótesis de solución se enfrentarán a restricciones que estén fuera del alcance de los productores o si, por sus costos y características, aquéllas serían difícilmente aceptadas en las fincas.

A este nivel resultaría de suma utilidad confrontar los problemas y posibles soluciones con los productores del *dominio de adaptación*, entendiendo por tal un área homogénea donde tendrá aplicación la tecnología.

En el ejemplo citado, el bajo nivel de nutrimentos en la época seca podría subsanarse a priori mediante el riego, la suplementación de concentrados, la sincronización del 'entore' (apareamiento), el establecimiento de bancos de leguminosas o el suministro de pastos de corte. Ahora bien, como resultado de una evaluación ex ante se podría demostrar que sólo las últimas dos hipótesis tienen posibilidades de éxito. De este modo, se concentrarían esfuerzos y recursos en probar solamente esas hipótesis.

En algunos casos, sin embargo, cuando se conoce suficientemente la alternativa planteada y se dispone de un estimado confiable de sus resultados, se debería validar simplemente la alternativa. Esta situación podría ocurrir cuando se estudia el uso de los pastos de corte. El empleo de *bancos* de forraje, en cambio, plantea incógnitas que ameritan pruebas experimentales; ejemplos de aquéllas son: ¿Qué especies se usarán? ¿Qué proporción del área de la pastura se asignará al banco? ¿Qué respuesta, expresada como producción de leche y fertilidad, se obtendrá finalmente de las vacas?

Hay dos niveles en la evaluación económica de alternativas tecnológicas: la finca y la sociedad. Los criterios que se utilizan para la evaluación económica a nivel de la finca están circunscritos a la aceptabilidad de la innovación por parte de los productores; a nivel social, en cambio, los criterios consideran la contribución que se espera de una innovación respecto al incremento y a la distribución de los ingresos, al aumento en la producción regional y nacional, al ahorro de divisas, a la generación de empleo, y a otros aspectos.

Cuando las hipótesis y el planteamiento de las pruebas han pasado por el proceso descrito en la Figura 1, la evaluación de los resultados experimentales se realiza, principalmente, según el criterio de aceptabilidad por el productor,

es decir, a nivel de la finca. Se supone que el experimento, a nivel macroeconómico, está ya enmarcado dentro de un determinado lineamiento que lo hace viable desde ese punto de vista.

La aceptabilidad de una alternativa tecnológica se estima a la luz de las siguientes variables:

- el retorno al capital, a la mano de obra familiar, y a la tierra;
- el riesgo y la estabilidad económica implícitos en la decisión;
- el comportamiento de la innovación frente a los objetivos no pecuniarios del productor tales como hábitos, creencias o preferencias.

Desafortunadamente, no es posible elaborar un solo patrón metodológico de evaluación económica para las pruebas de pastoreo, porque, en principio, las fincas de cada dominio de adaptación tienen características estructurales diferentes y se encuentran dentro de un marco socioeconómico distinto.

Conocimiento del dominio de adaptación

La evaluación económica de las pruebas de pastoreo no puede realizarse con independencia de las circunstancias que atraviesan aquellos sistemas de producción en cuyo beneficio se ha orientado la investigación.

Una evaluación es siempre relativa. Los resultados de un experimento en que se ensaya un insumo se comparan, frecuentemente, con los resultados de un tratamiento donde el nivel del insumo en cuestión es igual a cero. Una evaluación realista debería considerar como testigo aquel nivel del insumo que se emplea en el sistema prevalente o en un modelo básico; en todo caso, debería tener en cuenta que las ventajas o desventajas que pueda ofrecer un tratamiento no sólo se refieren a otros tratamientos dentro del experimento, sino fundamentalmente a los parámetros productivos del sistema prevalente o del modelo básico.

Para efectuar, por tanto, una evaluación económica correcta y útil de las pruebas de pastoreo se deben cumplir los siguientes requisitos:

a. Delimitar el *dominio de adaptación* del programa de investigación. Es fundamental señalar los límites socioeconómicos y agroecológicos dentro de los cuales queda definido el universo de fincas que interesan a ese programa.

b. Conocer el *sistema de producción* prevalente dentro del dominio de adaptación en lo referente a su dotación de recursos, su estructura y su funcionamiento. Tal conocimiento permite al grupo investigador, de un lado, juzgar a priori la factibilidad de las hipótesis de solución y del rango

de los tratamientos experimentales y, de otro lado, analizar en qué grado las innovaciones tecnológicas planteadas afectarían otras actividades o componentes del modelo básico.

c. Conocer las *características del mercado* de productos, insumos, capital, tierra y mano de obra con el fin de analizar precios en el corto y mediano plazos, de valorar recursos y, finalmente, de evaluar la estabilidad económica de las mejoras tecnológicas propuestas.

d. Estimar la *función objetivo del productor*, es decir, su escala de valores o su función de utilidad, con el propósito de definir parámetros de aceptabilidad de las alternativas de producción planteadas en las pruebas de pastoreo.

e. Definir el *horizonte de tiempo* de la institución investigadora. El marco socioeconómico actual tiende a ser tenido como estático. Sin embargo, es frecuente argumentar, en la investigación de largo plazo, p.ej. en las pasturas o en los cultivos perennes, que la evaluación económica debe llevarse a cabo dentro del marco socioeconómico esperado, es decir, cuando esa tecnología esté disponible al productor.

Metodología de la evaluación económica

Mientras existe un apreciable cúmulo de experiencias en la metodología de evaluación económica de los resultados de la investigación en el área de cultivos anuales, es relativamente poco lo que se ha escrito acerca de las pruebas con animales.

La evaluación de experimentos con cultivos anuales tiene la ventaja de que el proceso productivo es más directo (suelo-planta) y de que fácilmente se puede demarcar el ciclo económico. Este ciclo es de corto plazo y, aunque se asume que hay independencia entre los ciclos respecto al tiempo, este supuesto puede someterse a discusión. La experimentación en pasturas con animales, en cambio, es mucho más compleja ya que la cadena productiva tiene un eslabón más, es decir, el animal; con éste, se consideran además muchos factores nuevos que intervienen en la producción. Los resultados deben evaluarse, necesariamente, en el mediano plazo o en el largo plazo, porque existe una correlación importante entre el comportamiento de la pastura y su edad. Una dificultad adicional radica en la diversidad de los parámetros productivos, los cuales, generalmente, se hallan interrelacionados; así, ocurre por ejemplo, con la producción de leche, la fertilidad, y los cambios en peso vivo.

Como las pruebas de pastoreo requieren mayor inversión que los experimentos en cultivos, siempre habrá mayores dificultades para aumentar el

número de tratamientos, el número de observaciones por tratamiento, y el número de repeticiones. De este modo se obtienen, frecuentemente, rangos de confiabilidad demasiado amplios en los parámetros productivos y, por consiguiente, en los índices económicos.

Valoración de costos y beneficios

El acierto en la evaluación económica de cualquier proceso productivo depende, por un lado, de la fidelidad con que se interpreten los datos físicos y biológicos y, por otro, de la autenticidad con que se estimen los costos y beneficios involucrados en ese proceso.

En la valoración de costos y beneficios es necesario investigar en qué casos se emplearán los precios del mercado, los costos de oportunidad, o los costos de producción. El costo de oportunidad es la valoración real del costo de un factor productivo y se define como el valor del mismo factor en su mejor uso alternativo.

Cuanto menores sean los recursos del productor, tanto más difícil se hace su valoración en el análisis económico, puesto que a menudo el costo de aquéllos es diferente a los precios corrientes del mercado. Por ejemplo, si el productor contrata la *mano de obra*, entonces los salarios que se paguen en el área de producción, tanto en efectivo como en especie, coincidirán con el costo del factor mano de obra; si, en cambio, el productor emplea su tiempo o el de su familia, se debe considerar el costo de oportunidad de esos tiempos de trabajo. Si, como resultado del diagnóstico, se sabe además que el productor ocupa su tiempo en un cultivo, el costo de oportunidad de su mano de obra será igual a lo que dejaría de ganar al dedicarse a otra actividad.

Ocurre, a menudo, que el productor prefiere pasar su tiempo descansando en lugar de dedicarlo a alguna actividad productiva; sobreviene, entonces la tentación de imputarle un valor nulo a ese tiempo. Sin embargo, se acepta que las personas dan un valor a sus ratos de ocio; por tanto, un productor agropecuario empezará a trabajar sólo cuando se presente una alternativa cuyos beneficios esperados sean mayores que el descanso.

Para valorizar el costo del *capital* es necesario, en primer lugar, saber si es, respecto al productor, de fuente propia o ajena. En muchos países se otorga crédito al sector agropecuario en condiciones preferenciales y para determinadas líneas de producción. Sin embargo, debe entenderse que los costos del capital siempre serán más altos que las tasas preferenciales de los bancos, especialmente para el pequeño productor.

Los primeros sujetos de crédito de la banca de fomento son los grandes productores, para quienes el costo del capital está más cerca de la tasa fijada por el banco. Los productores pequeños, además de absorber los costos de

tramitación del crédito —relativamente más altos que para los grandes productores— y de afrontar el riesgo de fracasar en la solicitud del crédito, deben resignarse a obtener un capital dirigido a adquirir determinados insumos que no siempre son los más convenientes para mejorar la eficiencia del sistema de producción.

El capital propio del productor tiene, en general, un costo de oportunidad bastante más alto. Primero, porque su capital es escaso y está destinado a suplir necesidades elementales de alimentación, salud, vestido, educación, vivienda y, en general, seguridad; segundo, porque hay dentro de la finca varias alternativas con una alta productividad marginal. El pequeño productor preferirá, en esas condiciones, invertir dentro de la finca. Sin embargo, a partir de cierto tamaño de operación —en términos de capital— el costo de oportunidad del capital propio del productor está constituído por el retorno esperado de alternativas de inversión surgidas fuera de la finca, cuando éstas le ofrecen al productor un retorno mayor que la inversión dentro de la finca.

El costo de los *insumos* comprados se valora al precio del mercado, más los gastos de trasporte y almacenamiento, y más los intereses. Cuando estos insumos se producen en la misma finca, su costo puede limitarse a la mano de obra adicional (p. ej., el uso de estiércol) o puede equivaler al valor de las mermas en otro producto (p. ej., el uso de hojas de yuca para suplementación animal).

En la valoración de los *productos* se debe analizar el acceso real que tiene la finca al mercado. El precio de la carne o de la leche, a nivel de la finca, depende de la calidad del producto, del volumen producido, y de la infraestructura de comercialización existente en la región. Debido a que la evaluación de las pruebas de pastoreo debe realizarse, por lo menos, en un plazo mediano, es imperioso conocer la tendencia de los precios de la carne o de la leche, y de los insumos más importantes. Algunos problemas, que surgen por prescindir de estos conceptos, se analizarán más adelante.

La valoración del *inventario* al final del período de evaluación —valor residual— debe hacerse según el valor del mercado, es decir, asumiendo que los activos de la finca se venden.

Métodos de evaluación económica

Los métodos de evaluación económica que interesan a las pruebas de pastoreo son: el presupuesto, o 'presupuestación' total o parcial, y el análisis de funciones de producción.

La *presupuestación* es un método de evaluación mediante el cual se anticipan los costos y los beneficios futuros como resultado de un plan determinado. La presupuestación es total cuando se considera el comportamiento de

toda la finca, y es parcial cuando se refiere sólo a un subsistema o a una parte de la finca.

En la evaluación de los resultados de las pruebas de pastoreo, la presupuestación se hace para simular el desarrollo de una finca bajo diferentes planes que estarían definidos por los tratamientos de la prueba. Se utiliza la presupuestación total cuando los métodos alternativos de producción planteados impliquen cambios en los otros subsistemas de la finca; por ejemplo, se usa kudzú con un objetivo doble: reduce el ciclo de descanso entre los cultivos y sirve de banco de proteína. Cuando los nuevos métodos de producción afecten sólo una parte de la finca o cuando sus efectos sobre otros subsistemas sean claramente identificables, se hará una presupuestación parcial. Este último caso se observa con mayor frecuencia en las pruebas de pastoreo, especialmente cuando se comparan especies o sistemas de pastoreo.

En algunos casos, el *análisis económico* debe decidir el nivel óptimo de utilización de algún recurso respecto a otros que se mantienen fijos. Si se cuenta con suficientes niveles de observación en la prueba, es posible emplear funciones de producción para un análisis de tipo marginal. Así ocurre, p. ej., en las pruebas en que se estudia la carga animal, o el área relativa de las fránjas de leguminosa, o los niveles de fertilización.

El análisis marginal consiste en comparar el beneficio adicional producido por la última unidad de un insumo que se añade al proceso productivo (valor del producto marginal), y el costo adicional en que se incurre al agregar dicha unidad (costo marginal). En los ensayos de carga animal, se incorporan gradualmente unidades animales a un área determinada o, recíprocamente, se agregan unidades de área dado un número fijo de unidades animales. Más adelante se aducen ejemplos ilustrativos de estos métodos de evaluación.

Medidas de la eficiencia económica

El investigador debe decidir entre varias maneras de expresar sus resultados. Esa decisión será útil para la evaluación si tiene en cuenta el concepto de eficiencia. Por eficiencia se entiende una relación entre el efecto logrado y el esfuerzo o los recursos que se utilizaron para lograrlo. Ahora bien, cuando estos recursos son escasos, la eficiencia adquiere un sentido económico. Existen varias formas de expresar esta eficiencia, algunas de las cuales se discuten a continuación.

Producción por animal y producción por hectárea

La productividad de las pruebas de pastoreo se expresa, en primer lugar, como producción por animal o producción por hectárea. La importancia relativa que tenga cada uno de estos dos parámetros de la eficiencia depende

del valor de los animales o de la pastura. Al productor le interesará más la producción por hectárea cuando le sea más difícil aumentar y mantener una hectárea adicional de pastos, ya sea comprando más área cubierta con pastos o estableciendo nuevas áreas con pastos. El valor de la tierra, por ejemplo, es más alto cerca de los centros poblados; en consecuencia, hay más apremio por obtener mayor producción por hectárea en estas áreas en comparación con otras alejadas de las ciudades, donde el precio de la tierra es menor. En cambio, al productor le interesará más la producción por animal cuando sea relativamente más costoso aumentar el tamaño del hato.

Flujo de efectivo y valor presente neto

Como se indicó anteriormente, la producción de pastos debe evaluarse en el mediano plazo. Esta necesidad es una consecuencia de alguno, al menos, de los siguientes factores: el tiempo que demoran o bien el establecimiento de la pastura o las mejoras que se hagan en ella; la persistencia de la comunidad vegetal; los cambios en el comportamiento productivo de los animales desde cuando ingresan al nuevo sistema de pastura (p. ej., cuando se evalúen la fertilidad y la producción de leche).

Por esta razón, un parámetro de singular importancia es el flujo de efectivo que describa la forma en que se deben ejecutar los gastos y el momento en que ocurrirán los ingresos. Se debe admitir, por un lado, que el productor requiere de un nivel mínimo de efectivo para satisfacer sus necesidades elementales y, por otro, que él sólo estará dispuesto a posponer sus ingresos en efectivo siempre que el 'premio' supere cierta tasa de preferencia o de interés, que es el costo de oportunidad del capital. Los flujos de caja se pueden evaluar a través del valor presente neto (VPN). El VPN resulta de la sumatoria de los saldos del flujo de caja de todos los períodos, una vez que éstos hayan sido actualizados al presente utilizando cierta tasa de preferencia pertinente al productor.

Tasa interna de retorno

El retorno al capital invertido durante el período de evaluación u horizonte es una medida de la eficiencia, y sintetiza la relación entre el valor de la producción y todos los recursos que intervinieron en el proceso productivo valorados según sus costos reales. Esta medida, que se conoce como tasa interna de retorno (TIR), es la tasa de interés que rendirá la innovación tecnológica o la alternativa que se plantea, tasa que debe compararse con el costo de oportunidad del capital en el dominio de adaptación del programa de investigación.

La TIR es un criterio eficiente para ordenar alternativas de acuerdo con su comportamiento económico. En la mayoría de los casos, la TIR señala la mejor alternativa; además, es apropiada para comparar el retorno de la

inversión que se evalúa con las tasas de interés ofrecidas en el mercado. En contraste, el VPN indica si, con una tasa de interés pertinente, conviene dar curso a la innovación planteada o no conviene hacerlo. Es necesario, entonces, determinar el costo de oportunidad del capital antes de efectuar la evaluación.

Cuando hay, en algunos recursos, mayores limitaciones que en el capital, la mejor opción será aplicar el VPN y no la TIR. Esto ocurre en algunos programas de desarrollo cuando el crédito de la banca de fomento está al alcance del productor y, dado el tamaño de las operaciones de la finca modelo, no es restrictivo para las alternativas disponibles.

Tiempo de recuperación de la inversión

El tiempo trascurrido hasta que el productor recupera su inversión es una medida importante de la aceptabilidad de la innovación. En países en desarrollo, generalmente, el productor no está dispuesto a esperar más de tres o cuatro años para difrutar del producto de su esfuerzo.

Las innovaciones en el componente 'pasturas' de un sistema requieren de una fuerte inversión inicial, de manera que el horizonte que debe contemplarse para calcular el VPN y la TIR es trascendental en la evaluación económica. La determinación del horizonte debe considerar, por un lado, el plazo atractivo para el productor y, por otro, la persistencia de la pastura o su productividad en función del tiempo.

Retorno a la mano de obra familiar

En regiones donde la mano de obra es escasa o cuando el productor tiene motivos particulares para eludir la contratación de operarios eventuales, el retorno al tiempo del productor y al de su familia —que éste puede obtener en una actividad o en una mejora al sistema de producción de su finca— es una medida de la eficiencia muy apreciada por el mismo productor. Por eso debe considerarse este parámetro en la evaluación de pruebas de pastoreo donde se sospeche que esa situación se presente.

Aplicación de métodos de análisis económico

Pruebas de pastoreo con ganancia de peso

No son raras las pruebas de pastoreo en que se comparan varias cargas animales y diferentes especies forrajeras o sus asociaciones. En Pucallpa (Riesco, Díaz y Santhirasegaram, 1974; Morales et al., 1976) se realizó un experimento donde se comparaba la productividad de *Hyparrhenia rufa*

(yaraguá) —la especie más difundida en ese entonces en la Amazonia peruana— y la de una asociación de esa gramínea con *Stylosanthes guianensis* (stylo), bajo cuatro cargas animales. Tomando este experimento como ejemplo, la evaluación económica buscará, en primer lugar, analizar la respuesta a las diferentes cargas animales dentro de cada tipo de pastura.

Método. En la determinación de la capacidad de carga de una pastura se puede emplear el método del análisis marginal de la función de producción. Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

a. Fijar la *función de producción* con respecto a la carga animal:

$$Y_p = f(X_p) \qquad (1)$$

donde:
Y_p es la ganancia de peso vivo por hectárea, en g/ha por día.
X_p es la carga, en animales por ha.

b. Derivar la función (1) para obtener el *producto marginal* (PM), es decir, el producto adicional (carne o leche) que se obtiene al aumentar un animal más por hectárea:

$$PM = \frac{d(Y_p)}{d\,X_p} \qquad (2)$$

c. Estimar la *función de costos variables* por hectárea (CV) con respecto a la carga; conviene expresar estos costos como kg de peso vivo a fin de disponer de una función válida y útil durante más tiempo:

$$CV = g(X_p) \qquad (3)$$

d. Derivar la función (3) para obtener el *costo marginal* por hectárea (CM).

$$CM = \frac{d(CV)}{d\,X_p} \qquad (4)$$

e. Encontrar la *carga óptima* resolviendo las ecuaciones (2) y (4); es decir, determinar aquella carga en la cual el valor del producto marginal sea igual al costo marginal por hectárea.

Modelo. El modelo que mejor explica la ganancia de peso vivo en función de la carga es de tipo cuadrático. En el caso del yaraguá, se aplicaron los resultados de tres años y se encontraron las siguientes funciones de producción (producto total) y de producto marginal:

$$Y = \frac{-1198.6 + 1691.7\,X - 443.7\,X^2}{(484.6)\,(147.0)} \qquad (5)$$

$$r^2 = 0.86$$

$$PM = 1691.7 - 887.4\ X' \qquad (6)$$

Estas ecuaciones son válidas, por lo menos, en un rango de cargas entre 1.2 y 2.1 novillos/ha. El producto marginal (PM) se expresa como ganancia diaria en g/ha. (Los valores 484.6 y 147.0 son la desviación estándar de los coeficientes respectivos.)

Los costos variables por hectárea que deben considerarse se refieren a la mano de obra y a los insumos relacionados con el manejo y la sanidad del ganado y con el interés por el valor de los novillos durante el ciclo de crecimiento (1 año). Para el caso considerado, los costos variables por hectárea respecto a la carga se expresaron en gramos de peso vivo por día como sigue:

$$CV = 158.3\ X \qquad (7)$$

$$CM = 158.3 \qquad (8)$$

La expresión (8) indica que por cada novillo más que pastoree por hectárea, se incurrirá en un costo adicional de 158.3 g/día equivalente a 57.8 kg de peso vivo por ha y por año.

La carga óptima del yaraguá (X_0) para las condiciones en que se desarrolló la prueba será, entonces, igualando (6) y (8):

$$CM = PM\ ;$$

$$X_0 = 1.73 \text{ novillos/ha}$$

A este nivel de carga se produciría un promedio de 400 g/ha diariamente, que equivalen a 146 kg/ha por año.

La carga encontrada en las fincas pequeñas de la región de Pucallpa fue, en promedio, de 0.91 UA/ha, que equivale a 1.3 novillos/ha, es decir, 25% menos que el óptimo, X_0, antes mencionado. Con esta carga se produce un promedio de 250 g/ha por día en el lote de novillos, o sea, 91 kg/ha en 365 días.

Mediante el mismo método se calculó la carga óptima de la asociación yaraguá-stylo que resultó ser de 2.86 novillos/ha, tomando la información necesaria de los tres años de la prueba. Con esta carga se obtendría un promedio de 339 kg/ha por año.

Evaluación. Con esta información como base, se pueden evaluar económicamente las dos alternativas siguientes para hatos de cría y de levante:

1. Asociación de *H. rufa* con *S. guianensis* fertilizada con 20 kg de P_2O_5/ha por año y bajo una carga animal de 2.86 novillos/ha; y

2. *H. rufa* solo, con una carga animal de 1.86 novillos/ha.

El método que se utiliza en este caso es el presupuesto parcial. Como se indicó anteriormente, el método restringe el análisis a aquellos costos y beneficios diferenciales con respecto al modelo básico o testigo. Volviendo al ejemplo, dicho modelo es una finca con subsistemas agrícola y ganadero, cuyo propietario establece cerca de 10 ha de *H. rufa* anualmente después de obtenida una cosecha de arroz y de maíz sobre las cenizas de un bosque o purma de varios años. La carga animal que soporta esa pastura es de 1.3 novillos/ha.

El Cuadro 2 presenta el resumen de los costos y beneficios marginales, por hectárea, distribuídos en un horizonte de seis años. La inversión inicial se limita a los costos de siembra de la leguminosa y a la trasferencia o compra de los novillos adicionales requeridos para responder al aumento en la capacidad de carga de la asociación. La inversión hecha en el establecimiento de la pastura queda 'subsidiada' por la actividad agrícola que absorbe los costos de tala y quema del bosque.

En cuanto a los beneficios marginales, se consideró tanto un ciclo efectivo de 12 meses como una productividad diferencial constante —frente a la opción representada por el testigo— a lo largo del período de evaluación; esta última consideración es discutible, especialmente cuando se analiza la alternativa 2 donde la carga es mayor comparada con el modelo básico (*H. rufa* con 1.3 novillas/ha). La pastura, en estas condiciones, debe depreciarse más rápidamente que en el modelo, efecto que redunda en una disminución paulatina del valor adicional de los novillos vendidos; además, aparece un valor residual diferencial (que es negativo) para el pasto yaraguá bajo su carga óptima.

La TIR marginal para la asociación, bajo su carga óptima, es de 64.5%. La decisión de sembrar *Stylosanthes* sp. elevando la carga hasta 2.86 novillos/ha es mejor, considerado el retorno al capital, que la decisión de aumentar la carga de 1.3 a 1.87 novillos/ha (TIR = 43.6) en pasturas de yaraguá.

Resulta difícil, con frecuencia, aplicar el análisis de la función de producción ya sea por falta de observaciones a distintos niveles de carga o porque hay ajustes estacionales de la carga. En estos casos, se sugiere aplicar la presupuestación parcial a las distintas cargas observadas. La respuesta así obtenida dará un ordenamiento de las alternativas según el criterio de evaluación utilizado, y aunque no permita seleccionar la carga óptima, sí señalará la mejor de las evaluadas.

Pruebas de pastoreo con hatos de cría

El análisis presupuestal es más complejo cuando la prueba de pastoreo se realiza con hatos de cría. En Pucallpa se llevó a cabo un experimento con

Cuadro 2. **Flujo de costos y beneficios marginales por hectárea de dos alternativas (A y B) de manejo de un hato de cría: en A, se siembra la asociación *H. rufa/S. guianensis*; en B, se eleva la carga de *H. rufa* hasta 1.7 novillos/ha con respecto al sistema común (*H. rufa* con 1.3 novillos/ha).**

Descripción o rubro[a]	Costo o beneficio (US$) en:													
	Año 0		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Inversión inicial marginal														
• Semilla stylo (4 kg x $10/kg)	40.0													
• Ganado ($0.61/kg)			142.7	-43.9										
• M.O. para la siembra (1 *j* x $4.3/*j*)	4.3													
Costos operativos marginales														
• Fertilizantes (100 kg x $0.21/kg)			21.0		21.0		21.0		21.0		21.0		21.0	
• Mano de obra (1 x $3.2/*j*)			3.2		3.2		3.2		3.2		3.2		3.2	
• Drogas y sales minerales ($2/novillo)			2.6	0.8	2.6	0.8	2.6	0.8	2.6	0.8	2.6	0.8	2.6	0.8
Total costos marginales	44.3		169.5	44.7	26.8	0.8	26.8	0.8	26.8	0.8	26.8	0.8	26.8	0.8
Beneficios marginales														
• Valor adicional de novillos vendidos ($0.61/kg)					187.3	32.5	187.3	32.5	187.3	32.5	187.3	32.5	187.3	32.5
• Valor residual:														
- Pasturas[b]													33.0	-100.0
- Ganado													142.7	52.2
Total beneficios marginales					187.3	32.5	187.3	32.5	187.3	32.5	187.3	32.5	363.0	-15.3
Beneficios netos marginales	-44.3	-169.5		-44.7	160.5	31.7	160.5	31.7	160.5	31.7	160.5	31.7	336.2	-16.1
TIR marginal (%)													64.5	43.6

a. *j* = jornal; M.O. = mano de obra; $ = dólares E.U.
b. Valor diferencial de la pastura al cabo de seis años con respecto a la pastura sometida al manejo original.

vacas de carne durante tres años; en él se halló que la introducción de *Pueraria phaseoloides* (kudzú), fertilizado con 100 kg/ha de superfosfato, en una pradera de yaraguá y pasto natural producía una tasa de natalidad de 85% mientras que, en las mismas fincas del dominio de adaptación, se obtenía un 70% de natalidad al año. La innovación mejoraba también los pesos de destete en 30 kg con respecto a las fincas del área donde se hizo el experimento (Santhirasegaram et al., 1975; Riesco, Echavarría y Santhirasegaram, 1976).

Para efectuar la evaluación económica de la introducción de kudzú en el ejemplo anterior, hay que revisar, en primer lugar, las características de los sistemas prevalentes dentro del dominio de adaptación y fijar luego un *modelo básico*. El método que se emplea es la presupuestación parcial ya que aún es posible 'aislar' el subsistema ganadero del resto de la finca, estimando los costos de oportunidad y las restricciones que enfrenta la actividad ganadera.

El modelo básico es ahora una finca agrícola y ganadera de 50 ha en total, de las cuales 30 ha son pasturas (yaraguá y gramíneas invasoras). Dentro de la función objetivo del productor, el área para cultivos agrícolas y el área que se deja en descanso entre un cultivo y otro no deben disminuir, de manera que el área de pastoreo se restringe a 30 ha. La finca tiene un hato compuesto por 20 vacas, 12 novillas y 1 toro reproductor, todos con acceso a las sales minerales. El hato pastorea en forma continua y los terneros se venden al destete. Las novillas remplazan un 15% de las vacas anualmente y las restantes se venden (Cuadro 3).

Se debe simular, en segundo lugar, el plan de mejoramiento que decidirá adoptar el productor dadas sus restricciones y recursos. Asumiendo que decide mejorar 10 ha, se deben seguir los siguientes pasos: cercar el área; dejar descansar dos meses la pastura actual; quemar esa pastura; sembrar la leguminosa; fertilizar con fósforo; y esperar nueve meses más —hasta la siguiente época de lluvias— antes de utilizar la nueva pastura. El productor necesita alquilar potreros con pastos durante un año para 10 UA, con el fin de no reducir el tamaño del hato ni durante la siembra de la asociación gramínea-leguminosa ni en el subsiguiente establecimiento de la pradera (Cuadro 4). Este alquiler representa un costo adicional de 305 dólares por año. El desarrollo del área y de la capacidad de carga de las pasturas, así como de la población bovina de la finca, se describe en el Cuadro 5.

El empleo de la asociación incrementa los parámetros tecnológicos y se obtiene así una natalidad de 85% con un peso al destete de 180 kg. Se logran pesos para las categorías de novillas de dos años, de novillas de vientre, y de vacas de descarte de 300, 350 y 400 kg, respectivamente, en promedio. El aumento de la carga (8 UA) permite retener los terneros 'destetos' durante un año más y lograr un peso en los novillos de 350 kg a los dos años de edad.

Cuadro 3. **Flujo de población en el modelo básico, antes de la mejora tecnológica.**[a]

Categoría animal	Entradas (no.)				Salidas (no.)			
	Inventario inicial	Nacimientos	Trasferencias	Compras	Ventas	Trasferencias	Muertes	Inventario final
Vacas	20	-	3.5[b]	-	3	-	0.5[b]	20
Terneras	-	7	-	-	6	-	1	-
Terneros	-	7	-	-	-	6	1	-
Novillas	12	-	6	-	2.5[b]	3.5[b]	0[c]	12
Toros	1	-	-	1/3 a.[d]	1/3 a.[d]	-	0[c]	1

a. El guión (-) significa **ninguno (a)**.
b. La cifra fluctúa entre los enteros de un año a otro.
c. La cifra, en el promedio de varios años, está próxima a cero.
d. 1/3 a. = una cada tres años.

Cuadro 4. **Flujo de población partiendo del modelo básico y como resultado de la decisión de introducir *P. phaseoloides* y de aplicar fertilizante fosfórico en 10 ha de una finca.**

Categoría animal[a]	Animales (no.) en año:[b]						
	0	1	2	3	4	5	6[c]
Inventarios							
Vacas	20	20	23	24	24	24	
Terneras, 0-1	7	7	8	8	8	8	
Novillas, 1-2	6	6	7	7	7	7	
Novillas, 2-3	6	6	6	7	7	7	
Terneros, 0-1	7	7	8	8	8	8	
Novillos, 1-2	-	-	7	7	7	7	
Toros	1	1	1	1	1	1	
Animales	47	47	60	60	60	60	
UA	29.9	29.9	38.9	39.7	39.7	39.7	
Ventas							
Vacas	3	3	4	4	4	4	4
Terneras, 0-1	-	-	-	-	-	-	1
Novillas, 1-2	-	-	-	-	-	-	1
Novillas, 2-3	3	3	-	2	3	3	1
Terneros, 0-1	7	-	-	-	-	-	1
Novillos, 1-2	-	-	7	7	7	7	7

a. 0-1, 1-2, 2-3 indican los años de edad de los animales.
b. el guión (-) significa **ninguno (a).**
c. liquidación, al cabo de cinco años, del incremento de ganado con respecto a la situación inicial.

Cuadro 5. **Variación del área, de la capacidad de carga, y de la población vacuna por la decisión de introducir *P. phaseoloides* y de aplicar fertilizante fosfórico en 10 ha de una finca.**

Descripción del parámetro	Modelo básico	Variación en año: 0	1	2	3	4	5
Area con yaraguá (ha)	30	20	20	20	20	20	20
Area con asociación (ha)	0	K[a]	10	10	10	10	10
Capacidad de carga de la asociación (UA)	0	0	18	18	18	18	18
Capacidad de carga total (UA)	30.0	20.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
Vacas, terneros y toros (UA)	22.1	16.1	21.2	22.4	22.4	26.9	26.9
Hato completo (UA)	29.9	26.0	29.0	30.9	36.3	38.2	38.2

a. Incorporación de kudzú en la pastura.

En los Cuadros 6 y 7 se presentan los incrementos en la producción atribuibles a la innovación tecnológica que se obtuvieron tanto en el desarrollo normal del hato como en su liquidación al cabo de seis años. En el Cuadro 8 se explica el flujo de efectivo de la alternativa propuesta. En cuanto a los costos de mano de obra se han considerado dos valores:

- La mano de obra del propietario cuyo valor alternativo es, aproximadamente, el doble del salario medio en la región considerada.
- La mano de obra contratada, que toma también su valor del salario mínimo.

La diferencia en costo se debe, por un lado, a las otras actividades que desarrolla el productor y, por otro, a la eficiencia con que éste trabaja si se la compara con la mano de obra ocasional.

La TIR marginal de la introducción de kudzú y de su fertilización es de 35.6% en un horizonte de seis años. Este índice que, en realidad, es el retorno al capital y a la administración del productor parece atractivo si consideramos que éste, en un cultivo de arroz, obtiene en siete meses una rentabilidad equivalente al 15% anual, en promedio, aunque sujeta a una gran variabilidad entre años y a una alta probabilidad de pérdida.

Cuadro 6. **Beneficios marginales esperados por la utilización de pasturas asociadas, con respecto al modelo básico.**

Ventas según categoría y modelo[a]	Beneficio en año: 0	1	2	3	4	5
Vacas						
M. tradicional (no.)	3	3	3	3	3	3
M. mejorado (no.)	3	3	4	4	4	4
Diferencia: (no.)	0	0	1	1	1	1
(kg)	0	0	400	400	400	400
Novillas						
M. tradicional (no.)	3	3	3	3	3	3
M. mejorado (no.)	3	3	0	2	3	3
Diferencia: (no.)	0	0	-3	-1	0	0
(kg)	0	0	-900	-200	150[b]	150[b]
Terneros						
M. tradicional (no.)	7	7	7	7	7	7
M. mejorado (no.)	7	0	0	0	0	0
Diferencia: (no.)	0	-7	-7	-7	-7	-7
(kg)	0	-1050	-1050	-1050	-1050	-1050
Novillos, 1-2 años						
M. tradicional (no.)	0	0	0	0	0	0
M. mejorado (no.)	0	0	7	7	7	7
Diferencia: (no.)	0	0	7	7	7	7
(kg)	0	0	2450	2450	2450	2450

a. M. tradicional = modelo básico: sólo gramíneas. M. mejorado = modelo mejorado con la introducción de 10 ha de una asociación de gramínea y leguminosa.
b. Producción de carne por diferencia del peso, en promedio, de las categorías en los dos modelos.

Cuadro 7. **Beneficio marginal por liquidación del inventario ganadero.**

Categoría animal[a]	Sistema tradicional, T		Sistema mejorado, M		Incremento, M-T	
	no.	kg	no.	kg	no.	kg
Vacas	20	7000	24	9600	4	2600
Terneras, 0-1	7	1050	8	1400	1	350
Novillas, 1-2	6	1500	7	2100	1	600
Novillas, 2-3	6	1800	7	2450	1	650
Terneros, 0-1	7	1050	8	1480	1	430
Novillos, 1-2			7	2450	7	2450
Toros	1	600	1	600	0	0
Total	47	13,000	62	20,080	15	7080

a. 0-1, 1-2, 2-3 indican los años de edad de los animales.

Consideraciones sobre los resultados de la evaluación económica

Generalización o especificidad

Los resultados de la evaluación económica de las innovaciones tecnológicas planteadas en las pruebas de pastoreo pueden variar sustancialmente de acuerdo con el modelo básico, o testigo, que se tome. Numerosos factores modificarían, de alguna manera, el comportamiento de los tratamientos de la prueba 'en la vida real' y entre ellos, los siguientes:

- **Recursos físicos** de la finca: área disponible, tamaño del hato, características de los suelos, tipo de vegetación, y otros factores.
- **Recursos humanos** de la finca: habilidad y experiencia del productor, disponibilidad de la mano de obra familiar, función objetivo del productor.
- **Decisiones de manejo y factores relacionados**: compra y venta de animales para ajustar la carga, proporción del área de la finca para mejorar, siembra en áreas nuevas o degradadas, porcentaje de remplazo de vacas, y otros.
- **Factores exógenos**: volumen y distribución de las lluvias, precios, servicios de comercialización, asistencia técnica, crédito.

Cuadro 8. **Flujo de costos y beneficios marginales derivados de la introducción de *P. phaseoloides* en 10 ha de *H.rufa* y gramíneas nativas, en una finca modelo en Pucallpa, Perú.**

	Costos y beneficios (US$) en año:						
Descripción[a]	0	1	2	3	4	5	6
Inversión inicial marginal							
• Cercas (0.4 km x $416/km)	166.4						
• Semilla (40 kg x $3.4/kg)	140.0						
• Fertilizante (1000 kg x $0.21/kg)	210.0						
• M.O. para establecimiento (60*j* x $3.2/*j*)[b]	192.0						
Costos operativos marginales							
• Fertilizante (1000 kg x $0.21/kg)		210.0	210.0	210.0	210.0	210.0	
• Mano de obra adicional:							
- Mantenimiento de cercas (2*j* x $4.3/*j*)		8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	
- Fertilización (10*j* x $3.2/*j*)[b]		32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
- Manejo del ganado adicional ($2.15/UA)			19.4	21.1	21.1	21.1	
• Drogas y minerales ($2/UA)			18.0	19.6	19.6	19.6	
• Alquiler de pastos		305.0					
Total costos marginales	708.4	555.6	288.0	291.3	291.3	291.3	
Beneficios marginales							
• Valor adicional de:							
Vacas de descarte ($0.58/kg)			232.0	232.0	232.0	232.0	
Novillas de vientre ($0.70/kg)			-630.0	-140.0	105.0	105.0	
Terneras ($0.61/kg)		-640.5	-640.5	-640.5	-640.5	-640.5	
Novillos de 1-2 años ($0.61/kg)			1494.5	1494.5	1494.5	1494.5	

Continúa

Cuadro 8. Continuación.

Descripción[a]	Costos y beneficios (US$) en año						
	0	1	2	3	4	5	6
• Valor residual del hato							
Vacas ($0.58/kg)							1508.0
Terneras, 0-1 años ($0.61/kg)							213.5
Novillas, 1-2 años ($0.61/kg)							366.0
Novillas, 2-3 años ($0.70/kg)							455.0
Terneros, 0-1 año ($0.61/kg)							262.3
Novillos, 1-2 años ($0.61/kg)							1494.5
Total							4299.3
• Valor residual de infraestructura y pastos:							
Pastura[c]							330.0
Cercas							187.0
Total beneficios marginales	·0	-640.5	456.0	946.0	1191.0	1191.0	4816.3
Beneficios netos marginales	-708.4	-1196.5	168.0	654.7	899.7	899.7	
TIR marginal (%)							35.6

a. *j* = jornales; M.O. = mano de obra; $ = dólares E.U.
b. Promedio cuya mitad corresponde a la mano de obra del productor, valorada a $4.3/jornal.
c. Valor adicional de la asociación de siete años de edad, por comparación con la pastura original.

Deben considerarse en el análisis económico aquellas variables que podrían tomar valores dentro de un rango amplio y causar una variación significativa en los parámetros de evaluación económica. El método empleado comúnmente para ello es el *análisis de sensibilidad* que compara los cambios ocurridos en el valor de los criterios económicos con los cambios en el valor de alguna de las variables mencionadas; cuando el VPN o la TIR son sensibles a estos cambios, la innovación propuesta es riesgosa. El análisis de sensibilidad utiliza valores discretos y es fácil de realizar.

Cuando exista información sobre la distribución probalística de las variables bajo análisis, la incertidumbre de los resultados de la evaluación puede describirse de modo más adecuado mediante la distribución probalística del VPN o de la TIR.

El problema de la carga óptima

Al señalar una carga óptima, tal como se hizo en el ejemplo en que se empleaba yaraguá, se acepta el alto riesgo de equivocarse debido a la variabilidad que ocurre entre años, entre sitios, y entre animales. Un criterio más realista es considerar un rango dentro del cual se hallaría la carga óptima con cierto grado de confianza.

La información utilizada en la prueba de las cargas animales en el pasto yaraguá y en la asociación yaraguá-stylo contenía datos de tres años, de dos sitios, y de ocho animales por sitio.

El rango de respuestas esperado es tan amplio que no permite tomar decisiones de manejo confiables. Es obvio que el efecto de los años o de los sitios o de los animales, como fuentes de variación, es de suma importancia y no es acertado prescindir de ellos englobándolos en una sola función de producción. En consecuencia, se deben considerar las funciones de producción para 'años buenos' y 'años malos', o para cada tipo de suelos, o para cada genotipo animal.

La persistencia de la pastura

Se considera, con frecuencia, el promedio de los índices productivos tal como se hizo en los dos ejemplos descritos anteriormente. Esta posición puede ser irreal y desembocaría en resultados económicos inexactos. Es necesario, entonces, considerar la evolución de la productividad de la pastura en el tiempo.

Desafortunadamente, esta evolución es difícil de estimar, primero por el relativamente alto número de años que deben evaluarse, y luego por la alta variabilidad que a menudo se presenta entre años debida a la distribución y al

volumen de las lluvias. Esta situación se dio en la prueba de las cargas en pasturas de yaraguá y de su asociación con *Stylosanthes* sp. antes mencionada.

No obstante, la información acerca de la evolución de la composición botánica de la pastura en los tres años de la prueba da indicios sobre la persistencia de la pastura. Dadas las dificultades analíticas para identificar las cargas óptimas en el tiempo, se busca generalmente identificar, mediante presupuestación total o parcial, aquellas cargas experimentales que son económicamente más eficientes.

Datos experimentales y datos reales

En la evaluación económica de los resultados de las pruebas de pastoreo, deben considerarse la administración y los recursos técnicos como causa de diferencias entre la estación experimental y las fincas de los productores; asimismo, no pueden ignorarse las diferencias debidas al sitio y al año en que se realizan las pruebas.

El sesgo que tendrán los resultados experimentales se origina en la selección del lugar donde se desarrollará la prueba. En la estación experimental se excluyen áreas imperfectamente drenadas o con pendientes pronunciadas en tanto que el productor está obligado a usar el área disponible en su finca. La estación cuenta con maquinaria, implementos y equipo que, a menudo, no están al alcance del productor. En ella, la intervención de los técnicos para 'salvar' un experimento es frecuente y si ocurren fracasos en el establecimiento de algunas parcelas o daños fortuitos en ellas, esta información no se registra y, por consiguiente, no entra en la evaluación económica de la prueba.

El establecimiento de pasturas suele ser la fase más compleja, especialmente cuando la innovación tecnológica incluye asociaciones. Se ha comprobado, por ejemplo, que la TIR marginal de la actividad de crecimiento y engorde de ganado en una asociación yaraguá-stylo se reduciría de 64.5 a 22.3% si el establecimiento de esa asociación sufriera una demora de un año adicional. Por consiguiente, es importante conocer la probabilidad de tales eventos, puesto que el productor sólo aceptará la innovación si los riesgos de fracaso son menores de cierto nivel fijado dentro de su función objetivo.

Los métodos más empleados para medir la productividad animal de las pasturas —unidad efectiva de alimento y cargas fijas— son métodos extremos, y ninguno de ellos representa el modo de actuar del productor. El método de la *unidad efectiva de alimento* resulta demasiado complicado, especialmente porque los cambios se hacen en períodos muy cortos; el productor no tiene tanta flexibilidad como la estación experimental. El productor tampoco mantendrá *cargas fijas* durante tres años o más —método que sí

podría plantearse experimentalmente— sino que reducirá las cargas mediante la venta de animales en los 'años malos' o en las sequías intensas y prolongadas y capitalizará, según el crecimiento interno principalmente, cuando le sobre forraje. La repercusión que tienen estas diferentes decisiones de manejo en la persistencia de la pastura puede afectar los resultados del análisis económico.

Es necesario también revisar los registros históricos de precipitación pluvial a fin de calificar los años en que se realiza la prueba como 'buenos, regulares o malos'. Los resultados de los años excepcionales son útiles sólo para conocer el rendimiento máximo, o el mínimo, de la pastura y de los animales, pero debe tenerse cuidado cuando se usan tales datos en la evaluación económica.

La predicción de precios

Uno de los factores de mayor trascendencia en el comportamiento económico de las innovaciones tecnológicas es, sin duda, el precio de los productos e insumos y, más exactamente, la relación de precios entre productos e insumos.

Como se indicó anteriormente, es necesario identificar los precios a nivel de la finca, o sea, los 'precios de campo'. Además, es imprescindible predecir, con suficiente exactitud, la relación de precios en cada período del horizonte el cual, tratándose de la evaluación de pasturas, debe extenderse de cuatro a diez años. Para el efecto, se debe analizar la serie histórica de los precios que interesan a la evaluación.

Precio de la carne

Ha tenido este precio fluctuaciones periódicas (ciclos) de seis u ocho años, junto con una tendencia alcista de alrededor de 3% al año en América Latina (Rivas y Cordeu, 1983). La Figura 2 ilustra los precios de la carne en Colombia y Brasil. La duración de los ciclos se debe a que los productores no pueden aprovechar con rapidez los estímulos del precio porque tardan en capitalizar sus hatos y en aumentar sus ventas. Ocurre que muchos productores toman esa decisión de modo simultáneo, así que por espacio de tres o cuatro años aumenta la oferta agregada de la carne y, en consecuencia, cae el precio. Este resultado desalienta a los productores y los invita a despreocuparse de la actividad ganadera y a reducir la extracción; por consiguiente, aumenta el precio en los siguientes tres o cuatro años. Este proceso se conoce como efecto telaraña ('cobweb effect').

Hay, además, ciclos estacionales de precios a nivel de la región o del país causados tanto por sequías intensas y prolongadas —que obligan al productor a disminuir la carga animal en las explotaciones— como por problemas

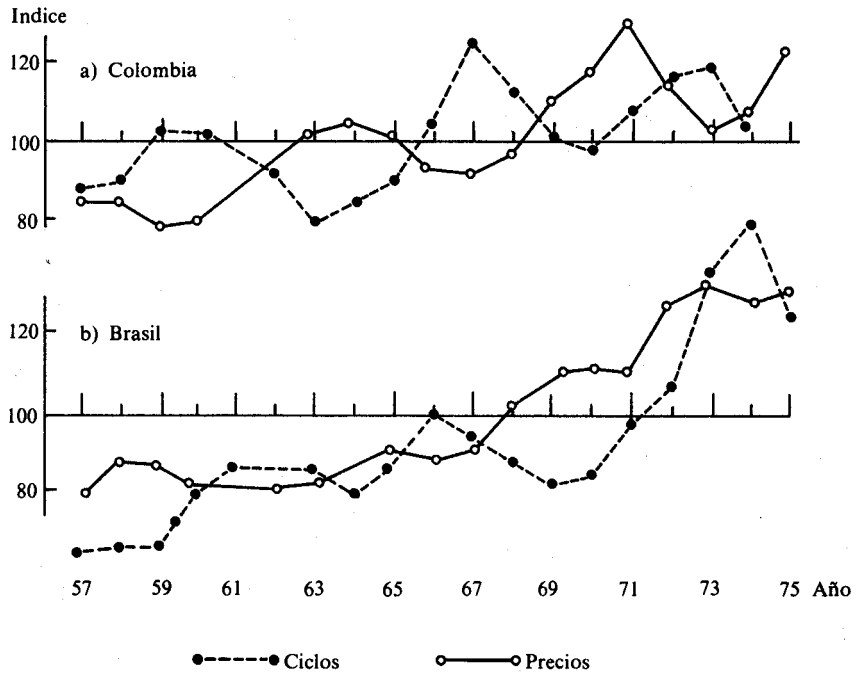

Figura 2. *Ciclos de sacrificio y precios reales de carne en países seleccionados de América Latina. (1937/1975 = 100).*

FUENTE: Rivas, L. y Nores, G. (1979).

relativos al acopio y al trasporte. En la Amazonia, por ejemplo, los ríos son vías de comunicación de primera importancia, pero en la época de 'vaciante' (cuando baja el caudal del río) hay dificultades para el acopio de ganado en muchas fincas; esta situación se refleja en una disminución de la oferta regional y en un aumento de los precios en esa época (Riesco, 1980).

Importa también conocer la diferencia de precios según la calidad del producto. La carne presenta, a menudo, diferencias de precio entre el ganado flaco y el gordo. En el Cuadro 9 aparece la rentabilidad del engorde de ganado en el Valle del Cauca, Colombia; allí, la fluctuación de sólo un 10% en los precios del ganado hacen que la TIR de los sistemas más intensivos se torne negativa y que el modelo básico pase a ser la segunda mejor opción después de haber sido la tercera.

Precio de la leche

Un estudio del mercado de productos lácteos debe servir de base para las predicciones. América Latina tropical, donde la producción per cápita fluc-

Cuadro 9. **Tasa interna de retorno (TIR) de tratamientos selectos de un experimento en que se midió el efecto de la fertilización nitrogenada, del riego y de la rotación, en pasturas de *Digitaria decumbens* pastoreadas por novillos (Valle del Cauca, Colombia, 1977).**

Sistema[a]	Carga (UA/ha)	Nivel de N[b] (kg/ha al año)	TIR (%) para relación de precios ganado flaco/ganado gordo de: 0.9	1.0	1.1
T	2.0	330	17.7	10.9	5.4
I	5.0	168	27.6	19.2	11.7
II	5.8	332	20.0	11.8	4.5
III	6.7	500	16.4	8.4	-
IV	7.5	672	11.7	4.0	-

a. T = Modelo básico o tradicional.
b. La relación de precios N/ganado gordo es 0.8.

FUENTE: Estrada, R.D. y Paladines, O., 1979.

túa entre 9 y 117 kg/año, es un importador neto de leche. Además, la elasticidad ingreso de la demanda de leche es, en varios países, mayor que la elasticidad ingreso de la demanda de carne; este fenómeno implica que, al aumentar el ingreso de la población, ésta destinará una proporción más grande de ese aumento al consumo de leche que al de carne (Rivas y Nores, 1979).

La brecha entre la producción y la demanda estimada inducirán precios internos atractivos para el productor y una tendencia positiva. Sin embargo, la intervención de los gobiernos favorece frecuentemente a los consumidores.

Dada la incertidumbre para predecir factores de carácter político y la influencia de éstos en el precio real de la leche, el análisis de sensibilidad resulta imprescindible cuando las pruebas de pastoreo se miden en producción de leche.

Inflación

Las tasas de interés que cobran, o que pagan, los bancos sirven con frecuencia de puntos de comparación para determinar si el retorno al capital que ofrece una alternativa tecnológica es aceptable, o para conocer el costo alternativo del capital propio. Los bancos aplican una tasa de interés nominal en la cual se tiene en cuenta el aumento en el índice general de precios, es decir, la tasa de inflación.

Para trasformar la TIR a la tasa equivalente de interés nominal, *i*, cuando la evaluación se haya realizado con valores constantes, es necesario emplear la siguiente relación:

$$i = IR\,(1.0 + P) + P \qquad (9)$$

donde:

P = tasa de inflación.

Por ejemplo, al hacer la inversión en el mejoramiento de praderas con kudzú y fertilizante fosforado, se obtuvo una TIR marginal de 35.6%. Si la tasa de inflación en los seis años de horizonte fuera de 20% anual, entonces la tasa de interés nominal que rinde la innovación sería:

$$i = 0.356\,(1.20) + 0.20 \qquad (10)$$

$$i = 0.627$$

Téngase en cuenta que el incremento en el índice general de precios resulta de un promedio en el cual unos bienes sufren incrementos de precio mayores que otros. En nuestros países, frecuentemente, los costos de mano de obra quedan rezagados mientras que los costos relacionados con bienes importados tienden a elevarse sobre el promedio (Rivas y Seré, 1984). Cuando haya evidencia de estos cambios de precios relativos, es correcto expresar los costos y los beneficios en los valores nominales esperados para los años de evaluación. La TIR resultante será obviamente nominal pero la TIR real se puede calcular si, antes de hacerlo, se deflacta el flujo de ingresos y egresos con la tasa de inflación.

El horizonte

El número de años que se emplee en la evaluación económica afecta los resultados. Sin embargo, la estructura del flujo de caja en los primeros años trasciende mucho más a los resultados globales. Aparentemente, sólo es necesario considerar seis o siete años para hacer inversiones en mejoramiento de pasturas (CIAT, 1982). Los incrementos marginales en la TIR debidos a un año adicional son poco significativos a partir del sexto año; en este sentido, aun cuando la productividad de la pastura persista durante 15 años, por ejemplo, no es preciso hacer un análisis durante más de seis o siete.

El criterio más importante para definir el horizonte de evaluación económica es la proyección que haría el productor mismo. Generalmente, los productores de los países de América Latina se han fijado metas que apenas alcanzan el mediano plazo. Es importante, pues, hacer un análisis de sensibilidad en relación con el horizonte para saber si la innovación tecnológica arroja índices económicos positivos aun a los tres o cuatro años.

Conclusiones

El análisis económico puede contribuir en forma importante al proceso de selección del germoplasma forrajero destinado al desarrollo de nuevas pasturas en las pruebas de pastoreo. La utilidad de ese análisis será mayor cuanto más exacta sea la estimación de los costos y beneficios atribuibles, asumiendo la incorporación de las pasturas dentro de unidades de producción reales. El análisis requiere, entonces, de un conocimiento integral del entorno socioeconómico.

Dadas las características de la actividad ganadera, la evaluación de pruebas de pastoreo debe considerar, necesariamente, el mediano plazo, lo que implica la proyección del proceso productivo y del marco socioeconómico. La extrapolación del análisis económico a otras condiciones exige una intensa cooperación entre los investigadores tanto del área biológica como de la económica. Frecuentemente, los datos biológicos disponibles son insuficientes para llegar a conclusiones económicas trascendentes y confiables. La especificidad del análisis económico impide la formulación de 'recetas' metodológicas para todos los casos que se evalúen.

Referencias

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Tropical Pastures Program. Annual report 1981. Cali, Colombia. p. 287-296.

Dillon, J. y Hardaker, J.B. 1980. Farm management research for small farmer development. FAO, Roma, Italia. p. 94-102.

Estrada, R.D. y Paladines, O. 1979. Evaluación económica de la producción de carne en el trópico, bajo pastoreo y con aplicación de nitrógeno. Turrialba 29(4): 47-254.

IVITA (Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura). 1976. Informe anual 1975. Lima, Perú.

Morales, V.; Riesco, A.; García, M. y Santhirasegaram, K. 1976. Efecto de la carga animal sobre la ganancia de peso de toretes Nellore sobre pasturas mejoradas y sin mejorar. En: 5a. Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú, Huancayo, Perú.

Perrin, R.; Winkelmann, D.; Moscardi, E. y Anderson, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación agronómica. Folleto de información no. 27. CIMMYT, México. 54 p.

Riesco, A.; Díaz, J. y Santhirasegaram, K. 1974. Determinación de la capacidad de carga de *Hyparrhenia rufa* mejorado y sin mejorar. En: 4a. Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú. Ayacucho, Perú. (Compendios.)

Riesco, A.; Echevarría, M. y Santhirasegaram, K. 1976. Efecto del mejoramiento de pasturas y la suplementación mineral en la productividad de hatos reproductivos en el trópico. En: 5a. Reunión de Especialistas e Investigadores Forrajeros del Perú. Huancayo, Perú.

———. 1980. Tenencia de la ganadería bovina en selva baja. En: Asociación Peruana de Producción Animal. Anales de la 3a. Reunión Científica Anual. Lima, Perú. (Mimeografiado.)

Rivas, L. y Cordeu, J. 1983. Potencial de producción de carne vacuna en América Latina; estudio de casos. CIAT, Cali, Colombia. 93 p.

———. y Nores, G. 1979. La evolución de la ganadería bovina en América Latina, 1960-1977. CIAT, Cali, Colombia. p. 11-15.

———. y Seré, C. 1984. Análisis de precios de insumos y productos ganaderos en 1983; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. 16 p.

Santhirasegaram, K.; Morales, V.; Pinedo, L. y Reyes, C. 1975. Second interim report on pasture development in the Pucallpa region. IVITA, Pucallpa, Perú.