

## **Evaluación económica de proyectos de inversión**

1. Principios para la evaluación económica de proyectos de inversión. De Rubinstein, E.
2. Metodología para realizar el calculo de los proyecciones del rebaño vacuno. Carrillo, A.
3. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económico. Richard, P.K., Winkelmann, L.D., Moscardi, R.E. y Kack, R.A.
4. Proyecciones de producción y consumo de carne vacuna en América Latina para 1980 y 1985. Simpson, J.R.
5. Evaluación económica de sistemas alternativos de cría y engorde en los Llanos Orientales Colombianos. Nores, G.A. y Estrada, R.D.

CIAT

CURSO DE PASTOS TROPICALES

APUNTES CLASE

PRINCIPIOS PARA LA EVALUACION ECONOMICA DE  
PROYECTOS DE INVERSION

Eugenia de Rubinstein\*

El objetivo de esta charla es discutir con uds. algunos principios de economía que se utilizan en evaluación de proyectos de inversión en la ganadería.

Un gasto de inversión con contraste con un gasto corriente de producción implica la creación o adquisición de un activo del cual podemos esperar obtener beneficios a través de un período largo de tiempo, o al menos, mayor que la duración de un ciclo productivo. En realidad, el límite entre un gasto corriente y un gasto de inversión no siempre es tan claro. El gasto en un tractor, cercas, ganado, implantación de praderas, constituye en general una inversión pues estos activos proporcionarán ingresos por varios años, en tanto que por ejemplo el gasto en mano de obra es un gasto corriente.

Vamos a discutir los criterios que se utilizan en Economía para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Es preciso no olvidar que estos métodos no van a tomar la decisión por nosotros, pues la decisión de emprender un proyecto dependerá de muchas otras consideraciones no-cuantitativas y no-económicas. Además, nuestro objetivo será el de evaluar una actividad privada y no pública, en que la decisión no la toma el investigador. Mas bien, queremos predecir si el proyecto será o no rentable o más rentable que otro para el productor, desde su punto de vista.

El análisis de un proyecto de inversión se basa tanto en información técnica, que requiere las habilidades profesionales de todo un grupo de especialistas, por ejemplo en suelos, pastos,

\* Economista, Programa Pastos Tropicales-CIAT

manejo y salud animal, como en información económica que nos proporcione un cuadro de las fincas individuales, en términos económicos y financieros.

El objetivo del análisis económico es comparar los costos con los beneficios esperados del proyecto, con el fin de determinar cuál de todas las alternativas es la mas remunerativa.

Una regla útil para identificar los beneficios de un proyecto de inversión es preguntarse cuál será el impacto sin y con el proyecto. Veamos esta idea a través de un ejemplo.

En una finca de cría extensiva en los Llanos de Colombia, en la que sólo hay sabana nativa y suplementación con sal ad libitum, se proyecta implantar en una parte de la finca Brachiaria decumbens, para ser utilizado durante el invierno por las vacas, toros y terneros lactantes. El proyecto también contempla suplementación con mezcla de minerales ad libitum.

Dado que el pasto mejorado y los minerales permitirá aumentar la tasa de natalidad, así como disminuir la tasa de mortalidad de los terneros y acortar la edad (peso) para el primer apareamiento de las novillas de reemplazo, este proyecto permitirá aumentar la producción de la finca tanto en el corto como largo plazo. De modo que los beneficios del proyecto se medirán a través del (1) aumento en las ventas anuales de la finca, y (2) del aumento en el stock de ganado y por lo tanto del K (capital) invertido en animales que posee la finca.

Los costos de un proyecto generalmente son más fáciles de identificar. En el mismo ejemplo anterior, se considerarán items tales como:

1. costo de la siembra del pasto Brachiaria, tanto inicialmente como de resiembra cada cierto número de años dependiendo de la duración esperada de la pradera;
2. costo de las cercas y saladeros que se considere en el proyecto;

3. costo de mantenimiento de la pradera, especialmente en fertilizantes; y
4. costo de administración.

De modo que habrá que incluir tanto el gasto total de inversiones como los gastos anuales de producción, que no existirían en la finca de no mediar la inversión en pasto mejorado.

Suponiendo que se conocen totalmente las consecuencias de cada proyecto y que ellas pueden ser expresadas como costos y beneficios en pesos, el analista podría preguntarse qué regla debe usar para escoger entre las oportunidades existentes. Los criterios de evaluación son fórmulas matemáticas que pretenden guiar, orientar la elección bajo estas circunstancias. Una regla indica la aceptabilidad de un proyecto, al indicar que se efectúe una comparación entre el criterio computado con la fórmula matemática y algún otro número o fórmula (ejemplo: "adopte el proyecto si el valor presente es mayor que cero").

Los tres criterios más comunmente usados son los de:

- 1) Valor Presente o Valor Actual
- 2) Tasa Interna de Retorno, y
- 3) Razón Beneficio/Costo.

También veremos un cuarto criterio:

- 4) Flujo Anual Equivalente.

A continuación definiremos cada uno de ellos, indicando en lo posible las ventajas y desventajas de cada uno.

#### 1. Valor Presente de un Flujo de Fondos

El proceso de obtener el valor actual es diametralmente opuesto al proceso de obtener el valor capitalizado. Por ejemplo, el valor capitalizado de \$100 gastados hoy es \$110 dentro de un año al tipo de interés del 10 por ciento, en cambio, el valor actual de \$110 gastados dentro de un año es \$100 al tipo de interés del 10 por ciento. Es decir, un gasto de \$110 que se realizará dentro de un año equivale a un gasto de \$100 hoy,

puesto que para poder afrontar ese gasto en un año debemos apartar hoy \$100 si el interés que se puede obtener de los \$100 es 10 por ciento durante ese año.

Llamando  $V_1$  el monto (gasto o ingreso) que se reditúa al final del período 1,  $V_0$  el monto que se reditúa al final del período cero (HOY), y  $r$  el tipo de interés pertinente, lo dicho anteriormente puede expresarse como:

$$(1) \quad V_1 = V_0 (1+r) \quad \text{Valor capitalizado}$$

$$(2) \quad V_0 = \frac{V_1}{(1+r)} \quad \text{Valor Presente}$$

¿Cuál es el valor actual de un gasto de \$110 realizado dentro de dos años ( $V_2$ )?

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1(1+r) = [V_0(1+r)](1+r) \\ &= V_0(1+r)^2 \quad \text{Valor Capitalizado} \end{aligned}$$

$$V_0 = \frac{V_2}{(1+r)^2} \quad \text{Valor Presente}$$

De modo que para un tipo de interés del 10 por ciento, el valor  $V_0$  para  $V_2 = \$110$  es igual a:

$$V_0 = \frac{110}{(1+0.1)^2} = \frac{110}{1.21} = 90,9090\dots$$

Generalizando la fórmula se obtiene:

$$V_0 = \frac{V_j}{(1+r)^j} \quad \text{Valor Presente de } V_j \text{ redituado al final del período } j.$$

El valor presente de un flujo de montos que se reditúan en distintos períodos es igual a:

$$VP = V_0 + \frac{V_1}{(1+r)} + \frac{V_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{V_j}{(1+r)^j} + \dots$$

$$VP = \sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+r)^i}$$

Con esta fórmula puede obtenerse el valor presente de un flujo de costos y también de un flujo de ingresos. La regla de decisión es "una inversión es rentable solo si el valor presente del flujo de ingresos es mayor que el valor presente del flujo de costos, cuando éstos se actualizan haciendo uso de la tasa de interés pertinente para el inversionista".

En términos de una fórmula, la inversión es deseable solo si:

$$VPN = Y_0 - C_0 = \left[ \sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i} \right] - \left[ \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \right] > 0$$

ó

$$VPN = \sum_{i=0}^n \frac{(Y_i - C_i)}{(1+r)^i} > 0$$

La inversión sólo será rentable si el valor presente del flujo de ingresos netos que genera es positivo, descontando estos flujos a la tasa de interés pertinente para el inversionista. Dicha tasa de interés no es otra cosa que el costo alternativo del capital para el dueño del negocio (el retorno que dejaría de ganar en la mejor oportunidad alternativa que tenga, ej. de poner su dinero en una cuenta de ahorro, de invertirlo en acciones, etc., o el costo de pedir prestados esos fondos si no los tiene, etc.).

Si el proyecto evaluado es una adición a un conjunto de proyectos, los montos  $V_j$  pueden ser vistos como incrementos (costos e ingresos "adicionales") debidos al proyecto nuevo. En este caso hablamos de un proyecto marginal y de un correspondiente valor presente incremental o marginal, y la regla asociada es: "adopte si y solo si el valor presente (incremental) neto es mayor que cero". Un caso especial que surge frecuente-

mente es la elección entre proyectos mutuamente excluyentes. En ese caso la regla es seleccionar aquel que tiene el mayor Valor Presente Neto (o sea, maximizar el Valor Presente Neto).

De la fórmula presentada se desprende un punto importante y es que a medida que la tasa de interés es más alta, menos importancia tienen los costos e ingresos que se reeditarán en el futuro, y mayor importancia adquiere el período de gestación de la inversión. Es decir, que a medida que la tasa de interés es mayor, menor será la probabilidad de que sea rentable invertir en proyectos de larga duración o de largo período de gestación.

Podemos ver entonces, que el VPN de un proyecto de inversión no es otra cosa que su valor medido en dinero de hoy, o de otra manera, es el equivalente en pesos actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto.

Veamos un ejemplo muy sencillo: supongamos que los proyectos a, b y c están disponibles, con secuencia de pagos como sigue:

<u>Proyecto</u>	<u>BN<sub>0</sub></u>	<u>BN<sub>1</sub></u>	<u>V<sub>0</sub></u>	<u>(r = 50%)</u>
a	- 6	15	4	1o.
b	-10	12	-2	No debe hacerse
c	5	- 6	1	2o.

Cálculos:

$$-6 + \frac{5}{1.5} = 4 \quad -10 + \frac{12}{1.5} = -2 \quad 5 - \frac{6}{1.5} =$$

Ejemplo #2

<u>Final del período</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Gastos:	10.000	450	450	100
Ingresos:		4.500	4.500	4.500
r = 10%				

$$C_0 = 10.000 + \frac{450}{1.1} + \frac{450}{(1.1)^2} + \frac{100}{(1.1)^3}$$

$$= 10.000 + 409.1 + 371.9 + 75.13 = \$10,856.1$$

$$Y_0 = 0 + \frac{4.500}{1.1} + \frac{4.500}{(1.1)^2} + \frac{4.500}{(1.1)^3}$$

$$= 4.090.9 + 3.719.0 + 3.380.9 = \$11.190.8$$

$$VPN = 11.190.8 - 10.856.1 = \$334.71 > 0$$

Luego, el problema de realizar una inversión se resuelve determinando el valor presente de los flujos de beneficios netos futuros.

Si VPN es positivo, el proyecto es rentable, y si es igual a cero el proyecto es indiferente ya que ésto significa que las sumas invertidas en el proyecto ganan un interés idéntico al que se lograría en otras partes. El problema del tamaño de la inversión consiste en determinar aquel tamaño que maximice el valor actual de los beneficios netos. Para ello, debemos determinar la variación del valor presente neto frente a un cambio en el volumen invertido inicialmente ( $\Delta C_0$ ). Si  $\Delta VPN > 0$ , ello implica que aumenta el volumen de los beneficios netos al aumentar la inversión inicial. En cambio, si  $\Delta VPN$  es negativo, ello implica que será conveniente disminuir el tamaño de la inversión. Si  $\Delta VPN = 0$ , estamos ya frente al tamaño óptimo ( $C_0$ ) de inversión. De modo que el tamaño óptimo de inversión se obtiene cuando el valor presente del costo (inversión) marginal es igual al valor presente del beneficio (ingreso marginal).

La desventaja de este criterio de inversión es que se precisa conocer la tasa de interés de oportunidad, aquella que el productor puede ganar en otras partes, en cada ocasión.



## 2. Criterio Tasa Interna de Retorno

Como ya se vió, cuando el VPN es igual a cero, ésto significa que las sumas invertidas en el proyecto ganan un interés idéntico al empleado en los cálculos. Vale decir, si  $VPN(i=0.10)=0$  ésto significa que las sumas invertidas en el proyecto ganan un 10 por ciento de interés. Esta tasa de interés, que es la que ganan los dineros que permanecen invertidos en el proyecto es la que recibe el nombre de Tasa Interna de Retorno ( $\rho$ )

Ejemplo:

<u>Proyecto</u>	<u>S<sub>0</sub></u>	<u>S<sub>1</sub></u>	<u>(<math>\rho</math>)</u>
a	- 6	15	150%
b	-10	12	20%
c	5	-6	20%

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad -6 + \frac{15}{1+\rho} &= 0 & \frac{15}{1+\rho} &= 6; & 1+\rho &= \frac{15}{6} \\ & & & & \rho &= \frac{15}{6} - 1 = 1.5 = 150\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b)} \quad -10 + \frac{12}{1+\rho} &= 0 & \frac{12}{1+\rho} &= 10; & 1+\rho &= \frac{12}{10} \\ & & & & \rho &= 1.2 - 1 = 0.2 = 20\% \end{aligned}$$

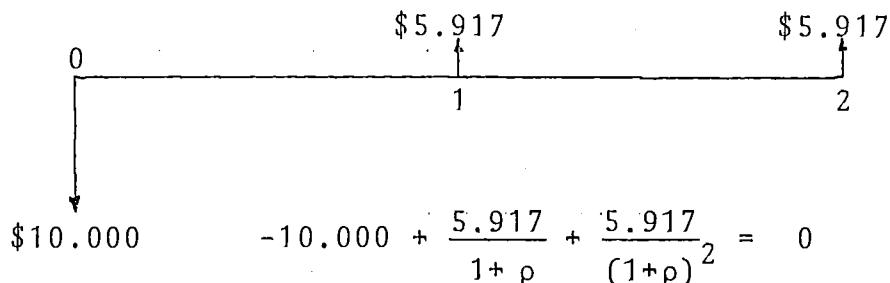
$$\begin{aligned} \text{c)} \quad 5 - \frac{6}{1+\rho} &= 0 & \frac{6}{1+\rho} &= 5; & 1+\rho &= \frac{6}{5} \\ & & & & \rho &= \frac{6}{5} - 1 = 0.2 = 20\% \end{aligned}$$

Esto quiere decir que los dineros que se mantienen invertidos en el proyecto (a) ganan un 150 por ciento de interés anual, en (b) y (c) ganan 20 por ciento anual.

Es conveniente clarificar que se entiende por "dineros que se mantienen invertidos". En el proyecto (a) se invierten \$6, los cuales ganan 150 por ciento de interés durante el primer año, de modo que al final del año se habrán acumulado \$15 los cuales ya no se mantienen invertidos, se devuelven y ya no

hay mas ingresos para el segundo año.

Veamos otro ejemplo:



Se resuelve esta ecuación para encontrar el valor de  $\rho$  (por aproximaciones o computador). Da  $\rho = 12\%$ .

$\therefore$  Se invierten \$10.000, que al ganar 12 por ciento en el primer año permite acumular \$11.200 al final del año. Para el segundo año quedan invertidos solamente \$11.200 - \$5.917 = \$5.283 los cuales ganan nuevamente durante el segundo año 12 por ciento de interés, por lo cual se convierten en \$5.283 x 1.12 = \$5.917 que es la cantidad de dinero que devuelve el proyecto al final del segundo año.

Por lo tanto, la TIR es una característica propia del proyecto, totalmente independiente de la situación del inversionista, es decir, de su tasa de interés de oportunidad.

Veamos las matemáticas que yacen detrás de la tasa interna de retorno.

Para un proyecto de inversión dado, la tasa interna de retorno ( $\rho$ ) puede ser definida en función de los pagos que reditúa el proyecto:

$$0 = V_0 + \frac{V_1}{1+\rho} + \frac{V_2}{(1+\rho)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1+\rho)^n}$$

Puede ser conveniente separar los costos (gastos) de los beneficios (ingresos):

$$Y_0 + \frac{Y_1}{1+\rho} + \frac{Y_2}{(1+\rho)^2} + \dots + \frac{Y_n}{(1+\rho)^n} = C_0 + \frac{C_1}{1+\rho} + \dots + \frac{C_n}{(1+\rho)^n}$$

Estas sumatorias son polinomios de grado  $n$ , de modo que la TIR es una de las raíces positivas de tal polinomio en  $\rho$ . Existe un número máximo de raíces diferentes igual al número de veces que se produce un cambio de signo entre miembros sucesivos de polinomio. Si todos los flujos de ingresos netos negativos aparecen al principio y todos los positivos después, solo habrá un cambio de signo entre miembros sucesivos del polinomio y tendremos una sola raíz positiva, es decir, un valor único de la TIR.

El cálculo analítico de  $\rho$  no es posible cuando  $n > 4$  o  $n > 5$ . El método de búsqueda más rudimentario en ese caso consiste en calcular el VPN para una tasa de interés escogida "a ojo". Si  $VPN > 0$ , se repiten los cálculos empleando una tasa de interés inferior y el proceso continúa hasta encontrar un  $\rho$  para el cual  $VPN < 0$ . Allí sabremos que la TIR es superior a este último  $\rho$  pero inferior al  $\rho$  con el cual se obtuvo el último  $VPN > 0$ , hasta encontrar un  $\rho$  que haga  $VPN = 0$ .

Las reglas de decisión basadas en el criterio de TIR nos dice que comparemos :

- a) el valor de  $\rho$  entre varios proyectos alternativos y escojamos el proyecto que dá el máximo valor de  $\rho$ , ó
- b) que para un proyecto único incremental, comparemos el criterio  $\rho$  con la tasa de interés de mercado o "externa"  $r$ , y adoptemos el proyecto solo si  $\rho > r$ , o sea, cuando el uso del capital en inversiones alternativas "rinde" menos que el capital invertido en este proyecto.

Una ventaja aparente del criterio TIR es que en el caso de compararse varios proyectos alternativos (mutuamente excluyentes) no es necesario conocer la tasa de interés de oportunidad del inversionista. Este criterio sin embargo tiene algunas desventajas, aún en ese caso:

- La ambigüedad que puede surgir del hecho que en su cálculo se está presumiendo que las pérdidas y las ganancias se reinvierten a la tasa interna de retorno.
- Este criterio no toma en cuenta el volumen de la inversión que puede significar un proyecto. Por ejemplo: dos proyectos diferentes pueden redituar la misma TIR pero uno requiere el doble de inversión que el otro.
- Es posible que un proyecto dado no sea factible debido a que se obtienen pérdidas sustanciales en algunos años, si bien la TIR puede resultar alta por obtenerse grandes ganancias en otros años. El criterio TIR no presta atención al flujo anual de fondos, que puede resultar muy importante en explicar porque no se pueden adoptar ciertos proyectos (este mismo problema se presenta con el criterio VP).

Es muy importante advertir que pueden existir discrepancias serias entre el ordenamiento preferencial que produce el método de la TIR y aquel que indica el VPN. Pero este es un punto que no exploraremos aquí por falta de tiempo. Para un análisis de esta discrepancia, véase Infante (1976, p. 94-99).

### 3. La Relación Beneficio-Costo

Este criterio se apoya en el método de Valor Presente Neto, aunque ello no impide que en ocasiones produzca resultados inconsistentes con los arrojados por el VPN.

La relación Beneficio-Costo (B/C) se calcula de la siguiente manera:

- i) Se calcula el valor presente de los ingresos asociados con el proyecto.

$$\text{VP ingresos} = \sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}$$

- ii) Se calcula el valor presente de los egresos (costos o

gastos) del proyecto.

$$\text{VP egresos} = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

iii) Se establece el cociente entre el VPN de los ingresos y el VPN de los egresos. El resultado de esta división es la relación Beneficio-Costo (B/C).

$$\text{B/C} = \frac{\text{VPN ingresos brutos}}{\text{VPN egresos brutos}} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}} \begin{cases} > 1 \\ = 1 \\ < 1 \end{cases}$$

La regla correspondiente dice que debe hacerse la inversión sólo si B/C es  $>1$ , o sea solo si los beneficios son mayores que los costos.

La relación B/C es una función de la tasa de interés, por lo que al igual que VPN, exige conocer el costo de oportunidad del capital pertinente para el productor. En general, a mayor tasa de interés, menor será la relación B/C resultante.

Es importante notar que el criterio B/C es correcto para la decisión de emprender o no un determinado proyecto pero no lo es para elegir entre proyectos alternativos, pues puede llevar a tomar una decisión errada.

Ejemplo:

Proyecto	$Y_0$	$C_0$	$Y_1$	$C_1$	$Y_2$	$C_2$
a	50	100	945	950	1150	1050
b	50	100	0	5	100	0
c	0	50	-5	0	100	0

( $r=10\%$ )

Proyecto a

$$\text{B/C} = \frac{\text{VPN ingresos brutos}}{\text{VPN egresos brutos}} = \frac{50 + \frac{945}{1.1} + \frac{1.150}{(1.1)^2}}{100 + \frac{950}{1.1} + \frac{1.050}{(1.1)^2}} = \frac{1859,5}{1831,4} = 1,015$$

Proyecto b

$$B/C = \frac{50 + \frac{100}{(1.1)^2}}{100 + \frac{5}{1.1}} = \frac{132,6}{104,5} = 1,269$$

Proyecto c

$$B/C = \frac{\frac{-5}{1.1} + \frac{100}{(1.1)^2}}{50} = \frac{78,09}{50} = 1,562$$

Se han obtenido diferentes valores para B/C, en circunstancias de que por definición todos los proyectos son igualmente buenos, y mas aún, los flujos de ingresos y gastos se refieren a la misma inversión.

La relación B/C se usa casi exclusivamente para medir beneficios sociales y rara vez se utiliza para el análisis de inversiones privadas.

En la práctica es mas común calcular B/C no usando costos brutos y beneficios brutos, sino mas bien comparando el valor actual de los beneficios netos (numerador) con el valor actual del costo de la inversión mas costos de operación y mantención (denominador). Los beneficios netos se obtienen de estimar beneficios brutos menos costos "asociados", es decir, aquellos en exceso de los costos del proyecto (incluidos en el denominador) requeridos para poner en uso o en venta los productos o servicios del proyecto.

Una dificultad que se presenta con este criterio es que hay items de costos y beneficios que son sumamente difíciles de clasificar como "brutos" o "netos". Por ejemplo un proyecto de una fábrica que genera su propia electricidad puede incluir el costo de generar electricidad como un costo del producto y como beneficio las ventas del producto de la fábrica; sin embargo, es perfectamente legítimo incluir el costo de generar electricidad como costo de la parte generación, y un beneficio igual a la venta de electricidad a la fábrica, como costo del

producto la compra de electricidad con un beneficio igual a la venta del producto.

#### 4. El Equivalente Anual de los Flujos de Efectivo

Este es otro método que existe para evaluar alternativas de inversión, y que se emplea particularmente para evaluar proyectos que básicamente son fuentes de egresos. En muchos de estos casos no se puede establecer la rentabilidad del servicio, ya que en esencia se trata únicamente de desembolsos.

Este método consiste en convertir el conjunto de ingresos y egresos del proyecto en una serie uniforme de partidas anuales, pero para ello es necesario estipular la tasa de interés de oportunidad.

Se determina el valor actual de los flujos positivos (ingresos) menos el valor actual de los flujos negativos (costos) sobre el período que dure el proyecto. El valor actual neto se convierte en equivalente anual de los flujos de efectivo, mediante la siguiente fórmula:

$$EA = VPN \times \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

La regla de decisión en este caso es maximizar el equivalente anual de los flujos de efectivo.

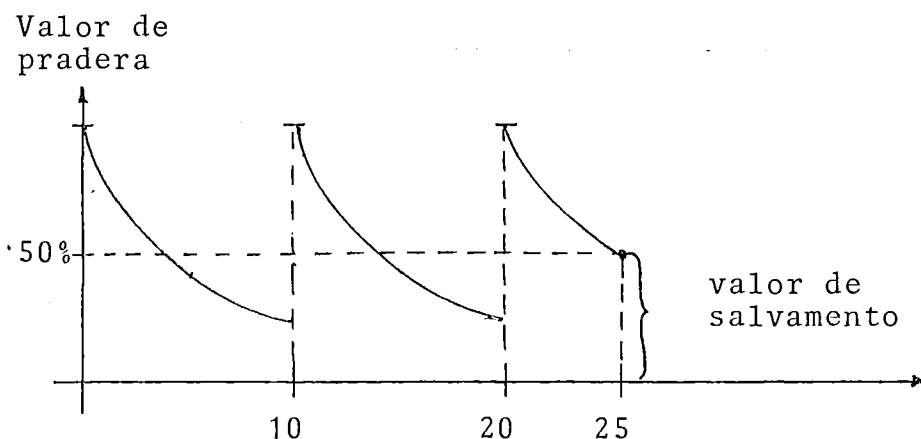
#### El problema de la depreciación contable versus el valor de reposición

Al determinar el flujo de costos no se incluye la depreciación de los activos como costos, ni tampoco los intereses sobre el capital empleado que ha sido aportado por la entidad para la cual estamos haciendo el análisis. En cuanto al capital prestado, en el análisis financiero, este se incorpora como un "beneficio", en tanto que los intereses que se pagan por el préstamo son incorporados como costos.

El método que se sigue es el de incluir el valor del activo o inversión como un costo, en el año (o mes) en que se desembolsa esa suma, o sea, cuando se realiza la inversión. Al término de la vida útil de dicho activo, se requiere reponerlo, de modo que nuevamente se consigna como un costo el valor de reposición del activo. Una convención adicional es incluir como beneficio o ingreso el valor de salvamento del activo en el último período del proyecto, al suponerse que se liquidan todas las inversiones.

Ejemplo:

Supongamos que la pradera mejorada tiene una vida útil de 10 años, al cabo de los cuales es preciso reponerla, y el proyecto dura 25 años:



Duración del período del proyecto

¿Por cuántos períodos debemos efectuar análisis económico? La regla general es seleccionar un período que sea comparable a la vida económica del proyecto.

Cuando se trata de un proyecto que consiste en una inversión de capital inicial sustancial, como por ejemplo un canal de regadío, es conveniente tomar como punto de partida la vida útil del ítem principal en la inversión\*. Cuando no existen pro-

---

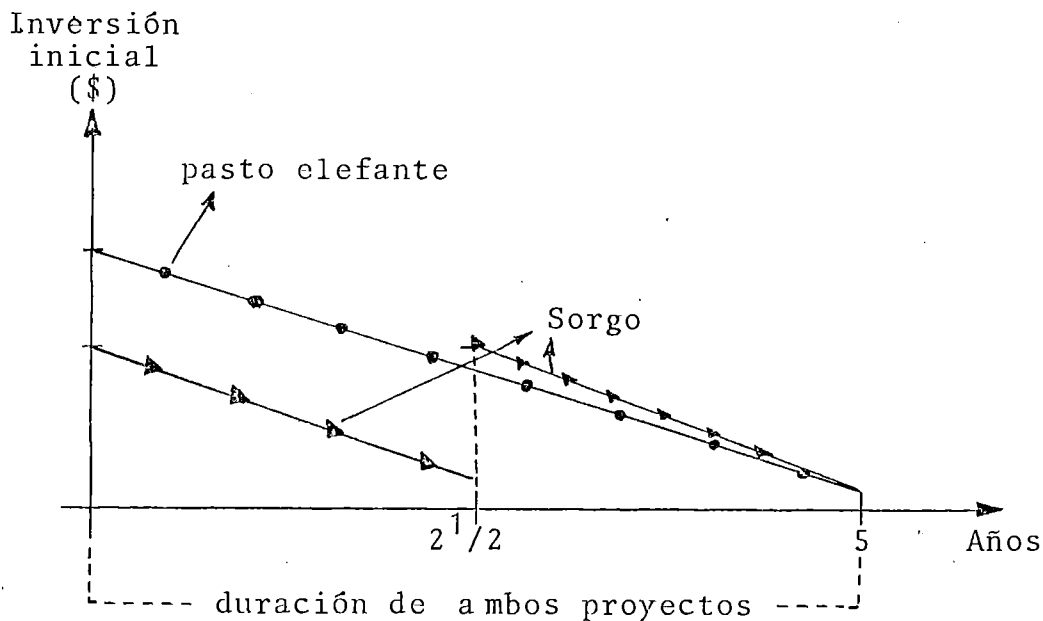
\* La vida útil de un proyecto termina cuando el valor actual de los beneficios netos esperados durante el próximo período son menores que cero, habiéndose considerado al capital recuperable de la inversión como parte del beneficio neto que se obtiene al comienzo del período.



blemas de obsolescencia y la vida útil del activo es mayor de 25 años, a los tipos de interés que existen en nuestros países, cualquier retorno a una inversión mas allá de 25 años probablemente no influye en el ranking de proyectos, alternativos. En resumen, pocos análisis de proyectos agrícola deben considerar un horizonte de mas de 25 años.

Otro aspecto importante en relación a la duración de los proyectos se presenta cuando se quiere seleccionar entre proyectos mutuamente excluyentes y que tienen diferente duración.

Ejemplo: implantar un pasto de corte como elefante, que dure 5 años versus plantar sorgo, que dure  $2\frac{1}{2}$  años y o construir una carretera de asfalto que dure 5 años versus una de hormigón que dure 10 años. En este caso se toma un período que sea común denominador y se supone que la inversión en cada alternativa se puede repetir en las mismas condiciones hasta cubrir el horizonte común.



#### Ordenamiento preferencial de alternativas mutuamente excluyentes

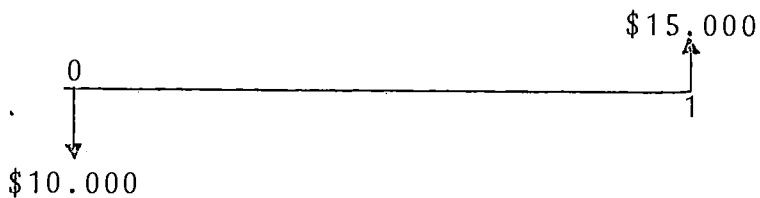
En este caso, y resumiendo lo que ya se ha dicho en forma

segmentada, el estudio económico debe consistir en un análisis incremental, tendiente a establecer la rentabilidad marginal de las inversiones adicionales que demandan las alternativas mas costosas. El análisis incremental se requiere cuando se utilizan las técnicas de TIR o la relación B/C, pero no es necesario hacerlo si se usa el criterio de VPN pues este índice ordena correctamente y en forma directa las alternativas en orden preferencial.

### El efecto de la inflación

La inflación modifica la rentabilidad de los proyectos de inversión.

Imaginemos una inversión de \$10.000 con un interés anual del 50%.



Pero durante el año ha habido una inflación del 25%, de modo que con los \$15.000 del año 1 no se puede comprar la misma canasta de bienes que en el año 0.

Debemos considerar los ingresos y egresos de la inversión en términos "reales", es decir en unidades de valor adquisitivo constante. Para ello, es preciso desarrollar una fórmula que permita relacionar a la tasa de interés "real" con la tasa de interés "nominal" y con la tasa de inflación.

Si invertimos \$P hoy a un interés nominal anual  $r$ , al cabo de un año tenemos  $\$P(1+r)$ . Pero si el dinero pierde su capacidad adquisitiva a una tasa anual de  $r_f$ , \$P de hoy solo podrán comprar  $\frac{\$P}{1+r_f}$  dentro de un año.

En consecuencia, los  $\$P(1+r)$  que se acumulan en un año solo podrán comprar  $\frac{\$P(1+r)}{(1+r_f)}$  de hoy en día. De aquí se desprende que:

$$(1+r_{\text{real}}) = \frac{1+r}{1+r_f}, \text{ o sea:}$$

$$r_{\text{real}} = \frac{1+r}{1+r_f} - 1 = \frac{r-r_f}{1+r_f}$$

En el ejemplo:

$$\begin{aligned} r_{\text{real}} &= \frac{0.50-0.25}{1+0.25} = \frac{0.25}{1.25} = 0.20 \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Esta fórmula es válida solamente cuando la tasa de inflación representa el aumento porcentual en el valor de la canasta familiar. Otra alternativa es "deflactar" los costos y beneficios anuales por  $r_f$ , antes de calcular VP, TIR, o B/C.

#### APENDICE

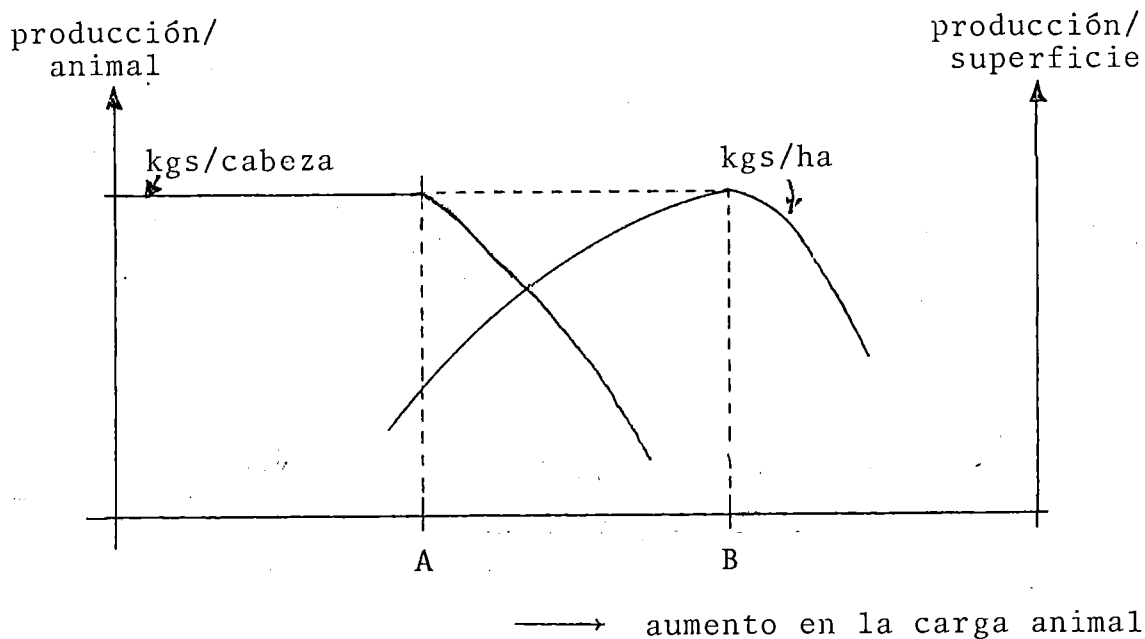
##### CALCULO DE LA CARGA ANIMAL ECONOMICAMENTE OPTIMA

La determinación de la carga animal óptima desde el punto de vista económico puede ocurrir a tres niveles:

- a) junto con la decisión de comprar una finca,
- b) dado que existe la finca, junto con la decisión de implantar un cierto pasto, y
- c) dada la finca y el pasto ya plantado, que carga utilizar.

En el primer nivel decisorio, la decisión de qué carga usar en la finca es menos relevante que en los otros dos niveles, pues entran en la decisión otros elementos como precio de la tierra, costo de los factores, etc. Por lo tanto, veremos este problema en el nivel de decisión donde tiene mayor relevancia, es decir, cuando queremos saber qué carga usar incluyendo en la decisión la implantación de la pradera.

Es ampliamente conocido que en engorde, los cambios en la carga animal, provocan variaciones en la producción por animal y en la producción por unidad de superficie. En general, estos cambios pueden ser representados por la gráfica siguiente:



Un incremento de la carga animal produce al mismo tiempo (entre A y B) un aumento en la producción por unidad de superficie y una disminución en la producción por animal (disminuye la ganancia de peso diaria). ¿Cuál es entonces la mejor solución para el productor? En general, esto dependerá del precio de la tierra y del costo de establecimiento de la pradera. Si éste último es bajo y la tierra es relativamente más barata, la carga óptima estará más cercana a A (maximizar kilos de carne por cabeza). En cambio, con tierras caras y costo de establecimiento de la pradera alto, la solución estará más cerca a B (maximizar kilos de carne por hectárea).

El criterio de selección de la carga óptima que hemos utilizado en el programa es el de TIR (otros como Zulberti [5] usan flujo anual equivalente). Con el fin de estimar la TIR para cada carga animal posible, se han considerado los siguientes egresos (Estrada y Paladines [1]) que en general varían según la carga animal utilizada:

- inversión en la siembra de pasto (\$/ha) cada cierto número de años, dependiendo de la duración esperada de la pradera,
- inversión en cercas, corrales y casa con reparaciones del 60% del valor cada seis años,
- inversión en el equipo de riego, con reparaciones del 20% del valor cada tres años,
- gastos anuales en manejo y administración (\$/ha/año)\*,
- gastos en agua para riego (\$/ha/año),
- gastos en sales y salud animal (\$/U.A./año)\*,
- gastos en compra de ganado flaco\*, y
- gastos en fertilizantes.

Con el fin de obtener una estimación de los ingresos, se supone un período de engorde de un año. Los ingresos anuales varían para cada carga animal, al variar las ganancias de peso anuales por cabeza y el número de cabezas que se venden.

En todas las alternativas se considera un horizonte de tiempo de doce años, al final del cual se venden los activos de la finca según su valor de salvamento.

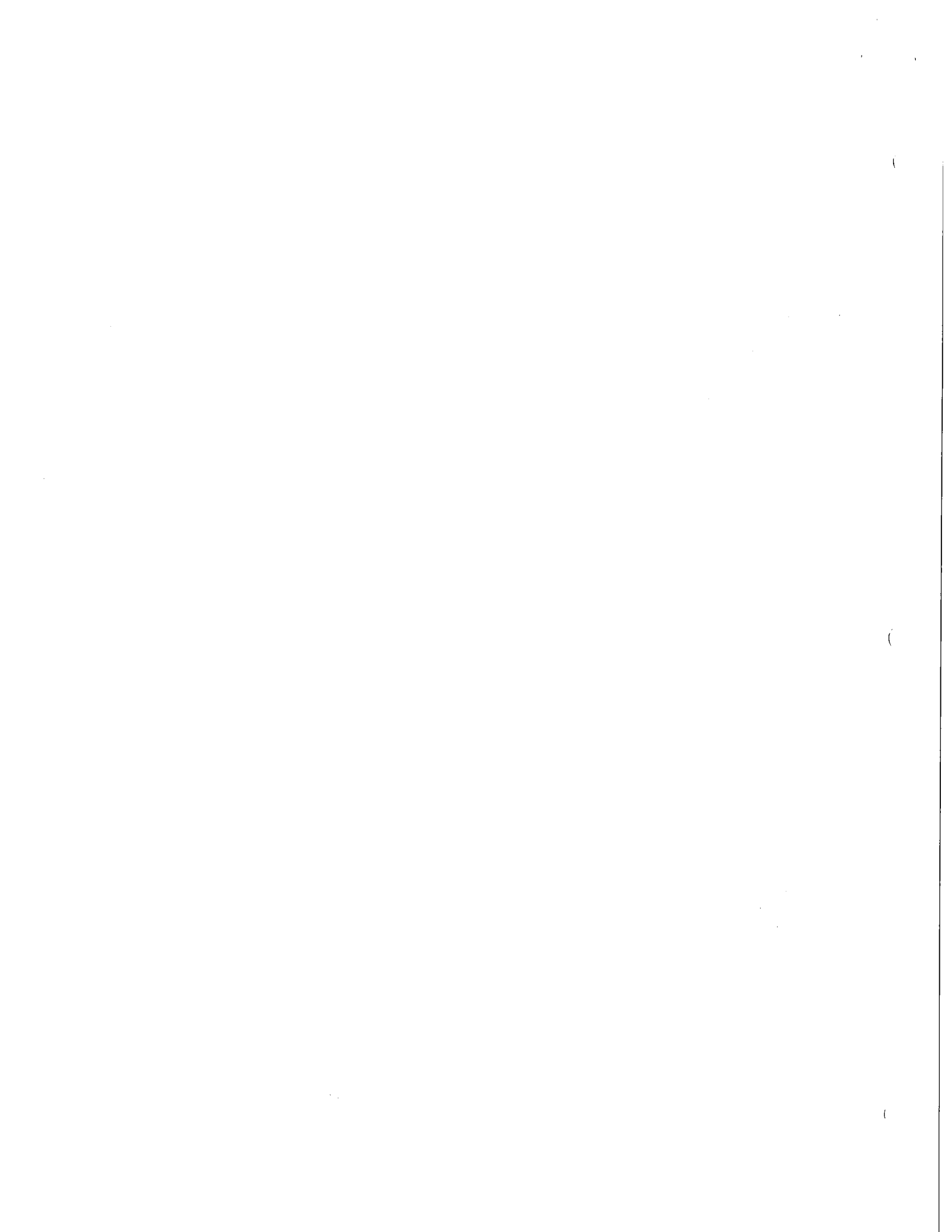
La carga óptima es aquella que maximiza la TIR. Como se vió mas arriba, su valor estará entre A y B de la gráfica presentada.

---

\* Estos gastos varían en función de la carga animal.

## REFERENCIAS

- [1] Estrada, Rubén Darío y Osvaldo Paladines. "Evaluación Económica de la Producción de Carne en Pasto Pangola con Aplicación de Nitrógeno", 1978 (Borrador).
- [2] Fontaine, Ernesto. "Evaluación Privada y Social de Proyectos", Trabajos Docentes N°5, Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile, Diciembre de 1971.
- [3] Gittinger, J. Price. "Economic Analysis of Agricultural Projects", The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1972.
- [4] Infante V., Arturo. "Evaluación Económica de Proyectos de Inversión". Biblioteca Banco Popular, Bogotá, Colombia, 1976.
- [5] Zulberti, Carlos A. "La Selección de la Carga Animal Económicamente Optima para el Engorde de los Vacunos", enero de 1974 (mimeo)..



## EJERCICIO

El siguiente ejemplo tiene por objetivo plantear un proyecto de inversión en pasturas mejoradas, con el fin de ilustrar los criterios de evaluación económica presentados en clase. Fué obtenido de la tesis de Master (en proceso) del Sr. Uriel Gutiérrez, CIAT.

El proyecto que se quiere evaluar consiste en poner a funcionar una finca de cría, levante y ceba de 500 hectáreas en los Llanos Orientales de Colombia. En ella se quiere implantar alrededor de 25 hectáreas de Brachiaria decumbens para alimentar el hato de cría y los terneros. Se comprará además el ganado, estimándose que la finca podrá mantener unas 41 vacas de cría, con un hato total de 129 cabezas (ó 70 U.A.).

De modo que el proyecto consiste en comprar ganado y sembrar pasto Brachiaria, así como en construir la casa, ramada, cercas alrededor de la finca y para la división de potreros, saladeros y bebederos, corral, etc. En general, se estima que la vida útil de estos activos incluyendo la pradera mejorada es de 12 años pero el proyecto considera un período de 25 años.

Los gastos anuales comprenden: compra de sales mineralizadas, vacunas y drogas, contratación de mano de obra y gastos de administración. A su vez los ingresos anuales de la finca contemplan ventas de leche, de terneras excedentes (una vez separadas las de reemplazo), novillos de ceba (3-4 años) y vacas de desecho.

Mediante el uso del modelo HATSIM de simulación se proyecta el desarrollo del hato durante 25 años, en el que se supone que los parámetros tecnológicos van mejorando paulatinamente, debido a una mayor natalidad, menor mortalidad de terneros y de adultos, entore de novillas de reemplazo a menor edad y mayor peso a la venta de las vacas de desecho, comparado con una situación de pradera nativa sin Brachiaria.

A continuación se presenta el "output" del modelo HATSIM, en que se muestra el desarrollo del hato, compras, ventas y flujo de caja del proyecto. Suponiendo que la tasa de interés de oportunidad de un ganadero en los Llanos es del 7% anual, determine si el proyecto es o no rentable, en base a los criterios de evaluación estudiados.

La TIR estimada para este flujo de caja (con ayuda del computador) es 9.3%.



DESARROLLO DEL MATO

A N O S		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
VACAS		41	40	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	0	
TOROS		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	
TERNERAS (0-1)		13	10	10	13	14	12	12	13	12	12	13	12	12	13	12	12	12	12	13	12	13	12	13	12	13	13	12	0
TERNERAS (1-2)		12	13	10	9	13	13	12	12	13	12	13	11	12	13	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	0
TERNERAS (2-3)		8	11	13	9	8	12	12	11	10	12	11	12	10	11	12	11	10	11	11	11	11	11	11	11	11	10	11	0
TERNERAS (3-4)		0	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
TERNEROS (0-1)		13	9	11	12	13	13	13	13	12	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13	12	13	12	13	12	13	12	13	0
TERNEROS (1-2)		12	13	9	11	11	12	12	13	11	13	11	13	13	12	13	13	13	12	13	13	12	11	12	11	12	12	12	0
NOVILLON (2-3)		12	12	13	8	11	11	11	12	13	10	13	11	11	13	10	13	13	11	12	12	12	12	10	12	13	11	0	
NOVILLON (3-4)		12	12	11	13	8	11	11	10	12	13	9	13	11	10	13	10	13	13	13	11	12	12	12	12	10	12	13	0
NOVILLON (4+)		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL CAREZAS		137	124	122	121	122	128	127	127	128	129	126	128	126	128	128	129	127	128	127	128	127	126	126	126	128	128	128	0
TOTAL U. A.		75	70	70	68	65	69	69	68	70	70	68	70	69	69	70	68	70	68	70	68	70	69	69	69	69	70	70	0

H.  
H.

\*\*\*\*\*





## FLUJO DE CAJA

AÑO	TOTAL INGRESOS	TOTAL EGRESOS	BALANCE
0	0	1,006,100.	-1,006,100.
1	150,282.	169,152.	-18,870.
2	160,368.	49,032.	111,336.
3	172,548.	48,409.	124,139
4	179,639.	47,624.	132,015
5	136,516.	49,110.	87,406
6	172,548.	49,050.	123,497
7	173,784.	48,769.	125,015
8	161,982.	49,392.	112,590
9	169,248.	49,452	119,796
10	184,596.	48,709	135,887
11	153,071.	275,392	-122,321
12	180,948.	48,709	132,239
13	158,654.	49,110	109,543
14	161,982.	49,452	112,530
15	185,948.	48,709	137,239
16	154,757.	49,392	105,365
17	169,726.	49,452	120,274
18	180,948.	48,769	132,179
19	163,697.	49,392	114,305
20	175,498.	49,050	126,448
21	174,248.	48,990	125,258
22	168,041.	48,709	119,332
23	159,713.	275,392	-115,679
24	169,248.	49,392	119,856
25	114,3442.	22,000	112,1442

NOTA: Para los cálculos redondear las cifras a miles de pesos. Adjunto encontrará una tabla de actualización para  $r = 7\%$ . Se recomienda utilizar solo dos dígitos.

PRESENT VALUE  $1/(1+i)^n$  (Continued)

Periods <i>n</i>	Rate <i>i</i>				
	.06 (6%)	.065 (6½%)	.07 (7%)	.075 (7½%)	.08 (8%)
1	.9433 0623	.9389 6714	.9345 7944	.9302 3256	.9259 2593
2	.8899 9644	.8816 5928	.8731 3873	.8653 3261	.8573 3882
3	.8396 4928	.8278 4909	.8162 9788	.8049 6057	.7938 3224
4	.7920 9366	.7773 2309	.7628 9521	.7488 0053	.7350 2985
5	.7472 5817	.7298 8084	.7129 8618	.6965 5863	.6805 8320
6	.7049 6054	.6853 3412	.6663 4222	.6479 6152	.6301 6963
7	.6650 5711	.6435 0621	.6227 4974	.6027 5190	.5834 9040
8	.6274 1237	.6042 3419	.5820 0910	.5607 0223	.5402 6888
9	.5918 9846	.5673 5323	.5439 3374	.5215 8347	.5002 4897
10	.5583 9178	.5327 2604	.5083 4929	.4851 9393	.4631 9349
11	.5267 8753	.5002 1224	.4750 9280	.4513 4319	.4288 8286
12	.4969 6936	.4696 8285	.4440 1196	.4198 5413	.3971 1376
13	.4688 3902	.4410 1676	.4149 6445	.3905 6198	.3676 9792
14	.4423 0696	.4141 0025	.3878 1724	.3633 1347	.3404 6104
15	.4172 6506	.3888 2652	.3624 4602	.3379 6602	.3152 4170
16	.3936 4628	.3650 9533	.3387 3460	.3143 8699	.2918 9047
17	.3713 6412	.3428 1251	.3165 7439	.2924 5302	.2702 6895
18	.3503 4379	.3218 8969	.2958 6392	.2720 4932	.2502 4903
19	.3305 1301	.3022 4384	.2765 0833	.2530 6913	.2317 1206
20	.3118 0173	.2837 9703	.2584 1900	.2354 1315	.2145 4824
21	.2941 5540	.2664 7608	.2415 1309	.2189 8897	.1986 5575
22	.2775 0510	.2502 1228	.2257 1347	.2037 1067	.1839 4051
23	.2617 9726	.2349 4141	.2109 4688	.1894 9830	.1703 1528
24	.2469 7855	.2206 0198	.1974 4662	.1762 7749	.1576 9934
25	.2329 9863	.2071 3804	.1842 4918	.1639 7906	.1460 1790
26	.2198 1003	.1944 9579	.1721 9549	.1525 3866	.1352 0176
27	.2073 6795	.1826 2615	.1609 3037	.1418 9643	.1251 8682
28	.1956 3044	.1714 7992	.1504 0221	.1319 9668	.1159 1372
29	.1845 5674	.1610 1316	.1405 6282	.1227 8764	.1073 2752
30	.1741 1013	.1511 8697	.1313 6712	.1142 2103	.0993 7733
31	.1642 5484	.1419 5875	.1227 7301	.1062 5212	.0920 1695
32	.1549 5740	.1332 9460	.1147 4113	.0988 3918	.0852 0905
33	.1461 8622	.1251 5925	.1072 3470	.0919 4343	.0788 8893
34	.1379 1453	.1175 2042	.1002 1934	.0855 2877	.0730 4531
35	.1301 0522	.1103 4784	.0936 6294	.0795 6164	.0676 3454
36	.1227 4077	.1036 1297	.0875 3546	.0740 4083	.0626 2458
37	.1157 9348	.0972 8947	.0818 0884	.0688 4729	.0579 8572
38	.1092 3885	.0913 5134	.0764 5686	.0640 4399	.0536 9048
39	.1030 5552	.0857 7590	.0714 5501	.0595 7580	.0497 1341
40	.0972 3219	.0805 4075	.0667 8938	.0554 4935	.0460 3093
41	.0917 1905	.0756 2542	.0624 1157	.0515 5288	.0426 2123
42	.0865 2740	.0710 0950	.0583 2857	.0479 5617	.0394 6444
43	.0816 2962	.0666 7559	.0545 1268	.0446 4039	.0365 4084
44	.0770 0908	.0626 0649	.0509 4643	.0414 9804	.0338 3414
45	.0726 5097	.0587 8515	.0476 1349	.0386 0283	.0313 2788
46	.0685 3784	.0551 9733	.0444 9859	.0359 0961	.0290 0730
47	.0646 5831	.0518 2848	.0415 8747	.0334 0428	.0268 5861
48	.0609 9840	.0486 6524	.0388 6679	.0310 7375	.0248 6908
49	.0575 4566	.0456 9506	.0363 2410	.0289 0582	.0230 2693
50	.0542 8836	.0429 0646	.0339 4776	.0268 8943	.0213 2124

METODOLOGIA PARA REALIZAR EL CALCULO DE LAS

PROYECCIONES DEL REBAÑO VACUNO

A. Consideraciones generales

El ejercicio de realizar proyecciones del rodeo es necesario para conocer cuál será la evolución que tendrá un inventario de animales (en su composición, número, muertes, ventas, etc.), cuando a través de nuevas prácticas o innovaciones tecnológicas se determina un cambio en los coeficientes técnicos considerados inicialmente.

En cualquier caso, las proyecciones del rodeo parten de un inventario estabilizado con las condiciones de producción anteriormente existentes, y es necesario comprobar esta situación antes de comenzar el ejercicio. Un rodeo se encuentra estabilizado o en equilibrio cuando aplicando los coeficientes técnicos respectivos al número de animales de cada una de las categorías de inventario, se obtienen muertes, compras, ventas y un nuevo rodeo exactamente igual a las cifras existentes el año anterior. La proyección del rodeo es asimismo finalizada cuando se logra la estabilización del rodeo a la nueva situación.

Es necesario verificar para el año inicial que partiendo del total de animales, restando las salidas y sumando las entradas se obtiene la misma cifra. Es conveniente realizar esta verificación para las cifras de cada nuevo año calculado, de forma de evitar que errores que se pudieran cometer en un año se trasladen a todos los demás. En estos casos, hay que tener en cuenta la variación en el número de vacas de deshecho.

A los efectos de aclarar lo antedicho, se expresa en forma de ecuación la verificación que conviene hacer entre un año y el siguiente:

Total animales fin año (t - 1)	=	Total animales fin año (t)	-	Vacas de refugio año (t)	-	Total muertes año (t + 1)
- Total ventas año (t + 1)	+	Total compras año (t + 1)	+	Terneros que entran en año (t + 1)	+	Vacas de refugio año (t + 1)

B. Cálculos por categoría

Si estamos calculando cualquier categoría del año t + 1, se parte del inventario del año t y se le aplican los coeficientes técnicos del año t + 1. Las muertes y ventas y animales de inventario se computan en la categoría inmediata superior a la que aparecía en el año t.

Por ejemplo, los novillos de 9-24 meses al final del año  $t$  aparecerán computados al final del año  $t+1$  como muertos en la categoría de 24-36 meses, como vendidos en la categoría de 24-36 meses o permaneciendo en el inventario en la categoría de 24-36 meses. Para las categorías fundamentales, se explica más detalladamente el cálculo y se desarrollan en forma de ecuación los pasos que definen dichas categorías en cada año.



C. Definiciones de las categorías<sup>1/</sup>

1. Total de terneros(as) - Se multiplica el número de vacas del año precedente por la tasa de parición y se restan las muertes. El resultado incluye tanto los terneros como las terneras.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Terneros(as)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de parición} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

2. Terneras - La categoría de terneras se obtiene dividiendo el total de terneros y terneras al final del año (t + 1) entre dos y restando las ventas correspondientes.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Terneras} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de} \\ \text{parición} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

3. Vaquillas (12-24 meses) - El número de terneras del año precedente menos las muertes ocurridas y las ventas realizadas, si las hubiere.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas (12-24} \\ \text{meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Terneras} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

<sup>1/</sup> Este numeral (c) ha sido extraído de las "Notas de Curso" CN-31 (B) "Proyección de Rebaño con la Calculadora Texas Instruments TI-59". Preparada por Orlando T. Espadas, febrero de 1978. Washington D.C. Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial.

Las definiciones fueron elaboradas por el señor Luis O. Coirolo en Casos y Ejercicios sobre Proyectos Agrícolas, Monografía No. 10 (Revisada), enero de 1975, Orlando T. Espadas, compilador. Washington, D.C.: Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial.

4. Vaquillas (24-36 meses) - Algunas de las vaquillas (12-24 meses) se transfieren a vacas y el resto constituirá el número de vaquillas (24-36 meses) en el año (t + 1). El número de muertes, ventas y transferencias será determinado por los respectivos coeficientes técnicos.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(24-36 meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(12-24 meses)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Transferen} \\ \text{cia a vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

5. Vaquillas (> 36 meses) - El número total de vaquillas (24-36) se transfiere automáticamente a la categoría de vacas y, por lo tanto, el número resultante de vaquillas (> 36 meses) en el año (t + 1) deberá ser cero.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{( > 36 meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas} \\ \text{(24-36)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Transferen} \\ \text{cia a vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

6. Terberos - La categoría de terberos se obtiene dividiendo entre dos los terberos y terneras al final del año (t + 1) y restando las ventas correspondientes.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Terberos} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa de} \\ \text{parición} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

7. Novillos (12-24 meses) - El número de muertes se resta del número total de terberos del año precedente. Las "ventas" se determinan mediante el correspondiente coeficiente técnico y también se restan. El resultado será el número de novillos (12-24 meses) en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (12-24)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Terberos} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

8. Novillos (24-36 meses) - El número de muertes ocurridas se resta del número total de novillos (12-24 meses) del año precedente. La cifra de "ventas" se determina por el correspondiente coeficiente técnico y también se resta. El resultado será el número de novillos (24-36 meses) en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (24-36)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (12-24)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

9. Novillos/bueyes (> 36 meses) - Se suman los novillos (24-36 meses) al final del año t al inventario de animales que pueda existir en esta categoría antes de restar las muertes ocurridas y las ventas efectuadas.

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos/bueyes} \\ \hline \text{(> 36 meses)} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Inventario de} \\ \hline \text{novillos/bueyes} \\ \hline \text{(< 36 meses)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Novillos (24-36} \\ \hline \text{meses)} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} \\ \\ - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Ventas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

10. Vacas - El número de muertes y eliminación de vacas se determina utilizando las tasas de mortalidad y eliminación, y restándolo luego del número total de vacas del año precedente. A continuación se agregan las vaquillas transferidas desde otras categorías y las compradas, si las hubiere. La cifra resultante indicará el número de vacas que hay en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Vacas eliminadas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} \\ \\ + \begin{array}{|c|} \hline \text{Transferencias del rebaño que} \\ \hline \text{pasan a la categoría de vacas} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Vaquillas/vacas compradas que} \\ \hline \text{pasaron a formar parte del rebaño} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

11. Toros - La relación toro/vaca se aplica al número de vacas en el año (t + 1) con el objeto de determinar el número de toros que se requiere en el año (t + 1). Del número de toros en el año (t), tenemos que restar el número de bajas por muerte o eliminación a fin de determinar el número de toros que se comprarán para llegar al número de toros que se requiere en el año (t + 1).

Ecuación:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Toros} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Toros} \\ \hline \text{(año t)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Muertes} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Eliminados} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Compras} \\ \hline \text{(año t + 1)} \\ \hline \end{array}$$

12. Total de animales - La suma de los animales correspondientes a todas las categorías al final del año.
13. Total de unidades animales - Se lleva a cabo la estimación restando el número total de terneros(as) del número total de animales. Aunque existen otros métodos más exactos para calcular el total de unidades animales, el utilizado aquí es mucho más sencillo y proporciona aproximaciones razonables.
14. Capacidad de carga ganadera - Es el número total de animales que una finca o estancia puede mantener adecuadamente durante un año. En condiciones normales, el total de unidades animales no debe exceder la capacidad de carga ganadera total. La estimación del número de unidades animales constituye sólo una aproximación de las necesidades totales de forraje. Si las desviaciones de la capacidad ganadera fueran excesivamente grandes, el analista tendrá que modificar los coeficientes técnicos.

D. Aplicación de la metodología para realizar las proyecciones del rebaño vacuno.

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de la metodología previamente descrita.<sup>1/</sup> Entre las páginas 173 y 175 se presenta el ejemplo para un año y el resultado del total de la proyección, realizada manualmente.

Entre las páginas 177 y 199 se presentan las Notas de Curso "Proyección de Rebaño con la Calculadora TI-59"<sup>1/</sup> de las que fueron extraídas las "Definiciones de las Categorías" presentadas previamente.

En la página 199 se presenta el mismo ejemplo de proyección de rebaño realizada manualmente en la página 175 pero usando la calculadora programable portátil Texas Instruments TI-59. Comparando ambas proyecciones pueden notarse pequeñas diferencias, las mismas son debidas a problemas de redondeo realizados por la máquina.

---

<sup>1/</sup> Estas Notas de Curso fueron elaboradas por el Sr. Orlando T. Espadas en: Notas de Curso CN-31 (B), Febrero de 1978. Washington, D.C.: Instituto Económico del Banco Mundial.

PROYECCIONES DE DESARROLLO DEL REBAÑO VACUNO  
MODELO PARA UN ESTABLECIMIENTO GANADERO DE 500 HAS

<u>COMPOSICION DEL REBAÑO (No.)</u>	<u>AÑOS</u>						
	<u>FIN DEL EJERCICIO DEL ESTABLECIMIENTO</u>						
	<u>Antes del</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6-12</u>
Terneros(as) nacidos(as)	(105)						
Terneros destetados	49						
Novillos (12-24 meses)	46						
Novillos (24-36 meses)	24						
Novillos (> 36 meses)	-						
Terneras destetadas	49						
Vaquillas (12-24 meses)	46						
Vaquillas (24-36 meses)	28						
Vaquillas (> 36 meses)	-						
Vacas de cría	150						
Toros	<u>6</u>						
Total de Animales	398						
Total Unidades Animales	300						
<u>COEFICIENTES TECNICOS %</u>							
Tasa de parición	-	70	70	75	75	75	75
Tasa de mortalidad de terneros(as)	-	7	7	7	7	7	7
Tasa de venta de terneros	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de mortalidad 12-24)	-	6	6	5	5	5	5
Tasa de mortalidad (▷24)	-	4	4	4	4	4	4
Tasa de mortalidad de vacas	-	8	8	8	8	8	8
Relación toro/vaca	-	4	4	4	4	4	4
Tasa de venta de terneras	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de venta de vaquillas (12-24)	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de venta de novillos (12-24)	-	0	0	0	0	0	0
Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)	-	13	60	70	93	83	83
Tasa de venta de vaquillas (24-36)	-	22	0	0	10	17	17
Tasa de venta de novillos (24-36)	-	45	70	75	85	85	85
Tasa de venta de novillos/bueyes (▷36)	-	100	100	100	100	100	100
Tasa de eliminación de toros	-	10	0	10	10	10	10
Tasa de eliminación de vacas	-	15	20	20	20	20	20
No. vacas en rebaño estable	-	150	205	205	205	205	205
Capacidad ganadera total	-	300	340	350	380	360	360

PROYECCIONES DE DESARROLLO DEL REBAÑO VACINO  
MODELO PARA UN ESTABLECIMIENTO GANADERO DE 300 PAs

COMPOSICION DEL REBAÑO (No.)	Fin año t	Fin año t + 1 (supuesto)	Ejemplo para un año (antes del desarrollo) rebaño en equilibrio				Total Entradas	FIN AÑO t + 1	
			S A L I D A S		E N T R A D A S				
			Muertes	A otras Categorías	Ventas	Total de Salidas	Terneros destetados	De otras Categorías	Compras
Terneros(as) nacidos	(105)	(105)	(7)			(7)			
Terneros destetados	49						49		
Novillos (12-24 meses)	46	49	3			3			
Novillos (24-36 meses)	24	46	2		20	24			
Novillos (> 36 meses)	--	24	1		23	24			
Terneras destetadas	49						49		
Vaquillas (12-24 meses)	46	49	3			3			
Vaquillas (24-36 meses)	28	46	2	6	10	18			
Vaquillas (> 36 meses)	--	28	1	27		28			
Vacas de cría	150	150	12		21 <sup>1/</sup>	33		33	
Toros	6	6	--		1	1			1
Total de Animales	398								398
Total Unidades Animales	300								300

COEFICIENTES TECNICOS I

Tasa de partición	70
Tasa de mortalidad de terneros(as)	7
Tasa de venta de terneros	0
Tasa de mortalidad (12-24)	6
Tasa de mortalidad (> 24)	4
Tasa de mortalidad de vacas	8
Relación toro/vaca	4
Tasa de venta de terneras	0
Tasa de venta de vaquillas (12-24)	0
Tasa de venta de novillos (12-24)	0
Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)	13
Tasa de venta de vaquillas (24-36)	22
Tasa de venta de novillos (24-36)	45
Tasa de venta de novillos/bueys (>36)	100
Tasa de eliminación de toros	10
Tasa de eliminación de vacas	15
No. vacas en rebaño estable	150
Capacidad de carga ganadera	300

<sup>1/</sup> Vacas eliminadas

PROYECCIONES DE DESARROLLO DEL REBAÑO VACUNO  
MODELO PARA UN ESTABLECIMIENTO GANADERO DE 500 HAS

Proyecciones realizadas manualmente

	0	1	2	3	4	5	6
<u>Terneros(as)</u>							
1. Total de terneros(as) nacidos(as)							
2. Terneros(as) muertos(as)	105.	105.	154.	154.	154.	154.	154.
	-7.	-7.	-11.	-11.	-11.	-11.	-11.
<u>Terneros</u>							
3. Terneros nacidos <u>menos</u> muertes							
4. Ventas	49.	49.	71.	71.	71.	71.	71.
5. Terneros año (t + 1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	49.	49.	71.	71.	71.	71.	71.
<u>Novillos (12-24)</u>							
6. No. terneros año (t)							
7. Muertos	49.	49.	49.	71.	71.	71.	71.
8. Ventas	-3.	-3.	-2.	-4.	-4.	-4.	-4.
9. Entrada: compras	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10. R/S novillos (12-24) año (t + 1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	46.	46.	47.	67.	67.	67.	67.
<u>Novillos (24-36)</u>							
11. No. Novillos (12-24) año (t)							
12. Muertos	46.	46.	46.	47.	67.	68.	68.
13. Ventas	-2.	-2.	-2.	-2.	-3.	-3.	-3.
14. Novillos (24-36) año (t + 1)	-20.	-31.	-33.	-38.	-54.	-54.	-54.
	24.	13.	11.	7.	10.	10.	10.
<u>Novillos/bueyes (&gt; 36)</u>							
15. Novillos (24-36) año (t)							
16. Inventario de novillos/bueyes (> 36)	24.	24.	13.	11.	7.	10.	10.
17. Total novillos/bueyes año (t)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
18. Muertos	24.	24.	13.	11.	7.	10.	10.
19. Ventas	-1.	-1.	-1.	0.	0.	0.	0.
20. Novillos/bueyes (> 36) año (t + 1)	-23.	-23.	-12.	-11.	-7.	-10.	-10.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<u>Terneras</u>							
21. Terneras nacidas <u>menos</u> muertes							
22. Ventas	49.	49.	72.	72.	72.	72.	72.
23. Terneras año (t + 1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	49.	49.	72.	72.	72.	72.	72.
<u>Vaquillas (12-24)</u>							
24. Terneras año (t)							
25. Muertas	49.	49.	49.	72.	72.	72.	72.
26. Ventas	-3.	-3.	-2.	-4.	-4.	-4.	-4.
27. Vaquillas (12-24) año (t + 1)	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	46.	46.	47.	68.	68.	68.	68.
<u>Vaquillas (24-36)</u>							
28. No. Vaquillas (12-24) año (t)							
29. Muertas	46.	46.	46.	47.	68.	68.	68.
30. Transferidas a vacas	-2.	-2.	-2.	-2.	-3.	-3.	-3.
31. Ventas	0.	-26.	-31.	-42.	-54.	-54.	-54.
32. Vaquillas (24-36) año (t + 1)	-16.	0.	0.	-3.	-11.	-11.	-11.
	28.	18.	13.	0.	0.	0.	0.
<u>Vaquillas (&gt; 36)</u>							
33. No. Vaquillas (24-36) año (t)							
34. Muertas	28.	28.	18.	13.	0.	0.	0.
35. Transferidas a vacas	-1.	-1.	-1.	-1.	0.	0.	0.
36. 0 Vaquillas (> 36) año (t + 1)	27.	27.	17.	12.	0.	0.	0.
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<u>Vacas</u>							
37. Vacas año (t)							
38. Muertas	150.	150.	205.	205.	205.	205.	205.
39. Eliminadas	-12.	-12.	-16.	-16.	-16.	-16.	-16.
40. Vacas - Muertes y eliminaciones + transferencias	-21.	-28.	-38.	-38.	-38.	-38.	-38.
41. No. Vacas rebaño estable	144.	163.	199.	205.	205.	205.	205.
42. Exceso (+) o déficit (-)	150.	205.	205.	205.	205.	205.	205.
43. Entrada: compra o venta (-)	-6.	-42.	-6.	0.	0.	0.	0.
44. R/S vacas año (t + 1)	6.	42.	6.	0.	0.	0.	0.
	150.	205.	205.	205.	205.	205.	205.
<u>Toros</u>							
45. Toros año (t)							
46. Muertes	6.	6.	8.	8.	8.	8.	8.
47. Eliminados	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
48. Toros requeridos	-1.	0.	-1.	-1.	-1.	-1.	-1.
49. Comprados	6.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
50. Toros año (t + 1)	1.	2.	1.	1.	1.	1.	1.
	6.	8.	8.	8.	8.	8.	8.
<u>Total de animales</u>							
51. Total de animales año (t + 1)							
52. Unidades animales año (t + 1)	398.	434.	474.	498.	501.	501.	501.
53. Capacidad ganadera total año (t + 1)	300.	336.	331.	355.	358.	358.	358.
	300.	340.	350.	360.	360.	360.	360.





## NOTAS DE CURSO

---

CN-31 (B)  
Rev. Junio de 1978

### PROYECCION DE REBAÑO

UTILIZANDO LA CALCULADORA TEXAS INSTRUMENTS TI-59

En esta nota de curso se describe un método para calcular proyecciones de rebaño de ganado vacuno de carne y de leche. También se incluye un ejemplo del cálculo de una proyección de rebaño que ilustra el uso del programa.

Preparado por: Orlando T. Espadas

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. PROYECCIONES DE REBAÑO	
A. Definiciones de las categorías . . . . .	3
B. Ingreso de los datos para el año "t" en la calculadora	6
1. Uso del programa para ingresar los datos . . . . .	8
2. Ingreso de los datos directamente en cada registro de memoria . . . . .	9
C. Lectura y almacenamiento del programa por la calculadora	9
D. Cálculo de la proyección de rebaño (sin la impresora). .	9
1. Modificación de los coeficientes técnicos en el año 2...n . . . . .	10
2. Correcciones . . . . .	10
3. Proyecciones financieras de ventas y compras . . . . .	11
E. Cálculo de la proyección de rebaño (con la impresora). .	11
III. PROYECCIONES DE REBAÑO — RESUMEN DE DESCRIPCION DEL PROGRAMA E INSTRUCCIONES DEL USO. . . . .	12

ANEXOS

1 Modelos de Formato . . . . .	13
(a) Formato en blanco . . . . .	13-15
(b) Proyección completa . . . . .	16-17
(c) Proyecciones financieras de ventas y compras. . . . .	18
2 Programa de proyecciones de rebaño (con impresora) . . . . .	19-21
3 Programa de proyecciones de rebaño (sin impresora) . . . . .	22-24

## I. INTRODUCCION <sup>1/</sup>

Este programa está diseñado para ser usado por técnicos que trabajan con proyecciones de rebaño para modelos de finca utilizados en el análisis de proyectos de desarrollo ganadero. Se presume que ellos saben como llevar a cabo una proyección de rebaño, ya sea manualmente o con la ayuda de una calculadora electrónica corriente.

El programa ha sido escrito para la calculadora Texas Instruments TI-59.

Las ventajas de utilizar el método que aquí se describe son las siguientes:

1. Rapidez - Cualquier persona que esté familiarizada con las proyecciones de rebaño está consciente de la gran cantidad de cálculos, sumamente tediosos, que se requieren para efectuarlas. Sin embargo, con el método que aquí se describe se pueden efectuar aproximadamente en una hora con una concentración relativamente normal, en tanto que, utilizando las calculadoras corrientes, se requieren de tres a cuatro horas de esfuerzo concentrado para llevar a cabo el mismo análisis.
2. Precisión - La posibilidad de que se cometan errores "humanos" (por ejemplo, multiplicar un número por el coeficiente técnico equivocado, etc.) se reduce considerablemente.
3. Uniformidad - Debido al uso de un método estandarizado, los resultados de la proyección serán exactamente los mismos sea quien fuere la persona que los realice.
4. Aliciente para efectuar otros análisis - Dado que el tiempo y el esfuerzo que se requiere para realizar una proyección de rebaño se reduce considerablemente, el analista tendrá mayores alicientes para efectuar análisis de sensibilidad de la proyección de rebaño con respecto a posibles cambios en los valores de los coeficientes técnicos.
5. Flexibilidad - Si usted está efectuando una proyección de rebaño en una computadora, puede introducir toda la información en ella y obtener una salida impresa con todos los resultados anuales al mismo tiempo. Si no está satisfecho con los resultados puede efectuar

---

<sup>1/</sup> La elaboración de este documento se benefició significativamente por las sugerencias del señor Peter Brumby, especialista en ganadería del Departamento de Proyectos de la Oficina Regional del Asia Meridional del Banco Mundial.

cambios en los coeficientes técnicos y volver a someter los datos a la computadora para otra pasada. Sin embargo, utilizando la TI-59 usted tendrá las siguientes opciones:

- a. Determinar los coeficientes técnico-económicos durante la duración del proyecto y efectuar la proyección sin modificarlos. Esto producirá los mismos resultados que una computadora, pero en forma más lenta.
- b. Examinar la estrategia global con respecto al desarrollo total del proyecto y determinar los coeficientes técnicos adecuados. Sin embargo, una vez terminada la proyección para cada año, y dada la evolución del rebaño, es posible que desee comprobar si los coeficientes técnicos para el año siguiente continúan siendo adecuados. Si juzga que debieran modificarse, lo podrá hacer fácilmente.
- c. Si, tras de finalizar un año determinado de su proyección, descubre que el rebaño está evolucionando en forma inconveniente, es posible que usted desee retroceder tantos años como sea necesario, modificar los coeficientes técnicos en ese punto y volver a calcular las proyecciones a partir de entonces.

Se necesitarán unas pocas horas para aprender a efectuar las proyecciones de rebaño utilizando el programa que se esboza a continuación, y aproximadamente una hora para realizar una proyección de ganado completa una vez que usted se haya familiarizado con el método.

#### Ingreso de los datos para el año "t" en la calculadora

Para empezar a calcular la proyección de rebaño, es preciso disponer de dos series de datos básicos:

1. La composición del rebaño en el año "t" (antes del desarrollo)
2. Los coeficientes técnicos correspondientes al primer año de nuestra proyección (t + 1) 1/

---

1/ Si usted desea comprobar si el rebaño es estable antes del desarrollo, debe comenzar utilizando los coeficientes técnicos para el año "t" (antes del desarrollo). Si en (t + 1) la composición del rebaño se duplica, puede considerársele estable. Si no lo fuera, tal vez vendría efectuar una proyección "sin el proyecto" o examinar los coeficientes técnicos calculados para la situación "antes del proyecto".

Número de Memoria	
1	Tasa de parición
2	Tasa de mortalidad de terneros (as)
3	Tasa de venta de terneros
4	Tasa de mortalidad (12-24)
5	Tasa de mortalidad (> 24)
6	Tasa de mortalidad de vacas
7	Relación toro/vaca
8	Tasa de venta de terneras
9	Tasa de venta de vaquillas (12-24)
10	Tasa de venta de novillos (12-24)
11	Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)
12	Tasa de venta de vaquillas (24-36)
13	Tasa de venta de novillos (24-36)
14	Tasa de venta de novillos/bueyes (> 36)
15	Tasa de eliminación de toros
16	Tasa de eliminación de vacas
17	Vacas
18	Vacas en rebaño estable
19	Toros
20	Terneras
21	Vaquillas (12-24)
22	Vaquillas (24-36)
23	Terneros
24	Novillos (12-24)
25	Novillos (24-36)
26	Novillos/bueyes (> 36)
27	Capacidad ganadera total

1. Uso del programa para ingresar los datos

- a. Lea la tarjeta magnética que lleva el título "Proyección de Rebaño". La misma deberá haber sido generada copiando el programa que aparece en el Anexo 2, página 19, si se va a usar con impresora; o en el Anexo 3, página 22, si se va a usar sin impresora. Una copia del formato de la tarjeta magnética aparece a continuación. Para leer la tarjeta usted debe ingresar 1 y presionar la tarjeta en la dirección indicada por la flecha de la esquina superior izquierda marcada 1. Después de leer el lado 1, ingrese 2 y pase la tarjeta en la dirección indicada en la esquina superior derecha marcada 2.

Con respecto a los detalles de como registrar programas en las tarjetas magnéticas, consulte las instrucciones de la calculadora.

1 <b>PROYECION DE REBAÑO</b> 2				
PROYECCION DE REBAÑO				
Inicio	Ingreso de datos	Compras/ Ventas		

- b. Presione B ---- aparecerá 1.  
 c. Ingrese el valor para la memoria 1 (de acuerdo con el cuadro de la página 8)  
 d. Presione R/S --- aparecerá 2.  
 e. Ingrese el valor para la memoria 2  
 f. Presione R/S --- aparecerá 3.  
 g. Ingrese el valor para la memoria 3  
 h. Presione R/S --- aparecerá 4.  
 .  
 .  
 .  
 s. Ingrese los valores hasta la memoria 27 (de acuerdo con el cuadro de la página 7).

Después de almacenar los datos en la calculadora, deben registrarse en una tarjeta en blanco para su posible uso en el futuro. Para ello, presione 4 2nd write. La presentación visual aparecerá en blanco. A continuación inserte la tarjeta en que se registrará; aparecerá un 4, indicando que los datos han sido registrados en la tarjeta magnética. Marque 4 en la esquina superior izquierda y rotule la tarjeta: titulada: "Almacenamiento de datos (Año XX)". A continuación figura un ejemplo:

4 ◀ IBAS INSTRUMENTS ▶				
ALMACENAMIENTO DE DATOS (año )				

2. Ingreso de los datos directamente en cada registro de memoria

Los datos pueden registrarse directamente en cada registro de memoria sin ayuda del programa. Para ello, ingrese el valor que desee almacenar seguido de STO y el número de la memoria donde quiere almacenarlo. (Asegúrese de que el número de la memoria se ingrese en forma de dos dígitos: la Memoria 1 debe almacenarse como 01).

C. Lectura y almacenamiento del programa por la calculadora

El programa se registra en la misma tarjeta utilizada para ingresar los datos (que se ilustra a continuación). Páselo a través de la lectora de tarjetas si no lo ha hecho antes al ingresar los datos. Es necesario pasar ambos lados de la tarjeta. Primero, ingrese 1 y pase el lado 1 de la tarjeta y enseguida ingrese 2 y pase el lado 2 de la misma.

1 ◀ IBAS INSTRUMENTS ▶ 2				
PROYECCION DE REBAÑO				
Inicio	Ingreso de datos	Compras/Ventas		

D. Cálculo de la proyección de rebaño (sin la impresora)

La primera salida se obtiene presionando A. Esto corresponde a la primera línea en la hoja de trabajo (véase el Anexo 1(a) página 14).

Presionando R/S se obtendrá la segunda salida y presionando nuevamente R/S obtendrá la tercera salida, y así sucesivamente. Lo único que se debe hacer es copiar las salidas en secuencia y en orden descendente a medida que las obtiene al presionar R/S. Existen dos líneas (líneas 9 y 43) tituladas: "Entrada: compras", y "Entrada: compra o venta (-)". En estas localizaciones normalmente debe ingresar en forma manual el número de animales adquiridos o vendidos (-). Si no se desea registrar ninguna adquisición o venta, se debe ingresar 0.

Antes de proceder con el año siguiente, tal vez desee copiar la composición del rebaño al final del año recién finalizado. Presione 4 2nd Write y pase una tarjeta en blanco marcada con un 4 en la esquina superior izquierda (convendría titularla PROYECCIONES DE REBAÑO/RESULTADOS INTERMEDIOS) por la lectora de tarjetas. Este procedimiento garantiza que si algo falla (si se desconecta la máquina, etc.) podrá volver a empezar la proyección en el año inmediatamente anterior en el que se detuvo y no tendrá que retroceder y rehacer la proyección desde el año 1. Otra alternativa será la de marcar tantas tarjetas como años tenga en su proyección; por ejemplo, PROYECCION DE REBAÑO/AÑO 1; PROYECCION DE REBAÑO/AÑO 2, y así sucesivamente. Este procedimiento le permitirá retroceder y volver a comenzar su proyección en cualquier año dado. Este método es el más recomendable.

Nota: Debido a que los resultados se han redondeado a números enteros, es posible que haya una diferencia de un animal en los números totales correspondientes al año.

Compras o ventas efectuadas después de haber terminado la proyección para un año determinado

Después de haber terminado la proyección para un año determinado, tal vez usted desee modificar el número de animales en una categoría; para ello, identifique la Memoria en que está almacenada la categoría que se va a modificar. Suponiendo que es la Memoria 17, ingrese el valor que desee agregar o restar y presione STO SUM 17 para sumar o STO INV SUM 17 para restar del valor inicial. Haga a mano el cambio correspondiente en su hoja de trabajo.

1. Modificación de los coeficientes técnicos en el año 2...n

Para cambiar un coeficiente técnico, ingrese el nuevo valor, presione STO y el número del registro de almacenamiento donde está almacenado el valor original del coeficiente.

Nota: No es necesario efectuar cambios en la composición del rebaño de un año a otro debido a que la máquina los hace internamente.

En el Anexo 1-c), página 16 figura un ejemplo completo de una proyección de rebaño utilizando la metodología esbozada. Los resultados que usted obtenga deberán ser idénticos a los del ejemplo.

2. Correcciones

- a. Si usted omite una de las salidas cuando la máquina está calculando el rebaño y se da cuenta más tarde, tendrá que volver a calcular ese año, o calcular a mano el valor y completar en el espacio en blanco.
- b. Si ingresa un valor incorrecto, al almacenar datos en las memorias, puede corregirlo presionando la tecla CLR siempre que no lo haya ingresado al programa a través de la tecla R/S. Si el



valor incorrecto está efectivamente almacenado en la memoria, complete el valor de almacenamiento en las memorias restantes y en seguida ingrese el valor correcto y STO, seguido del número de la memoria donde se almacenó originalmente el valor incorrecto.

### 3. Proyecciones financieras de ventas y compras

Después de finalizar en términos físicos la proyección de rebaño, se puede convertir el número de animales vendidos o comprados en un año dado en sus valores monetarios equivalentes.

El procedimiento que ha de seguirse para la proyección de las ventas es el siguiente:

- a. Presione C  
Ingrese el precio medio de la categoría de animal, por ejemplo, US\$200 para los terneros(as), y presione R/S.
- b. Ingrese el número de animales, en este caso terneros(as), vendidos durante el año y presione R/S. La salida que aparecerá será el valor del número total de terneros(as) vendidos ese año.
- c. Para calcular los valores correspondientes a otros años, se repite el paso b descrito antes.

Para calcular el valor de las compras, el método es exactamente el mismo descrito anteriormente para las ventas.

En el Anexo 1(a) página 17 figura un posible formato de presentación de las proyecciones financieras de las ventas y las compras.

#### E. Cálculo de la proyección de rebaño (con la impresora)

El procedimiento a seguir es exactamente el que se ha descrito para la alternativa sin impresora, salvo que su utilización proporciona un beneficio doble. En primer lugar, hace mucho más fácil la verificación de los datos ingresados. Cualquier error impreso en la cinta de papel puede ser detectado y corregido inmediatamente. Además, los resultados anuales, que también aparecen impresos en la cinta de papel pueden reunirse (ya sea pegándolos con goma o con grapa, etc.) y utilizarse como borrador de la proyección de rebaño terminada.

Como consecuencia, el tiempo que se requiere se acortará significativamente con respecto a lo que demora efectuar la proyección de rebaño sin la impresora. Se necesitan aproximadamente de 30 a 45 minutos para llevar a cabo una proyección.

En el Anexo 1(b) página 16 contiene un ejemplo de los resultados impresos para una proyección de rebaño.

TITLE PROYECCION DE REBAÑO PAGE 1 OF 1

TI Programmable **Program Record** 

186 PROGRAMMER Orlando T. Espadas DATE 1/19/78

Partitioning (Op 17) [4,7,9,5,9] Library Module CARD Printer X Cards 1

**PROGRAM DESCRIPTION**

Este programa calcula proyecciones de rebaño de ganado vacuno de carne y de leche. También se calcula el valor de las ventas y compras.

**USER INSTRUCTIONS**

STEP	PROCEDURE	ENTER	PRESS	DISPLAY
1	Lea la tarjeta del programa (lado 1)	1		1
	(lado 2)	2		2
2	Ingrese los datos (Consulte la página 7 de esta nota de curso con respecto al orden en que deben ingresar los datos)	Valor mem. 1 Valor mem. 2 . . . Valor mem.27	B R/S R/S . . . R/S	1 2 3 . . . 28
3	Inicie Cálculos Nota: La impresora se detendrá dos veces durante el cálculo de un año dado. Usted debe ingresar la compra correspondiente, o 0 si no la hubo y presione R/S.		A	
4	Optativo: Si los resultados intermedios se van a copiar	3 4	2nd write 2nd write	
5	Para cambiar los coeficientes técnicos (años 2...n) ingrese el nuevo valor de los que han cambiado y presione STO seguido del número de registro de la memoria correspondiente			
6	Repita el paso 3 para calcular el año siguiente.			

USER DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (INV, LOC)	LABELS (Op 08)
A	0	INV INV CE CLR XST X'
B	1	RT 1/2 STO RCL SUM Y'
C	2	EE C ) + GTD X
D	3	SBR - RST + R/S .
E	4	+/- = CLR INV M C
A'	5	1/x 1/y 1/z 1/w 1/v 1/u
B'	6	1/t 1/s 1/r 1/q 1/p 1/o
C'	7	1/n 1/m 1/l 1/k 1/j 1/i
D'	8	1/h 1/g 1/f 1/e 1/d 1/c
E'	9	1/b 1/a
FLAGS	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	

## COEFICIENTES TECNICOS (%)

Memoria No.		ANOS						
		Antes del desarrollo		Con el proyecto				
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Tasa de parición	-	-	-	-	-	-	-
2	Tasa de mortalidad de terneros(as)	-	-	-	-	-	-	-
3	Tasa de venta de terneros	-	-	-	-	-	-	-
4	Tasa de mortalidad (12-24)	-	-	-	-	-	-	-
5	Tasa de mortalidad ( $> 24$ )	-	-	-	-	-	-	-
6	Tasa de mortalidad de vacas	-	-	-	-	-	-	-
7	Relación toro/vaca	-	-	-	-	-	-	-
8	Tasa de venta de terneras	-	-	-	-	-	-	-
9	Tasa de venta de vaquillas (12-24)	-	-	-	-	-	-	-
10	Tasa de venta de novillos (12-24)	-	-	-	-	-	-	-
11	Tasa de transferencia de vaquillas (24-36)	-	-	-	-	-	-	-
12	Tasa de venta de vaquillas (24-36)	-	-	-	-	-	-	-
13	Tasa de venta de novillos (24-36)	-	-	-	-	-	-	-
14	Tasa de venta de novillos/bueyes ( $> 36$ )	-	-	-	-	-	-	-
15	Tasa de eliminación de toros	-	-	-	-	-	-	-
16	Tasa de eliminación de vacas	-	-	-	-	-	-	-
* 18	No. vacas en rebaño estable	-	-	-	-	-	-	-
* 27	Capacidad ganadera total	-	-	-	-	-	-	-

\* números absolutos



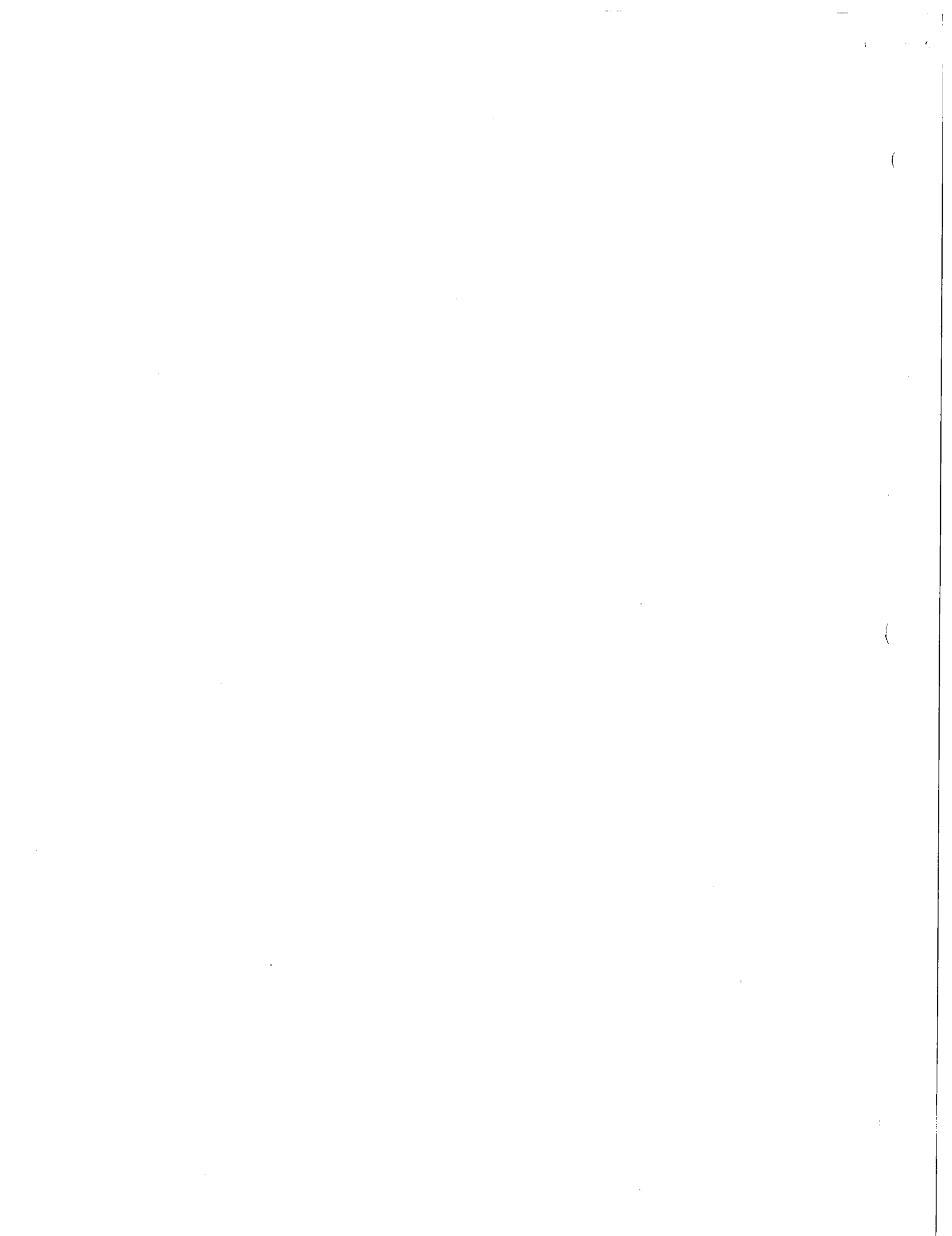
Memoria  
No.

- Terneros(as)  
1. Total de terneros(as) nacidos(as)  
2. Terneros(as) muertos(as)
- 23 Terneros  
3. Terneros nacidos menos muertes  
4. Ventas  
5. Terneros año (t + 1)
- 24 Novillos (12-24)  
6. No. terneros año (t)  
7. Muertos  
8. Ventas  
9. Entrada: compras  
10. R/S Novillos (12-24) año (t + 1)
- 25 Novillos (24-36)  
11. No. Novillos (12-24) año (t)  
12. Muertos  
13. Ventas  
14. Novillos (24-36) año (t + 1)
- 26 Novillos/bueyes (> 36)  
15. Novillos (24-36) año (t)  
16. Inventario de novillos/bueyes (> 36)  
17. Total novillos/bueyes año (t)  
18. Muertos  
19. Ventas  
20. Novillos/bueyes (> 36) año (t + 1)
- 20 Terneras  
21. Terneras nacidas menos muertes  
22. Ventas  
23. Terneras año (t + 1)
- 21 Vaquillas (12-24)  
24. Terneras año (t)  
25. Muertas  
26. Ventas  
27. Vaquillas (12-24) año (t + 1)
- 22 Vaquillas (24-36)  
28. No. Vaquillas (12-24) año (t)  
29. Muertas  
30. Transferidas a vacas  
31. Ventas  
32. Vaquillas (24-36) año (t + 1)
- Vaquillas (> 36)  
33. No. Vaquillas (24-36) año (t)  
34. Muertas  
35. Transferidas a vacas  
36. 0 Vaquillas (> 36) año (t + 1)
- 17 Vacas  
37. Vacas año (t)  
38. Muertas  
39. Eliminadas  
40. Vacas - Muertes y eliminaciones + transferencias
- 18  
41. No. Vacas rebaño estable  
42. Exceso (+) o déficit (-)  
43. Entrada: compra o venta (-)  
44. R/S vacas año (t + 1)
- 19 Toros  
45. Toros año (t)  
46. Muertes  
47. Eliminados  
48. Toros requeridos  
49. Comprados  
50. Toros año (t + 1)
- Total de Animales  
51. Total de animales año (t + 1)  
52. Unidades animales año (t + 1)  
53. Capacidad ganadera total año (t + 1)

# **Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos**

**Un Manual Metodológico  
de Evaluación Económica**

**Richard K. Perrin, Donald L. Winkelmann, Edgardo R. Moscardi, Jock R. Anderson**



**FORMULACION DE RECOMENDACIONES A PARTIR DE DATOS AGRONOMICOS**  
Un Manual Metodológico de Evaluación Económica

Richard K. Perrin  
Donald L. Winkelmann  
Edgardo R. Moscardi  
Jock R. Anderson

Folleto de Información No. 27

**CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. 1976**  
Apartado Postal 6-641, México 6, D.F. México.



*Cita Correcta:* Perrin R.K., D.L. Winkelmann, E.R. Moscardi, y J.R. Anderson, 1976. Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México D.F., iv + 54 p.

*Edición en Inglés:* Copias de la edición en inglés de este manual están disponibles a quienes la soliciten.

*Derechos de Reimpresión:* Este manual puede reproducirse sin previa autorización de CIMMYT. En tal caso se agradecería la mención de los autores y de CIMMYT.

El CIMMYT recibe apoyo financiero de instituciones gubernamentales de Bélgica, Canadá, Dinamarca, Irán, Países Bajos, Arabia Saudita, Reino Unido, EUA, Alemania Federal y Zaire; y de la Fundación Ford, el Banco Interamericano de Desarrollo, la International Minerals and Chemical Corp., la Fundación Rockefeller, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Mejoramiento del Ambiente y el Banco Mundial. El CIMMYT asume toda la responsabilidad por esta publicación.

Se dio término a la impresión de este libro el 31 de agosto de 1976 en los talleres de Ediciones Las Américas. Tiro: 3,000 ejemplares. Impreso en México.

## CONTENIDO

### PREFACIO *iv*

#### 1 INTRODUCCION *1*

Recomendaciones exitosas para el agricultor *1*

Condiciones experimentales representativas *1*

Metas del agricultor *2*

La relación entre el análisis estadístico y el análisis económico de un conjunto de experimentos *4*

Objetivos del manual *5*

#### 2 ANALISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE EXPERIMENTOS *6*

Conceptos básicos *6*

Análisis de presupuesto parcial de experimentos con fertilizantes *9*

#### 3 ESCASEZ DE CAPITAL Y COSTO DE CAPITAL *13*

#### 4 EL USO DE CURVAS DE BENEFICIO NETO Y DEL ANALISIS MARGINAL PARA DERIVAR RECOMENDACIONES *16*

La curva de beneficio neto *16*

Análisis marginal de beneficios netos *18*

#### 5 VARIABILIDAD EN LOS BENEFICIOS NETOS E IMPLICACIONES PARA LAS RECOMENDACIONES *22*

Fuentes de variabilidad en el rendimiento *22*

Ajuste de recomendaciones con respecto a variabilidad de rendimiento *25*

Variabilidad de precios y análisis de sensibilidad *27*

#### 6 MAS SOBRE ESTIMACION DE COSTOS *30*

Identificación y medición de los insumos variables *30*

Determinación del precio de campo del equipo *32*

Determinación del precio de campo de la mano de obra *33*

Determinación del costo del capital *35*

Resumen *36*

#### 7 MAS SOBRE ESTIMACION DE BENEFICIOS *38*

Identificación y estimación de beneficios *38*

Tenencia *41*

Resumen *42*

#### 8 RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS PARA DERIVAR RECOMENDACIONES *43*

#### 9 DOS EJEMPLOS *45*

Ensayo con paquetes de tecnología para maíz *45*

Ensayo con variedades de trigo *48*

Glosario *54*

## **PREFACIO**

La sección de Economía del CIMMYT ha preparado este manual para ser utilizado en los programas de adiestramiento de este Centro. Esperamos que otros agrónomos lo encuentren igualmente útil y, por supuesto, mucho apreciaremos los comentarios que puedan hacer los usuarios a efectos de mejorar el manual. La reproducción parcial o total de este manual está autorizada.

La idea de este manual fue originalmente presentada por la sección de Economía durante la Revisión Interna de los Programas de CIMMYT del año 1972. La primera versión fue preparada por J.R. Anderson como resultado de ideas surgidas de conversaciones entre el autor y D. Winkelmann. Esta versión fue sustancialmente modificada y expandida por R.K. Perrin y D. Winkelmann. La segunda versión fue revisada por E.R. Moscardi mientras se utilizaba como material de enseñanza para los programas de adiestramiento de CIMMYT. Moscardi y Perrin modificaron esa versión la cual fue nuevamente revisada esta vez por Winkelmann. Esta nueva versión, la tercera, fue enviada a numerosos agrónomos y economistas con el objeto de recabar comentarios y sugerencias que ayudaran a mejorar el manual. Particularmente, deseamos manifestar nuestro agradecimiento a John Dillon, John Lindt, Torrey Lyons, Paul Marko, Matt McMahon, Robert Osler, Willen Stoup, Alejandro Violic, Pat Wall y Delane Welch por sus valiosas sugerencias. Moscardi y Perrin incorporaron muchas de ellas en la presente versión, la cuarta, que fue revisada nuevamente por Winkelmann.

Richard K. Perrin  
Donald L. Winkelmann  
Edgardo R. Moscardi  
Jock R. Anderson

# 1

## INTRODUCCION

Se tiene la intención de que este manual sea utilizado por técnicos agrónomos en la formulación de recomendaciones para los agricultores a partir de datos agronómicos. No es difícil hacer recomendaciones que sean consistentes con las metas y las situaciones del agricultor, pero ciertamente es fácil hacer recomendaciones deficientes cuando se ignoran o se soslayan factores importantes para el productor. Algunos de estos factores pudieran no ser muy evidentes para el agrónomo.

Si bien es algunas veces difícil obtener estimaciones precisas del efecto de algunos de estos factores sobre las preferencias del agricultor, el principio básico de este manual es que es mejor hacer alguna estimación de un efecto que desdeñarlo totalmente. Este manual enumera esos factores y presenta una serie de procedimientos para analizarlos desde el punto de vista del productor.

### Recomendaciones exitosas para el agricultor

Una buena recomendación podría definirse como la elección que haría el propio agricultor si tuviese toda la información agronómica disponible para el técnico. Tal recomendación tendría éxito cuando los agricultores la adoptaran y siguieran usándola.

Para que un técnico pueda hacer recomendaciones de este tipo, los datos agronómicos sobre los que se basan las recomendaciones deberán ser consistentes con las *circunstancias agronómicas del agricultor*. De otra manera, el productor no obtendrá los resultados predichos por el técnico. Igualmente, la evaluación de estos datos por parte del técnico deberá tener en cuenta las *metas del productor* y aquellos factores que influyen sobre su capacidad de lograrlas. Revisemos con más cuidado estas dos dimensiones de las circunstancias del agricultor.

### Condiciones experimentales representativas

No es factible, materialmente, llevar a cabo un experimento en cada finca y producir recomendaciones ajustadas a cada sitio. Lo que se hace es definir un grupo de fincas o agricultores, conducir experimentos bajo condiciones representativas de sus tierras y generar recomendaciones aplicables a todo el grupo. A un grupo como éste se le llama un *dominio de recomendación*. En general, un dominio de recomendación estará dado por agricultores dentro de una zona agroclimática, cuyas fincas y prácticas culturales son similares.

Aunque no hay un método aceptado para determinar qué es un dominio de recomendación, en la práctica la mejor regla es buscar a un grupo de agricultores para quienes la mejor elección de variedad, nivel de fertilización, etc., es razonablemente uniforme. Si el mejor nivel de fertilización para todos los agricultores de una área geográfica extensa es de 60 a 80 unidades de N, y si la mejor variedad para virtualmente todos los agricultores es la variedad Z, entonces para los propósitos de este cultivo, el área toda se podría considerar como un dominio de recomendación, aún cuando hubiese una variabilidad considerable en cuanto a suelos y clima a través del área.

Se necesitan varios sitios experimentales representativos (no precisamente los más accesibles, los más productivos a los de pendiente más suave), para obtener información acerca de los resultados que los agricultores podrían esperar en un dominio determinado. Tener datos de un solo sitio y para un solo año es mejor que nada pero no es suficiente, incluso cuando se espera formular recomendaciones para el predio donde se llevó a cabo el experimento. Para hacer buenas recomendaciones el técnico necesita conocer la gama de resultados agronómicos obtenidos de una finca a otra y de un año a otro en el dominio de recomendación.

Las prácticas culturales empleadas en el experimento deben ser similares a las que se espera que usen los agricultores, de otro modo los resultados de los ensayos pudieran ser inconsistentes con los resultados que los productores obtendrán al poner en práctica la recomendaciones. Por ejemplo, no hay que usar sembradoras mecánicas si los agricultores de la región siembran a mano. Tampoco es recomendable el empleo de técnicas de control de maleza que los agricultores no pueden adoptar, o que no son factibles desde el punto de vista económico. El técnico debe tener cuidado de que el tamaño de las parcelas sea suficientemente grande como para evitar el efecto de bordos que no ocurriría en los campos de los productores.

Igualmente, si los agricultores de una región practican agricultura de temporal, los resultados obtenidos de una parcela experimental bien irrigada pudieran tener escasa relevancia para el tipo de resultados que estos agricultores esperan obtener,

Estos y otros aspectos que atañen a la planeación de una serie útil de experimentos agronómicos están más allá del alcance de este manual. Se mencionan aquí para señalar el punto de que las circunstancias agronómicas bajo las cuales se realizan los ensayos deben ser representativas de las circunstancias agronómicas de los productores si las recomendaciones basadas en dichos ensayos van a ser adoptadas con éxito. Empero, no es suficiente que los datos agronómicos sean representativos de las circunstancias de los agricultores. Los procedimientos empleados para derivar recomendaciones a partir de esos datos, deben ser consistentes con las metas del agricultor quien realiza las decisiones a nivel de su predio y decide, en última instancia, si aplicará o no las recomendaciones.

### Metas del agricultor

Si el técnico va a formular recomendaciones que los agricultores adopten debe conocer tanto el elemento humano involucrado en el cultivo de la tierra como el elemento biológico. Debe pensar en términos de las metas de los productores y de las restricciones que ellos enfrentan para lograr esas metas. En este manual se supone que los productores piensan en términos de *beneficios netos* al tomar decisiones sobre su actividad agrícola. Por ejemplo, un agricultor consciente del daño originado por las malezas reconocerá que probablemente reciba beneficios adicionales si elimina las malezas de su campo de cultivo, beneficios en forma de un mayor volumen de cosecha. Por otra parte, sabe que debe incurrir

en algún costo para poder obtener esos beneficios. Debe invertir algún dinero en efectivo para comprar herbicidas y asignar tiempo y esfuerzo para aplicarlos, o bien alternativamente mucho tiempo y esfuerzo para deshierbar a mano. El agricultor ponderará los beneficios recibidos en forma de cosecha contra los beneficios perdidos (costos) en la forma de trabajo y dinero en efectivo invertidos. Nos referiremos al resultado neto de esta ponderación, que realiza el agricultor, como *el beneficio neto* de una decisión, esto es el valor de los beneficios menos el valor de los costos.

Existen dos factores que complican nuestra comprensión del proceso de decisión. El primero es que no podemos restar horas de trabajo de kilos de cosecha, para obtener una estimación adecuada del beneficio neto que percibiría un agricultor. Es probable que el agricultor pueda hacer tal juicio, pero nosotros necesitamos un método más sistemático para evaluar los beneficios netos si vamos a evitar el problema de sumar y restar horas de trabajo con kilos de fertilizante o kilos de grano con toneladas de rastrojo. El segundo factor que complica nuestra comprensión del proceso de decisión es que el agricultor no conoce con certidumbre los resultados que obtendrá de cualquier decisión determinada. En nuestro ejemplo de control de malezas, el agricultor sabe que en el caso de una sequía severa o de una helada temprana, pudiera obtener muy poco o ninguna cosecha, independientemente de la cantidad de malezas presente en su parcela. Si esto sucede, no hay beneficio alguno de la reducción de la población de malezas. Desafortunadamente, es difícil saber cómo percibe el agricultor estos riesgos y cómo la existencia de dichos riesgos afecta sus decisiones; lo que sí sabemos con seguridad es que los riesgos afectan la decisión. En general, los agricultores tratan de protegerse contra estos riesgos y a menudo rechazan alternativas que los expongan a ellos, aún cuando esas alternativas les redituen beneficios netos promedio mayores que la alternativa tradicional.

Para evitar el problema de restar horas de trabajo de kilos de grano cosechado, estimamos el valor que tiene para el agricultor un kilo de grano y una hora de trabajo en términos de un denominador común que es el dinero. Pero tal procedimiento no implica necesariamente que el agricultor invierta dinero por el trabajo, o reciba dinero por el grano. Tampoco implica que pensamos que los agricultores se preocupan exclusivamente por el dinero. Se trata sencillamente de un procedimiento que usamos para representar el proceso de decisión que el agricultor realiza, es decir la ponderación de los valores que él mismo otorgaría a varios tipos de mercancías, incluyendo la mano de obra.

Si nuestro agricultor consciente de las malezas fuera un agricultor comercial, es decir, si considerara la contratación de mano de obra, la compra del herbicida y venta de la cosecha obtenida, entonces podríamos adjudicar precios corrientes de mercado a la mano de obra, herbicidas y grano, y de esta manera se representarían con bastante precisión los beneficios netos que percibe el agricultor. Por otra parte, si se tratara de un agricultor de subsistencia, tendríamos que emplear el concepto de *costo de oportunidad* para representar los valores que él otorga a la mano de obra y al grano, puesto que no habría precios en efectivo dados o recibidos. El *costo de oportunidad* es el valor de cualquier recurso en su mejor uso alternativo. Consideremos por ejemplo, el costo de oportunidad del tiempo del agricultor. Si él tuviera un empleo fuera de la finca que tuviese que dejar temporalmente para deshierbar su parcela, diríamos entonces que el costo de oportunidad del tiempo empleado en deshierbar es el salario que hubiese recibido si hubiera permanecido en su empleo.

Supóngase, por ejemplo, que el mejor uso alternativo del tiempo del agricultor es trabajar en su cultivo de tabaco, y que el día de trabajo en la plantación

incrementará el beneficio de la cosecha de tabaco en \$5. En este caso, el costo de oportunidad del tiempo usado en deshierbar maíz por ejemplo, será de \$5 por día, puesto que es lo que el agricultor deja de ganar si decide deshierbar el maíz en lugar de atender el tabaco. Supóngase ahora que el agricultor preferirá sentarse en la sombra y descansar en lugar de deshierbar maíz. ¿Es cero el costo de oportunidad de su tiempo? Esto no es muy probable, puesto que algunas personas otorgan algún valor a poder sentarse en la sombra en lugar de trabajar bajo el sol. De todos modos, es una tarea difícil aproximarse al valor que el agricultor da al ocio, si es que ésta es la alternativa de mayor valor en el uso de su tiempo.

Se han señalado entonces los dos problemas principales al evaluar alternativas agronómicas desde el punto de vista de los beneficios netos que el agricultor pudiera percibir. El primer problema fue estimar el valor relativo que los agricultores otorgan a varias clases de mercancías, y allí introducimos los conceptos de precios de mercado y costos de oportunidad a manera de enfoques para tratar con este aspecto. El segundo problema fue estimar el efecto de la incertidumbre acerca de los beneficios netos sobre las decisiones del productor. Gran parte del resto de este manual es una presentación de procedimientos que se pueden utilizar para aproximarse a los precios, a los costos de oportunidad, y a evaluar el efecto del riesgo según es percibido por los agricultores.

Es oportuno tratar un punto más dentro de este mismo tópico. Las circunstancias de los agricultores son diversas en casi cada aspecto imaginable. Tienen diferentes extensiones de terrenos y en cierto grado, diferentes tipos de terrenos aún dentro de una misma zona agroclimática; poseen diferentes niveles de riqueza, diferentes actitudes hacia el cambio, diferentes actitudes hacia el riesgo, diferentes oportunidades de mercado, y así por el estilo. Muchas de estas diferencias influirán en la respuesta que los agricultores den a las recomendaciones que se efectúen. Desafortunadamente, según lo mencionamos antes, no es práctico intentar la formulación de recomendaciones para cada agricultor que sean apropiadas para sus circunstancias particulares. En lugar de ello, el agrónomo debe ofrecer recomendaciones que sean aproximadamente correctas para grupos de agricultores ubicados dentro de ciertos dominios de recomendación

#### **La relación entre el análisis estadístico y el análisis económico de un conjunto de experimentos**

Hasta ahora no hemos mencionado el papel que juega el análisis estadístico en el tipo de decisiones analizadas. La mayoría de los agrónomos están familiarizados con las técnicas disponibles para determinar si las medias de rendimiento de un número dado de tratamientos difieren significativamente entre sí y con las pruebas complementarias a estas técnicas. Muchos argumentarán que si no hay evidencia de que las medias de los tratamientos son significativamente diferentes, no hay necesidad de un análisis económico. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto. Es conocido que las pruebas estadísticas usadas para determinar si los efectos de los tratamientos experimentales son o no fuentes significativas de variación, se realizan a ciertos niveles predeterminados de probabilidad, generalmente 5 por ciento ó 1 por ciento. No obstante, los agricultores pudieran estar dispuestos a aceptar una evidencia persuasiva menor que la que esos niveles de probabilidad representan. Por ejemplo, si en un experimento la variedad A rindió 3 ton/ha en tanto que la variedad B rindió 4 ton/ha, los agricultores pudieran estar satisfechos de escoger la variedad B aún cuando la diferencia de 1 ton/ha señalada, fuera significativa para un nivel de probabilidad del 10 por ciento.

Más aún, es muy posible que las medias de tratamiento no sean significativamente diferentes cuando se torna cada ensayo separadamente, pero que las medias de los tratamientos *sí difieran* a niveles significativos cuando los datos de todos los ensayos se combinan conjuntamente. En virtud de estas consideraciones, se sugiere que se lleven a cabo *ambos* tipos de análisis, el estadístico y el económico. Si sólo se dispone de un experimento, se puede decir muy poco sobre la pertinencia del tratamiento para los agricultores del área, a menos que los resultados sean abrumadores. Cuando se dispone de varios experimentos (en varios sitios o varios años, o unos y otros), puede llevarse a cabo un análisis estadístico de los datos combinados. El análisis de varianza debe incluir tratamientos, sitios, y la interacción sitios x tratamientos como fuentes de variación. Si las medias de los tratamientos no son significativamente diferentes, pero un análisis económico muestra que un tratamiento es una mejor recomendación que otros tratamientos, conviene hacer un análisis más cuidadoso de la recomendación utilizando los procedimientos que se señalan en los capítulos 4 y 5 de este manual. En todo caso, el técnico debe guiarse por el análisis económico al formular sus recomendaciones. Si en efecto, él ha hecho un buen análisis, su recomendación se orientará hacia el mejor interés del agricultor.

Esto no quiere decir que los análisis estadísticos carecen de utilidad. Son valiosos, pero su mayor valor no estriba en la derivación de recomendaciones, sino en determinar qué es lo que pasa biológicamente en los experimentos. Por ejemplo, sólo mediante el análisis estadístico puede el agrónomo determinar si hay una interacción significativa entre la respuesta al nitrógeno y el nivel de fósforo, o si la respuesta al nitrógeno varía significativamente de un sitio a otro. Este tipo de información puede ser muy útil al planear nuevos ensayos, y en cierta medida, para interpretar los resultados de los ensayos ya realizados, pero no es imprescindible para derivar recomendaciones a partir de la información de los ensayos llevados a cabo.

### Objetivos del manual

El objetivo de este manual es mostrar al técnico agrónomo la forma en que los elementos descritos en la sección anterior interactúan en el arte de formular recomendaciones. El uso de este manual será de utilidad en los siguientes aspectos:

1. Identificar los beneficios asociados con diferentes tratamientos y evaluarlos en forma consistente con las circunstancias del agricultor.
2. Identificar insumos y productos que cambian de un tratamiento a otro evaluándolos en la misma forma.
3. Identificar fuentes de variabilidad que contribuyen a la incertidumbre con respecto a los beneficios netos que el agricultor logrará de cada tratamiento.
4. Derivar recomendaciones a partir de información sobre costos, beneficios y variabilidad que sean consistentes con las metas del agricultor de aumentar su ingreso medio y de evitar riesgos, y con la escasez de capital que caracteriza a la mayoría de las situaciones agrícolas.

El enfoque adoptado es deliberadamente no-matemático, sólo se utilizan unos cuantos conceptos y términos de economía. La razón es que por un lado, se supone que la mayoría de los lectores no poseen un conocimiento profundo en economía, en matemáticas, y estadística y por otro, que tales conocimientos no son necesarios en la derivación de recomendaciones exitosas para los agricultores.



# 2

## ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE EXPERIMENTOS

Hemos afirmado que los agricultores se interesan en los beneficios netos y en protegerse contra el riesgo. También hemos afirmado que si el agrónomo va a hacer buenas recomendaciones, debe tener en mente estas metas y evaluar las tecnologías alternativas desde el punto de vista del agricultor.

El presupuesto parcial permite al agrónomo organizar los datos experimentales y otra información sobre costos y beneficios de varios tratamientos. En este capítulo introducimos los conceptos del presupuesto parcial. En los capítulos siguientes discutiremos con mayor detalle algunos de los problemas involucrados al estimar costos y beneficios. En el capítulo 4 se describen procedimientos para derivar recomendaciones a partir de la información sobre presupuesto parcial y riesgo.

### Conceptos básicos

El propósito del presupuesto parcial es el de organizar la información de manera tal que ayude a tomar una decisión de manejo en particular. Los tipos de decisión que de ordinario preocuparán al agrónomo son la elección del nivel de fertilización, la elección de la variedad, la elección de la fecha y densidad de siembra, y así por el estilo, o quizás la elección de "paquetes" opcionales de tales prácticas. Algunas son decisiones de "sí o no", otras son decisiones de "cuánto o qué nivel", pero todas pueden ser presupuestadas en la manera descrita en este manual.

Para introducir estos conceptos, consideremos una vez más el caso del agricultor consciente de las malezas. Él ha visto quizás algunos resultados experimentales en terrenos vecinos, y sabe que en los dos últimos ciclos, las parcelas sin herbicida rindieron un promedio de 2 ton/ha, en tanto que las parcelas con herbicida promediaron 2.5 ton. Sus propios rendimientos promediaron alrededor de 2 ton también, y piensa que con herbicida podrá obtener el mismo aumento de rendimiento en sus propios terrenos.

Desconocemos la secuencia exacta de pasos que seguirá el agricultor para evaluar esta elección, pero de alguna manera él pondera los beneficios que recibirá de cada alternativa con los costos en que debe incurrir para cada alternativa. Podemos simular el mismo proceso y registrar los resultados conforme revisamos el Cuadro 1. Veremos primero los beneficios enseguida los costos, y luego los beneficios netos.

El primer concepto utilizado es:

**Rendimiento neto**—El rendimiento medido por hectárea en el campo, menos las pérdidas de cosecha y de almacenamiento, cuando éstas sean aplicables.

2/ Análisis de presupuesto parcial de experimentos

Nuestro agricultor considera que los rendimientos obtenidos en los ensayos son los mismos que los que él obtendría, y puesto que vende su grano inmediatamente después de la cosecha, no necesita considerar pérdidas de almacenamiento. Por tanto, se registran, 2 y 2.5 en el primer renglón del Cuadro 1 como una medida del rendimiento que el agricultor espera obtener. El siguiente punto es el valor que el agricultor otorga al rendimiento extra, el cual designamos como:

**Precio de campo**—El valor para el agricultor de una unidad adicional de producción en el campo, *antes* de la cosecha. Los agricultores que venden todo o parte, de su grano se preocuparán por el precio monetario de campo en tanto que quienes consumen toda su cosecha, se preocuparán por el precio de oportunidad de campo. *El precio monetario de campo* es el precio del producto en el mercado menos los costos de cosecha, almacenamiento, transporte y comercialización y los descuentos por la calidad del grano.

*El precio de oportunidad de campo* es el precio monetario que la familia del agricultor tiene que pagar por adquirir una unidad adicional del producto para su consumo.

Nuestro agricultor vende siempre su producto a un camionero que pasa por la finca, y espera recibir \$1100 por tonelada. Sin embargo, sabe también que le

CUADRO 1.  
Ejemplo de un presupuesto parcial.

	Práctica actual	Uso de herbicida
<b>Beneficios</b>		
Rendimiento del agricultor (rendimiento neto)	2.0 tons	2.5 tons
Valor para el agricultor (precio de campo)	\$1000	\$1000
Beneficio total (beneficio bruto de campo)	\$2000	\$2500
<b>Costos variables</b>		
herbicida		
cantidad	—	2 litros
valor (precio monetario de campo)	—	X\$30
total (costo de campo del herbicida)		\$60
mano de obra para aplicación de herbicida		
cantidad	—	2 días
valor (precio de oportunidad de campo)	—	X\$10
total (costo de campo de mano de obra)	—	\$20
mano de obra para control manual		
cantidad	10 días	3 días
valor (precio de oportunidad de campo)	X\$10	X\$10
total (costo de campo de mano de obra)	\$100	\$30
costos variables totales	\$100	\$110
<b>Beneficios netos</b>	\$1900	\$2390

NOTA: El símbolo \$ usado en este manual no representa ninguna moneda nacional en particular. Las medidas se dan según el sistema métrico decimal.

cuesta unos \$100 por tonelada cosechar y desgranar el maíz, de manera que el precio de campo es de \$100 la tonelada. Al multiplicar rendimiento neto por precio de campo, obtenemos una estimación del valor total, o sea el:

*Beneficio bruto de campo*—Rendimiento neto multiplicado por el precio de campo de todos los productos del cultivo. En general, esto pudiera incluir beneficios monetarios o beneficios de oportunidad, o ambos.

Al considerar los costos asociados con esta decisión, el agricultor sólo necesita preocuparse por los costos que son afectados por la decisión, o sea los *costos variables*. A los costos no afectados por la decisión (en este caso, costos de labranza y siembra) se les conoce como *costos fijos*. Puesto que se incurrirá en estos costos independientemente de cuál decisión se tome, no se afecta la elección y pueden no tomarse en cuenta para los propósitos de esta decisión. El término "presupuesto parcial" sirve para recordar que no todos los costos de producción, y tal vez no todos los beneficios, se incluyen en el presupuesto, sino únicamente aquéllos que son pertinentes a la decisión.

Para que el agricultor tome una decisión efectiva, él habrá de identificar *todos* los insumos extras que debe utilizar para aplicar el herbicida. En su caso, esto incluye solamente el herbicida y la mano de obra que se necesita para aplicarlo, más la reducción en el trabajo de control a mano (suponemos él ya tiene una aspersora de mano que puede utilizar). La cantidad de herbicida que se requiere es de dos litros por hectárea, y el agricultor supone que la aplicación le tomará dos días de su tiempo por hectárea en su experiencia con aplicación de insecticida. El valor del herbicida se puede expresar sencillamente en términos de dinero, porque será dinero, \$30.00 por litro, lo que él tendrá que gastar para adquirirlo. A este concepto de valor lo referimos como:

*Precio de campo* (de un insumo):— el valor total involucrado para traer una unidad extra de un insumo al campo. *El precio monetario de campo* se refiere a los valores en moneda tales como precio de campo u otros gastos directos. *El precio de oportunidad de campo* se refiere al valor no-monetario del insumo involucrado. Este valor es el valor del insumo en su mejor uso alternativo. Para la mano de obra de la familia del agricultor, el precio de oportunidad de campo pudiera ser el salario que podría obtener en un empleo fuera de la finca, o el valor del tiempo si éste se dedicara a otra actividad en la finca, o el valor que el trabajador dá al ocio.

*Costo de campo* (de un insumo)—es el precio de campo de un insumo multiplicado por la cantidad de ese insumo que varía con la decisión. Pudiera expresarse como costo monetario de campo o costo de oportunidad de campo, o tal vez ambos, dependiendo del insumo de que se trate.

Así, para nuestro agricultor, el costo de campo de un herbicida es de \$60 por hectárea. En lo que atañe a su mano de obra, el agricultor pudiera reflexionar que él no hará ese tipo de trabajo para alguien más por menos de \$10 al día (de otra manera, preferiría sentarse a la sombra). Esto significa que él evalúa el costo de oportunidad de su tiempo en \$10 al día, y por tanto, el

costo de campo del trabajo para aplicar el tratamiento de herbicida es de \$20 por hectárea. El agricultor también estima que usando herbicida puede reducir el tiempo necesario para control manual de malezas que es de 10 días por hectárea, a 3 días por hectárea. Por lo tanto el costo de control manual se reduce de \$100 a \$30. El valor total para cualquier tratamiento es el:

*Costo total de campo o costo variable*—La suma de los costos de campo de todos los insumos que son afectados por la elección. En el presupuesto parcial nos referimos únicamente a aquellos insumos que son afectados por la decisión, así que el costo total de campo se refiere en efecto a los costos variables, es decir: aquellos costos que varían con la elección. El costo variable puede consistir en costos monetarios o costos de oportunidad, o ambos.

El costo variable total de la alternativa herbicida es de \$110 por hectárea y el de la práctica actual \$100. Al restar éstos de los beneficios recibidos se tienen:

*Beneficios netos*—El beneficio total bruto de campo menos el total de los costos variables.

En la cifra de beneficios netos pretendemos representar el valor que el agricultor otorga a la producción adicional menos el valor que otorga a aquellos insumos que él debe emplear para lograr la producción extra. En el caso del agricultor consciente de las malezas, los beneficios netos de la alternativa herbicida son de \$2,390 por hectárea, contra \$1,900 que obtiene con la práctica actual. Hay que recordar que esto no es lo mismo que ganancia líquida, porque hemos dejado muchos costos fuera del presupuesto, dado que son irrelevantes en esta decisión en particular.

Si bien parece que este agricultor elegiría usar herbicidas, esto no es del todo claro, puesto que hay incertidumbre en torno a sus rendimientos y puesto que el dinero pudiera ser muy escaso. En capítulos posteriores trataremos estos temas. Procederemos ahora a aplicar los conceptos descritos antes a fin de hacer un análisis de presupuesto parcial de algunos experimentos con fertilizantes.

**Análisis de presupuesto parcial de experimentos con fertilizantes: un ejemplo**  
El Cuadro 2 presenta los resultados de 8 ensayos de fertilizantes en maíz realizados en una área de temporal relativamente uniforme. El propósito de estos ensayos fue el de derivar niveles de fertilización recomendados para los agricultores de la región. Hemos presentado aquí los rendimientos medios obtenidos de tres repeticiones de los experimentos. (Hemos promediado las repeticiones debido a que estos promedios son la mejor estimación del rendimiento que se obtendría en todo el terreno donde se estableció el experimento).

Aunque es obvio que hay una variabilidad considerable en rendimientos y respuestas de rendimiento de un sitio a otro, hemos de posponer una discusión de las implicaciones de esta variabilidad para las decisiones de los agricultores. Por ahora, consideraremos únicamente los *rendimientos promedios* obtenidos de cada tratamiento sobre los ocho sitios, y manejaremos los datos como lo haríamos con un solo experimento. La Fig. 1 suministra una imagen gráfica de la respuesta media de rendimiento resultante del ensayo.

El Cuadro 3 proporciona un formato conveniente para organizar la informa-

Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos

CUADRO 2.  
Rendimiento de maíz por tratamiento de fertilizante para 8 sitios (ton/ha con 14 por ciento humedad).

Sitio	N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	Tratamiento (kg/ha)												Promedio
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150	
1		0,40	1,24	3,63	3,76	0,79	2,58	4,23	4,72	1,67	2,51	3,28	3,66	2,71
2		1,53	2,60	5,14	5,32	1,67	3,79	5,10	6,83	1,41	4,13	5,89	6,27	4,14
3		4,15	4,86	4,80	4,87	4,44	5,00	4,97	5,28	5,12	5,66	6,36	6,62	5,18
4		2,42	3,82	5,23	4,48	2,36	4,54	6,26	7,17	1,61	4,41	5,38	6,58	4,52
5		1,64	1,92	2,08	2,19	2,04	3,21	3,12	2,93	1,44	3,44	3,32	3,62	2,58
6		1,61	2,94	4,14	4,34	1,81	3,92	3,61	3,81	1,18	3,89	5,38	4,92	3,46
7		4,74	5,41	4,29	4,92	4,91	5,22	5,38	5,14	5,10	4,88	4,54	5,28	4,98
8		1,21	2,33	1,97	2,23	1,53	2,78	2,49	2,80	1,37	3,51	3,75	4,35	2,53
Promedio		2,21	3,14	3,91	4,01	2,44	3,88	4,40	4,84	2,36	4,05	4,74	5,16	3,76

ción de presupuesto parcial. Hemos mostrado las elecciones alternativas de nivel de fertilización como encabezados de columna, y hemos listado primero los niveles de rendimiento medio para cada una, seguidos del rendimiento neto después de una reducción de 10 por ciento correspondiente a supuestas pérdidas de cosecha y almacenamiento. El precio del mercado del maíz en esta área es de \$1,200 por tonelada, pero luego de hacer las correcciones por costos de cosecha, costos de transporte y mermas (véase el Capítulo 7), determinamos que el precio de campo del rendimiento adicional es de \$1,000 por tonelada. En la línea 3 se muestra el *beneficio bruto de campo* resultante. Por supuesto los mayores beneficios brutos de campo se obtienen del tratamiento que dá los rendimientos más altos, que en este caso es también el mayor nivel de fertilización.

Al considerar los costos asociados con cada elección, debemos familiarizarnos con la tecnología usada por el agricultor si vamos a determinar cuáles insumos serán afectados por la elección del nivel de fertilización. En esta área, en

CUADRO 3.  
Presupuesto parcial de datos promediados de ensayos de fertilizantes (por hectárea)

Concepto	Tratamiento de fertilizantes (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Kg)											
	0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
(1) Rendimiento promedio (ton/ha)	2,21	3,14	3,91	4,01	2,44	3,88	4,40	4,84	2,36	4,05	4,74	5,16
(2) Rendimiento ajustado (ton/ha)	1,99	2,83	3,52	3,61	2,20	3,49	3,96	4,36	2,12	3,64	4,27	4,64
(3) Beneficio bruto de campo (\$/ha a \$1000/ton)	1990	2330	3520	3610	2200	3490	3960	4360	2120	3640	4270	4640
<i>Costos monetarios variables:</i>												
(4) Nitrógeno (\$8/kg N en el campo)	0	400	800	1200	0	400	800	1200	0	400	800	1200
(5) Fósforo (\$10/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en el campo)	0	0	0	0	250	250	250	250	500	500	500	500
(6) Costos monetarios variables (\$/ha)	0	400	800	1200	250	650	1050	1450	500	900	1300	1700
<i>Costos variables de oportunidad:</i>												
(7) Número requerido de aplicaciones	0	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
(8) Costo por aplicación (2 días a \$25)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	80	50
(9) Costos de oportunidad variables (\$/ha)	0	50	100	100	50	50	100	100	50	50	100	100
(10) Total de costos variables (\$/ha)	0	450	900	1300	300	700	1150	1550	550	950	1400	1800
(11) Beneficio neto (\$/ha)	1990	2380	2620	2310	1900	2790	2810	2810	1570	2690	2870	2840

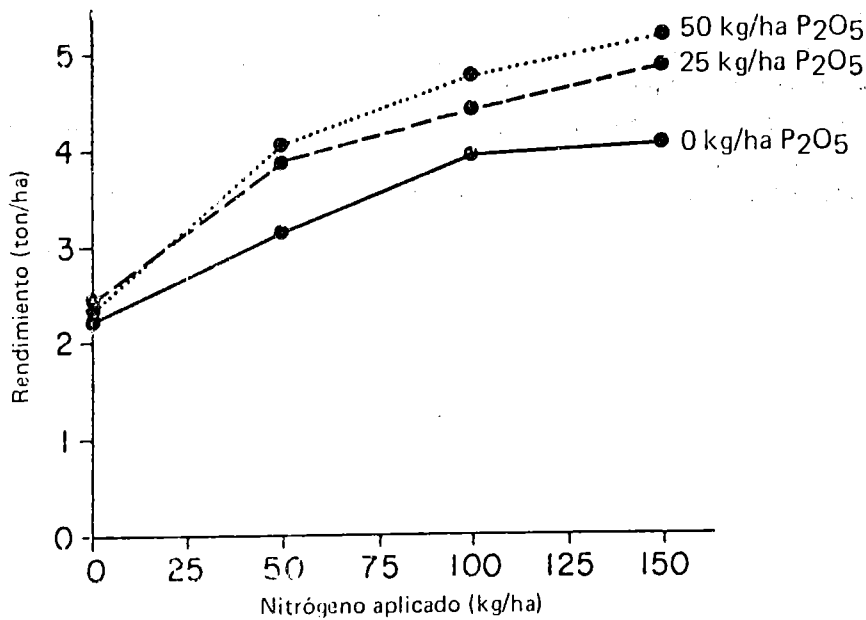


FIGURA 1. Rendimiento promedio de respuesta a nitrógeno.

particular, el método dominante de tecnología de preparación del terreno, es el de arado tirado por animales, en tanto que el fertilizante se aplica a mano. Por consiguiente, los únicos insumos afectados por esta decisión son las cantidades de fertilizantes y la mano de obra requerida para la aplicación (el valor de la mano de obra en la cosecha se ha deducido del precio de campo (véase el Capítulo 7). El precio del nitrógeno en el lugar de compra es de \$5 por kg. de elemento N y el precio del fósforo es de \$7 por kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, pero después de hacer las correcciones para el transporte (véase el Capítulo 6), determinaremos que el precio de campo de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es de \$8 y \$10 por kilo, respectivamente.

En estos experimentos, los niveles de nitrógeno por sobre 50 kg. fueron aplicados en dos dosis, y estimamos que se necesitan 2 días-hombre por hectárea para cada aplicación. Después de visitar a agricultores de la región, calculamos que \$25 por día-hombre es una estimación razonable del valor promedio del tiempo del agricultor, aunque reconocemos que para algunos agricultores del área el costo de oportunidad puede aproximarse a cero, en tanto que para otros podría ser mayor (véase el Capítulo 6). En las líneas 7 y 8 del Cuadro 3, hemos calculado el costo de la mano de obra para cada tratamiento, y en la línea 9 mostramos el total de todos los costos variables asociados con cada tratamiento.

Hemos finalizado la tarea de estimar los beneficios de campo y los costos variables asociados con cada una de las opciones de nivel de fertilización. Pero la tarea de elegir de entre ellas, desde el punto de vista del agricultor, dista de ser completa. Enseguida calculamos los *beneficios netos*, o sea el beneficio bruto menos los costos variables, y los registramos en la línea 11.

El listado del beneficio neto para cada tratamiento, según se muestra en la línea 11 del Cuadro 3, concluye el *análisis de presupuesto parcial de los rendimientos promedios* de estos experimentos. En este punto, se pueda estar

*Formulación de  
recomendaciones a partir  
de datos agronómicos*

tentado a escoger el tratamiento 100-50 como la recomendación de fertilización para esta área. Sin embargo, ésta sería una elección deficiente, porque hasta ahora hemos ignorado algunos aspectos críticos de las circunstancias del agricultor, a saber, escasez de capital, incertidumbre y aversión al riesgo. En los tres capítulos siguientes, consideramos estas circunstancias adicionales y sus efectos sobre nuestra recomendación.

# 3

## ESCASEZ DE CAPITAL Y EL COSTO DEL CAPITAL

En el capítulo anterior tuvimos el cuidado de incluir los costos de todos los insumos que varían con una decisión de producción determinada. Estos costos abarcaron los costos en efectivo de insumos comprados, pero no el costo del capital. Por *capital* entendemos el valor del dinero (propio o prestado) que se invierte en forma de insumos con la esperanza de recuperarlo más tarde. El *costo del capital* pudiera ser un costo directo, como en el caso de una persona que obtiene dinero en préstamo para comprar fertilizantes y debe pagar un interés además del costo del fertilizante. Pudiera ser también un costo de oportunidad, es decir lo que se deja de ganar al no invertir el dinero en su mejor uso alternativo.

En el capítulo anterior sugerimos que el costo del capital puede ser muy importante en las decisiones de los agricultores. Esto se debe a que el costo del capital para uso agrícola es de ordinario muy alto, particularmente en los países menos desarrollados. El interés que cargan los prestamistas locales a menudo se aproxima a un 100 por ciento por año, lo cual puede duplicar el precio de los insumos adquiridos con tales préstamos. Aún en el caso de programas de crédito subsidiados por el gobierno, los cargos por servicio y las primas por aseguramiento pueden dar como resultado tasas de interés mucho más altas que las tasas de interés anunciadas por la institución de crédito. Más aún, la mayoría de los minifundistas poseen muy poco capital propio y les interesa invertir en solamente aquellos insumos que pueden darles las mayores ganancias. Esto significa que el costo de oportunidad del capital, así como su costo directo, es un tanto alto para estos agricultores.

Una manera de incorporar el costo del capital al procedimiento de presupuesto es aumentar el costo de cada insumo en un monto apropiado. Sin embargo, debido a la importancia crítica que tiene la disponibilidad del capital, hemos rechazado este enfoque en favor de otra alternativa. No cargamos costo al capital en el proceso de presupuestado, sino que en lugar de ello consideramos los beneficios netos como una ganancia al capital. Podemos entonces comparar esta tasa de ganancia con la tasa de oportunidad media de ganancia al capital a nivel de finca en el área. Si la tasa calculada de ganancia para una alternativa de producción es mayor que la tasa de oportunidad, podemos entonces juzgar que esta alternativa es deseable desde el punto de vista del agricultor.

Esto nos conduce a la difícil interrogante de cual será la tasa mínima de ganancia aceptable para los agricultores. Consideremos dos agricultores para ver por qué ésta es una pregunta difícil y qué podemos hacer al respecto.

Primero imaginemos un agricultor A que puede obtener un crédito para la producción a través de su cooperativa a banco local. Si él obtiene dinero



para una nueva alternativa de producción, su costo de capital será un costo directo, puesto que él tiene que pagar intereses a una tasa de 12 por ciento al año sobre el préstamo. Dado que el agricultor A obtiene el préstamo a 6 meses solamente el costo será de 6 por ciento de la cantidad en préstamo. Pero también debe pagar un cargo por servicio de 5 por ciento de la cantidad en préstamo. Así, para él, el costo de un préstamo a 6 meses es de 11 por ciento de la cantidad en préstamo.

Ahora, si la alternativa de producción promete una ganancia media de justamente 11 por ciento, el agricultor A no querrá adoptar la alternativa, puesto que después de pagar el costo directo del capital tendrá una ganancia de exactamente cero en beneficios netos. Por ejemplo, supóngase que este agricultor invertirá \$100 en fertilizante y espera un incremento medio de \$11 en beneficios netos. Si él obtiene un préstamo de \$100 de su cooperativa, tendrá que pagar \$11 de intereses y de cargos por servicio además de sus otros costos, y su incremento en beneficios netos se reducirá a cero.

Podemos así concluir que el agricultor A no escogerá una alternativa de producción a menos que la tasa de ganancia sobre capital sea mayor del 11 por ciento, que es el costo directo de su capital. ¿Pero cuánto más? . Esto dependerá en parte del riesgo en la alternativa, el otro factor importante que hasta ahora no hemos incorporado en nuestro análisis. El agricultor A advertirá seguramente que los beneficios netos, según los calculamos en nuestro análisis de presupuesto parcial, se basan en resultados de rendimientos promedio. En algunos años, los beneficios netos derivados de la alternativa que está siendo considerada pueden ser muy bajos. Veremos en el Capítulo 5 una discusión amplia sobre como evaluar este tipo de riesgo, pero debe quedar claro que los agricultores de escasos recursos, no desean arriesgarse a perder el poco capital que tienen.

Debido a esta aversión al riesgo, el agricultor A pudiera no querer aceptar una nueva alternativa de producción, a menos que la ganancia *media* sobre su capital escaso exceda considerablemente al costo directo del capital. Como regla práctica, creemos que la mayoría de los pequeños agricultores no invertirán en alternativas a menos que la ganancia media sea de por lo menos 20 por ciento sobre el costo directo del capital. No pretendemos que ésta sea una estimación de gran precisión, pero es mejor hacer una estimación de un efecto que desdeñarlo por completo. Para las alternativas que no sean muy riesgosas, sabemos que los agricultores estarían dispuestos a aceptar una *prima de riesgo* más pequeña. Para alternativas más riesgosas, estamos seguros de que la prima de riesgo requerida es mucho más alta. Por tanto, a menos que tengamos más información sobre el agricultor A o sobre el riesgo implícito en las alternativas que él está considerando, estimaríamos que él no adoptaría una alternativa a menos que la tasa de ganancia para el rendimiento medio obtenido con la alternativa sea de por lo menos 31 por ciento:

#### Costo de Capital—Agricultor A

Monto del crédito obtenido para fertilizante	\$100
Intereses por 6 meses (12 por ciento /año)	\$ 6
Pago por servicios	\$ 5
Monto total del préstamo	\$111
Costo directo de capital (11/100)	11%
Prima de riesgo	20%
Costo de capital del agricultor A	31%

Consideremos ahora un agricultor B que no obtendrá un préstamo, sino que estará usando sus propios fondos para invertir en tecnologías alternativas. El costo de oportunidad de usar su capital, en una alternativa en particular, es la tasa de ganancia que él podría recibir mediante el mejor uso alternativo de su capital. Pensamos que, en general, una buena estimación de este costo de oportunidad es de 40 por ciento. De nuevo, no atribuimos gran precisión a esta regla práctica, pero es consistente con el comportamiento que hemos observado con los productores de áreas agrícolas desarrolladas y subdesarrolladas. Algunos expertos consideran la cifra de 50 por ciento, e incluso el 100 por ciento, niveles que podrían ser apropiados en algunos casos, particularmente cuando se trata de agricultores de subsistencia de regiones con alta variabilidad de rendimiento.

Para resumir esta larga discusión, hemos argumentado que el costo del capital es muy alto para la mayoría de los agricultores del mundo. Si bien el costo del capital variará de una finca a otra, por regla general pensamos que una tecnología no debe ser recomendada a menos que la tasa de ganancia sobre el capital sea por lo menos de 40 por ciento para el ciclo de cultivo. Cuando el agrónomo posee información específica con respecto al costo del capital, al costo de oportunidad del capital, y al riesgo implícito en las alternativas, el quizás desee usar otras estimaciones. En un capítulo posterior discutiremos más en detalle la medición y las implicaciones del riesgo de las alternativas.

# 4

## EL USO DE CURVAS DE BENEFICIO NETO Y DEL ANALISIS MARGINAL PARA DERIVAR RECOMENDACIONES

En el capítulo 2 explicamos como evaluar elecciones alternativas desde el punto de vista de los beneficios netos promedios para el agricultor. Hemos sugerido que los agricultores no escogerán necesariamente la alternativa con los beneficios netos promedios más altos, debido a la escasez de capital en la agricultura y a los riesgos que pudieran estar asociados con los beneficios netos de una alternativa de producción determinada. En este capítulo reunimos estos conceptos y mostramos como derivar recomendaciones que sean consistentes tanto con la escasez de capital como con los riesgos.

### La curva de beneficio neto

Un instrumento muy conveniente para resumir los resultados de un presupuesto parcial de varias alternativas de producción, es la curva de beneficio neto. Esta curva muestra la relación entre los costos variables de cada alternativa y los beneficios netos promedios obtenidos. Podemos describir mejor esto al dibujar la curva de beneficio neto a partir de los experimentos de fertilizantes anotados antes.

En la Fig. 2, hemos representado cada uno de los tratamientos de fertilizantes a partir del Cuadro 3, de acuerdo con el beneficio neto y los costos variables de cada tratamiento. A un lado de cada uno de los 12 puntos representados mostramos, entre paréntesis, los niveles de nitrógeno y de fósforo. Parece evidente, observando los puntos representados, que algunas de las alternativas de tratamientos serían difícilmente escogidas por algún agricultor. Por ejemplo, los tratamientos de solamente fosfato (0-25 y 0-50) tienen rendimientos netos menores que el tratamiento testigo (0-0), pero los costos variables asociados son de \$300 y \$500 por hectárea. Es improbable que algún agricultor escoja estas alternativas cuando podría recibir un mayor beneficio neto con un costo variable de cero. Lo mismo se aplica a los tratamientos 100-0 y 50-50. Los beneficios netos promedios de estos tratamientos son menores que los del tratamiento 50-25 y éste tiene un costo variable menor. A los niveles de fertilizantes como 0-25, 0-50, 100-0 y 50-50 les llamamos *alternativas dominadas*, porque para cada uno de ellos existe otra alternativa con un mayor beneficio neto y un menor costo variable. En circunstancias normales nunca esperaríamos que un agricultor escogiera alguna de estas alternativas dominadas.

Hemos unido con una línea sólida las opciones no dominadas. Esta línea sólida es la *curva de beneficio neto*. Dos aspectos deben destacarse de esta curva de beneficio neto. El primero es que la curva se eleva abruptamente al principio, luego más suavemente hasta alcanzar el máximo, y enseguida comienza a decaer.

Esto es importante porque nos muestra claramente que se pueden reducir los costos considerablemente a partir del punto de beneficios netos máximos con poca reducción en los beneficios netos. Dicho de otro modo: esto muestra que las ganancias obtenidas al aplicar pequeñas cantidades de fertilizantes son mucho más grandes que las obtenidas en aplicaciones adicionales de mayores cantidades de fertilizantes.

El segundo aspecto interesante de la curva de beneficio neto es la forma entre el punto 0-0 y el punto 50-25. Los dos segmentos de línea sólida caen por debajo de la línea punteada que conecta estos dos puntos, en tanto que normalmente esperaríamos que una curva de respuesta a fertilizante, o una curva de beneficio neto, cayera por sobre la línea punteada. En otras palabras, de ordinario esperamos que estas curvas comiencen abruptamente y que la pendiente decaiga gradualmente a medida que aumenta la aplicación de insumos. La irregularidad de la curva que observamos aquí, se pudiera deber a una interacción entre el nitrógeno y el fósforo a bajos niveles de fertilización, o pudiera deberse a que los datos analizados no son representativos. (Aún cuando éstos son los resultados combinados de muchos ensayos).

Cualquiera que sea la causa de esta forma poco usual, son claras las implicaciones para futuros experimentos. No hay seguramente razón para llevar a cabo posteriores ensayos con costos que excedan los \$650, puesto que parece evidente que los beneficios netos aumentan poco o nada por encima de dicho punto. Por otra parte, la intuición sugiere que *podiera* haber algunos tratamientos de fertilizantes que darían como resultado puntos por sobre la línea punteada entre 0-0 y 50-25. Puesto que pareció haber una importante interacción entre

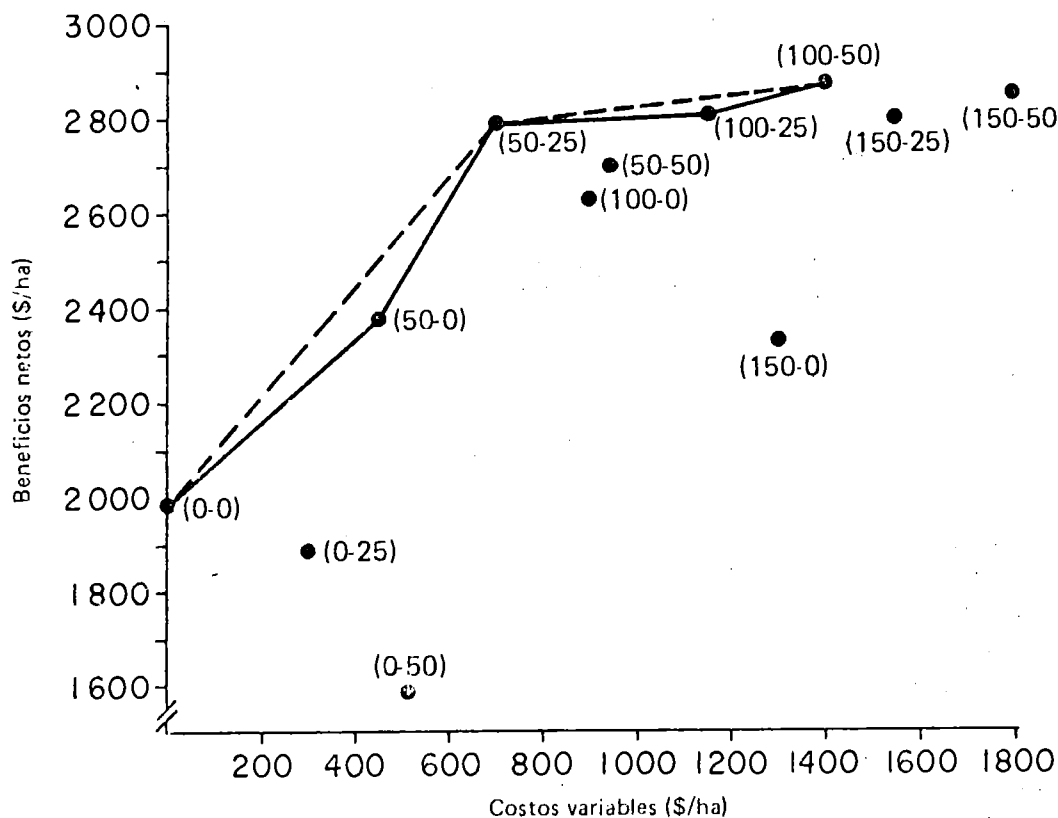


FIGURA 2. Curva de beneficios netos para el ensayo de fertilización. Los números entre paréntesis representan kg/ha de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente.

N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, parecería razonable experimentar más a fondo con tratamientos que cuestan entre \$300 y \$500, tales como 40-15, 30-15, 25-25, etc. Estos tratamientos pudieran dar como resultado el descubrimiento de puntos por encima de la línea punteada. Si así fuera, éstos serían tratamientos que reducen aún más los costos para el agricultor, sin reducir apreciablemente los beneficios netos.

#### Análisis marginal de beneficios netos

Hemos observado que la curva de beneficio neto para los datos de fertilizantes se eleva rápidamente al principio y luego más lentamente hasta un máximo. Hemos encontrado que éste es el caso de la mayoría de las curvas de beneficio. Ello implica que la tasa de retorno a la inversión en las primeras unidades de fertilizante, es mucho más alta que el retorno a las unidades adicionales requeridas para lograr el beneficio neto máximo. Al observar la Fig. 2 uno se siente tentado a concluir que no muchos agricultores estarían dispuestos a invertir más de \$700 por hectárea en fertilizantes (para 50 kg. de N y 25 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), puesto que los primeros \$700 suministran un aumento de beneficios netos de unos \$800, en tanto que los segundos \$700 dan un incremento del beneficio neto de solamente \$80. Para explorar estas observaciones con más detalle, necesitamos introducir el concepto de análisis marginal.

El propósito de análisis marginal es el de revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece. El *beneficio neto marginal* es el incremento en beneficio neto que se puede obtener de un incremento dado de la inversión. En el ejemplo de los fertilizantes, el beneficio neto marginal de los \$450 invertidos en 50 kg de N (la inversión productiva más pequeña que se incluyó) es de \$390. El próximo incremento posible de inversión es gastar \$250 adicionales en 25 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (llevándolos al tratamiento 50-25). El beneficio neto marginal de este incremento en gastos es de \$410. La *tasa marginal de retorno* para un incremento determinado, es el beneficio marginal neto dividido entre el costo marginal (incremento en gastos). Así la tasa marginal de retorno para los primeros \$450 de gasto será:

$$\frac{2380 - 1990 = 390 = \text{beneficio neto marginal}}{450 - 0 = \text{costo marginal}} = 0.87 = 87\%$$

La tasa marginal de retorno para los segundos \$450 de gasto será:

$$\frac{2790 - 2380 = 410 = \text{beneficio neto marginal}}{700 - 450 = 250 = \text{costo marginal}} = 1.64 = 164\%$$

Si el lector reflexiona un poco, verificará que la tasa marginal de retorno es la misma que la pendiente de la curva de beneficio neto. Según la forma de la curva resulta claro que la tasa marginal de retorno para gastos por encima de \$700 por hectárea es muy pequeña.

Es posible hacer un análisis marginal de los datos de fertilización analizados sin hacer referencia a la curva de beneficios netos. El primer paso es listar todas las alternativas de *mayor a menor* beneficio neto. Hemos tomado la información del Cuadro 3 para elaborar dicha lista según se muestra en el Cuadro 4. El paso siguiente es proceder de arriba hacia abajo de la lista, para identificar y eliminar las alternativas dominadas. Por ejemplo, el segundo beneficio más alto se obtiene con el tratamiento 150-50. Pero el costo variable de este tratamiento es mayor que el costo variable del tratamiento

CUADRO 4.  
Análisis de dominancia de datos de respuesta a fertilizantes.

Beneficio neto (\$/ha)	Tratamientos (kg/ha)		Costo variable (\$/ha)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
2870	100	50	1400
2840	150	50	1800
2810	100	25	1150
2810	150	25	1550
2790	50	25	700
2690	50	50	950
2620	100	0	900
2380	50	0	450
2310	150	0	1300
1990	0	0	0

inmediato superior que tiene asociado un mayor beneficio neto. Así, es dominado, y se puede eliminar (según se indica con *itálicas*). Revisando la lista hacia abajo, eliminamos cualquier tratamiento que tenga un costo variable igual o mayor que el del tratamiento inmediato superior. Así, nos quedan cinco alternativas no dominadas, que son, por supuesto, las mismas representadas por la curva sólida de beneficio neto de la Figura 2.

Para proceder con el análisis marginal, tomamos esas cinco alternativas del Cuadro 4 y las ponemos en el Cuadro 5. Entonces calculamos y presentamos el costo marginal, el beneficio neto marginal y la tasa de retorno marginal para cada incremento de gasto. Comenzando desde abajo, el costo marginal del primer incremento es de \$450, el beneficio neto marginal es de \$2,380 – 1,900 = \$390, y la tasa de retorno marginal es, por lo tanto  $390/450 = 0.87$  ó 87 por ciento. El costo marginal del segundo incremento es \$700 – \$450 = \$250, el beneficio marginal es \$2,790 – \$2,380 = \$410, y la tasa de retorno marginal es  $410/250 = 164$  por ciento. El siguiente incremento en gasto es de 50 kg adicionales de nitrógeno por \$450 y el retorno de sólo 4 por ciento, pero el siguiente incremento en 25 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tiene una tasa de retorno marginal al 24 por ciento.

Pero la pregunta sigue: ¿Qué nivel de gastos promedio escogería el agricultor, si él dispusiera de toda esta información? Antes hemos afirmado que, como

CUADRO 5.  
Análisis marginal de tratamientos de fertilización no dominados (por hectárea).

Beneficio neto (1)	Tratamiento		Costo variable (2)	Cambio con respecto al beneficio próximo superior		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Incremento marginal en beneficio neto (3)	Incremento marginal en costo variable (4)	Tasa de retorno marginal (5)
(a) \$2870	100	50	\$1400	\$ 60	\$250	24%
(b) 2810	100	25	1150	20	450	4
(c) 2790	50	25	700	410	250	164
(d) 2380	50	0	450	390	450	87
(e) 1990	0	0	0	—	—	—

Ejemplos del cálculo: La cantidad en (4a) es la que figura en (2a) menos la cantidad en (2b). También (3a) = (1a) – (1b) y (5a) = (3a)/(4a).

regla general, los agricultores no querrán hacer una inversión a menos que la tasa de retorno sea de por lo menos 40 por ciento por ciclo de cultivo. Por consiguiente, en general, los agricultores estarían dispuestos a invertir tanto los primeros \$450 para el tratamiento 50-0 como los \$250 adicionales para 25 kg de  $P_2O_5$ , puesto que ambos incrementos tienen tasas de retorno bastante por encima del 40 por ciento. Pero los agricultores, en general, no estarían interesados en invertir más allá de esas cantidades. Es evidente que 4 por ciento no es una tasa de retorno muy atractiva, aunque el 24 por ciento podría serlo para algunos agricultores. Si un agricultor saltara de 50-25 a 100-50 (dos incrementos a la vez), la tasa de retorno sería de  $80/700 = 11.4$  por ciento. Esta tampoco es una buena tasa de retorno, y es dudoso que muchos agricultores quisieran hacer tal inversión. Así, usando este enfoque de análisis marginal, podemos realizar una recomendación de fertilización de 50 kg de N/ha y 25 kg de  $P_2O_5$ /ha porque estamos seguros que cumple con los requerimientos del agricultor.

Pero hay otras preguntas que se deben plantear antes de que el agrónomo pueda quedar satisfecho con lo adecuado de esta recomendación. La primera pregunta se refiere a si la tasa de 40 por ciento es adecuada para el costo del capital. Supóngase, por ejemplo, que los agricultores dentro del dominio de recomendación bajo estudio tienen acceso a un programa de crédito del gobierno con interés de 8 por ciento por el ciclo de cultivo. En este caso el costo del capital puede encontrarse añadiendo al costo directo el 20 por ciento de prima por riesgo. En el ejemplo de fertilización, este cambio no justificaría aumentar el uso de fertilizante ya que el próximo incremento en capital posee una tasa de retorno menor que 28 por ciento. No obstante, siempre es posible que una reducción en el costo del capital justifique un aumento en el nivel recomendado de fertilizante.

La segunda pregunta se refiere al riesgo asociado con la recomendación 50 kg N/ha y 25 kg  $P_2O_5$ /ha en relación con la alternativa de no fertilizar o con la de recomendar por ejemplo el tratamiento 100-50. Si hay alternativas que tienen un riesgo asociado no muy alto, es posible que muchos agricultores estarían dispuestos a aceptar una tasa de retorno menor que el 40 por ciento.

Dado que este análisis de presupuesto parcial y el análisis marginal realizado, requieren cierto esfuerzo para llevarlos a cabo, es útil revisar cual ha sido la ganancia de esta inversión en esfuerzo. Si la recomendación elegida se hubiera basado simplemente en los rendimientos máximos, el tratamiento elegido habría sido 100-50 con un gasto asociado de \$1,400/ha. Pero el análisis marginal ha mostrado claramente que el retorno asociado con los segundos \$700 de gasto es bastante reducido; al reducir el gasto por hectárea de \$1400 a \$700, el beneficio neto se reduce en solo \$80/ha. Aunque el rendimiento asociado con la recomendación 50-25 es más de 1 ton/ha menor que el rendimiento máximo alcanzable, el análisis realizado muestra claramente que es en el interés del agricultor no tratar de producir el máximo.

Antes de continuar con este tema, es conveniente puntualizar el error que se hubiera cometido por no usar el análisis marginal. Se determinó que la tasa de retorno a la inversión de capital requerida para pasar del tratamiento 50-25 al 100-50 fué del 11 por ciento. Pero cuál es la tasa de retorno promedio para el total de \$1,400 ( $700 + 700$ ) requerida para el tratamiento 100-50? El beneficio neto es \$880 mayor que para el tratamiento testigo, entonces la tasa de retorno promedio es  $\$880/\$1400 = 63$  por ciento.

Dado el criterio de 40 por ciento, esta tasa parece ser suficiente para garantizar la recomendación. Pero el análisis marginal muestra que si bien el agricultor

obtendría una tasa del 63 por ciento de retorno por la inversión, el estaría de hecho recibiendo 114 por ciento por la inversión de los primeros \$700 y sólo 11 por ciento por los segundos \$700.

Claramente ambos, el técnico y el agricultor, estarían dejando de lado una importante consideración analítica si adoptaran la recomendación 100-50 sobre la base de una tasa promedio de retorno de 63 por ciento que parece ser muy buena. La consideración de los cambios marginales coloca al técnico en una situación mucho mejor en el arte de formular recomendaciones.



## 5 VARIABILIDAD EN LOS BENEFICIOS NETOS E IMPLICACIONES PARA LAS RECOMENDACIONES

Hemos explicado anteriormente que los agricultores no sólo se interesan en los beneficios netos promedios, sino que también se preocupan por mantener los riesgos de producción dentro de límites razonables. Esto es especialmente cierto en agricultores cercanos al nivel de subsistencia.

Este panorama del agricultor tiene implicaciones importantes para el agrónomo. Hace que su trabajo sea *más* difícil y *menos* difícil. Su trabajo se torna más difícil porque él no puede contentarse con recomendaciones que prometen maximizar los beneficios netos promedio. De alguna manera, tiene que incorporar variabilidad. Su trabajo se torna más fácil porque las diferencias en las actitudes hacia el riesgo encontradas de un agricultor a otro hacen imposible recomendaciones generales precisas. Dado esto, el agrónomo que intenta hacer recomendaciones no necesita acumular volúmenes de datos en su esfuerzo por ser preciso, aunque son muy útiles los datos tomados por varios años en varios lugares.

En cualquier caso, decimos esto porque si la aversión al riesgo es importante para el agricultor, la variabilidad en los rendimientos y beneficios netos debe ser importante para el agrónomo. Si éste no lo toma en cuenta, pone en peligro la utilidad de su propio trabajo. *No* estamos diciendo que el cuidado y la atención puestos a los ensayos no son importantes. Son singularmente importantes. Más bien, queremos decir que debido al papel desempeñado por la aversión al riesgo y debido a la variabilidad, existe un límite sobre cuán precisas se pueden hacer las recomendaciones. En este sentido, el exceso de precisión puede ser una mera pretensión.

¿Qué clase de variabilidad debe preocupar al agrónomo? Es la variación que ocurre en los beneficios netos aún cuando administremos el mismo tratamiento. Esta clase de variación surge de varias fuentes que se pueden agrupar bajo dos encabezados: 1) variabilidad en el rendimiento y 2) variabilidad en el precio. El propósito de este capítulo es el de discutir estas fuentes de variabilidad y sus implicaciones al formular recomendaciones.

### Fuentes de variabilidad en el rendimiento

Hemos dicho que no podemos asegurar al agricultor que un tratamiento determinado brindará un cierto nivel de beneficios netos. De hecho, ni siquiera podemos asegurarle que un tratamiento determinado llevará a un cierto rendimiento. Es la variación en rendimiento lo que trataremos en esta sección.

¿Qué es lo que tenemos? Tenemos al agrónomo que realiza experimentos, de ordinario en la estación experimental, pero algunas veces en las parcelas de los agricultores. El agrónomo desea luego hacer recomendaciones que sean consistentes con las circunstancias de los agricultores. (Recuérdese que si las recomendaciones no son consistentes con las circunstancias de los agricultores, el productor no las aceptará, serán en vano los esfuerzos del agrónomo).

Los rendimientos que los agricultores obtengan con un tratamiento en particular, diferirán del rendimiento del tratamiento, o aún del rendimiento promedio, que el agrónomo obtendrá. Hay varios factores que originan este comportamiento. Uno es la variación de un sitio a otro. Esto surge porque las circunstancias físicas de un sitio difieren de las del sitio (o sitios) del agrónomo de manera importante, o porque el clima de un sitio difiere del que prevalece en el sitio del agrónomo también de manera importante.

Una segunda fuente de variación es la variación registrada de un año a otro. Lo que era exactamente la recomendación correcta en un lugar y en un año pudiera no ser la exactamente correcta, ni aún próxima a la correcta, en otro año debido a la diferencia en clima (lluvia, temperatura, etc.).

Como ejemplos de estos dos tipos de variaciones, véanse los datos presentados en el Cuadro 6. Se trata de los datos de los ensayos de fertilizantes discutidos antes en el Cuadro No. 2. Aunque no lo mencionamos, los datos de los cuatro primeros ensayos representan un año y los de los segundos cuatro ensayos representan otro año. Compárese ahora el ensayo 1 con el ensayo 2. Hemos mantenido constantes los precios al computar los beneficios netos en el cuadro, de manera que la variación de un ensayo a otro representa variación en rendimiento. Se puede ver que ningún tratamiento simple dió el mismo rendimiento en un ensayo que en otro. Esa es la variación de sitio a sitio.

Compárese ahora el ensayo 1 con el ensayo 5, dos ensayos realizados en el mismo sitio pero en diferentes años. (También se puede comparar el 2 con el 6, el 3 con el 7, ó el 4 con el 8). Estas comparaciones muestran que ningún tratamiento en particular dió los mismos rendimientos en el mismo sitio en los dos años considerados. Esa es la variación de un año a otro.

Estas dos clases de variación hacen imposible pronosticar lo que un tratamiento en particular rendirá en un lugar, según los datos de un lugar diferente, o predecir qué pasará en un sitio dado en un año, basado en datos de otro año. Los agrónomos saben que esa variación existe. Los agricultores también lo saben.

El escéptico se puede desesperar al intentar decir cualquier cosa acerca de los rendimientos que el agricultor obtendrá con tratamientos alternativos, aún

CUADRO 6.  
Beneficios netos por tratamiento y por sitio (\$/ha).

Sitio	N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	Tratamientos de fertilizante (kg/ha)											
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
		0	0	0	0	25	25	25	25	50	50	50	50
1		360	670	2370	2080	410	1620	2660	2700	950	1310	1550	1490
2		1380	1890	3730	3430	1200	2710	3440	4600	720	2770	3900	3840
3		3740	3920	3420	3030	3700	3800	3320	3200	4060	4140	4320	4160
4		2180	2990	3810	2730	1820	3390	4480	4900	900	3020	3440	4120
5		1480	1280	970	670	1540	2190	1660	1090	750	2150	1590	1460
6		1450	2200	2830	2610	1330	2830	2100	1880	510	2550	3440	2630
7		4270	4420	2960	3130	2120	4000	3690	3080	4040	3440	2690	2960
8		1090	1650	870	710	1080	1800	1090	970	680	2210	1980	2120
Promedio		1990	2380	2620	2310	1900	2790	2810	2810	1570	2690	2870	2840

cuando se tengan muy buenos resultados de una serie de ensayos realizados en parcelas de agricultores. Si bien ese escepticismo es saludable, no necesita conducir a la desesperación.

Supongamos por el momento que los ocho tratamientos son representativos del tipo de variación que un agricultor determinado, o los agricultores de un área, podrían esperar del tratamiento aplicado. Es decir, si el agricultor fuera a aplicar (50-25) los beneficios que podría esperar en su finca en un año dado están representados por la fila de beneficios bajo (50-25) del Cuadro 6. Nótese que el mayor beneficio es de \$4,000 y el menor es de \$1,620, una amplia gama de variación con un promedio de \$2,790. Más importante todavía, nótese que ningún tratamiento en particular es consistente al dar los beneficios netos más altos.

Hay todavía otra fuente de variación en los rendimientos con la cual deben familiarizarse los agrónomos. Esa es la clase de variabilidad que emerge de los agricultores que combinan tratamientos agronómicos con otras prácticas que difieren de las que usa el agrónomo en sus experimentos. Bien se sabe que el agrónomo mantiene más control sobre el ambiente del cultivo que el agricultor. Esto ocurre aún cuando el agrónomo trabaja en parcelas de agricultores. Se dá más cuidado a la época y densidad de siembra, al control de malezas (los herbicidas se usan más en los ensayos que en siembras de agricultores) y al control de insectos y enfermedades.

Son muchas las razones de las diferencias en la intensidad de manejo. En algunos casos se debe a que los agricultores no conocen las técnicas. Más a menudo, sin embargo, se debe a que los agricultores no podrían asignar tanto tiempo, cuidado y dinero a sus siembras como lo hace el agrónomo en sus experimentos. Independientemente de las razones, debido a estas diferencias, los rendimientos obtenidos por un agricultor usando un tratamiento determinado en un terreno determinado y en un año determinado pueden ser diferentes del rendimiento que obtendría un agrónomo en el mismo terreno y el mismo año. Más aún, debido a que la intensidad de manejo varía de un agricultor a otro, diferentes agricultores obtendrán también diferentes rendimientos con el mismo tratamiento, aún si todo lo demás es lo mismo.

Desafortunadamente parece no haber una regla sencilla para incorporar estas diferencias de manejo en el análisis. Sólo se puede decir que dichas diferencias pueden afectar considerablemente los niveles de rendimiento. Los efectos de borde, por ejemplo, pueden tener un efecto substancial sobre el nivel absoluto de rendimiento. Los ensayos del CIMMYT en los que se han comparado parcelas chicas con parcelas grandes sugieren que el rendimiento de parcelas chicas deben reducirse en un 20 por ciento para compensar con respecto a los efectos de borde.

En todo caso, los agrónomos obtendrán mayores rendimientos y mayores beneficios netos implícitos que los agricultores. Algunos especialistas sugieren que los rendimientos deben reducirse de un 20 a un 30 por ciento, para compensar el manejo más intenso dado a los experimentos.

Pero éste no es todo el problema. Las prácticas de manejo pueden causar cambios en el orden de posición de los experimentos. Los datos, por ejemplo, de un ensayo realizado por el programa de trigo del CIMMYT muestran que, si la población de avena silvestre es controlada (digamos, con aspersiones) la variedad Jupateco, de 100 cm de altura, supera en rendimiento a la variedad de trigo duro Anhinga que es más alta. Sin embargo, si la población de avena silvestre es bastante densa, ocurre lo contrario. Ambos rendimientos declinan pero el del trigo duro disminuye bastante menos. O tómese el ejemplo de densidad

de siembra y fertilizantes en maíz. Con altas densidades de plantas un tratamiento de fertilizantes en particular puede dar mayores beneficios netos que una aplicación menos intensa. A menores densidades, sin embargo, lo contrario puede ser cierto.

Estos ejemplos se pueden multiplicar muchas veces y son útiles para puntualizar que todavía existe esta tercer fuente de variabilidad. También llaman la atención del agrónomo sobre la necesidad de familiarizarse con las prácticas usuales de los agricultores antes de organizar los experimentos. Y no sólo familiarizarse, sino que debe tratar de entender por qué las prácticas que interactúan fuertemente con sus recomendaciones (avena silvestre y variedades de trigo, o densidad de siembra y fertilizantes en maíz) se han tornado usuales, y luego ver si éstas pueden ser cambiadas a través de sus propias actividades.

Hay una fuente más de variabilidad que podríamos discutir pero realmente no es necesario. Se trata de la variabilidad que ocurre entre las repeticiones, a menudo llamada "error experimental" aunque mejor denominada "variabilidad dentro de sitios". Esta señala que los terrenos no son homogéneos. Los agricultores lo saben y tienden a pensar en términos de todo el campo. Cuando las diferencias son realmente notables, los agricultores tienden a hacer dos parcelas o más donde tenían una. En cualquier caso, no necesitamos considerar la variación dentro de sitios como otra fuente de variaciones.

Hay entonces, tres fuentes de variabilidad de rendimiento que debemos reconocer cuando intentamos pronosticar cuáles serán los rendimientos de los agricultores, con base en datos de ensayos. Estos son:

1. Variabilidad de un sitio a otro bajo las mismas condiciones de manejo;
2. Variabilidad de un año a otro bajo las mismas condiciones de manejo;
3. Variabilidad a nivel de manejo en un sitio determinado en un año dado.

**Ajuste de recomendaciones con respecto a variabilidad de rendimiento (análisis de retorno mínimo).**

En el análisis de beneficios netos del capítulo anterior, consideramos solamente los rendimientos medios para cada uno de los tratamientos. En este capítulo hemos puntualizado las fuentes de variabilidad de los rendimientos, y examinado la variabilidad de los beneficios netos que resultó de la variabilidad de rendimientos en los datos de fertilización. Ya hemos sugerido un procedimiento para incorporar la aversión al riesgo al proceso de derivar recomendaciones. Este fué el de añadir una "prima de riesgo" de 20 por ciento a los costos directos de capital. Esto se debe a que los agricultores desean proporcionarse un margen de protección de manera que en años malos tengan mayores probabilidades de pagar sus préstamos y cumplir con sus compromisos, o mayores probabilidades de recibir beneficios netos positivos si están empleando su propio dinero.

Pero la idea de una prima de riesgo de 20 por ciento es una regla sencilla general. Pudiera haber nuevas alternativas tecnológicas improbables de ofrecer retribuciones tan bajas o más bajas que la tecnología tradicional en el transcurso de varios ciclos. En este caso, los agricultores probablemente escogerían una prima de riesgo más pequeña (todavía querrán alguna prima de riesgo, puesto que cualquier nueva empresa es en cierto modo riesgosa). Por otra parte, una nueva alternativa pudiera ser mucho más riesgosa que las alternativas tradicionales. Esto será cierto cuando la nueva opción reclame un inversión cuantiosa y haya probabilidades de que el cultivo fracase, en cuyo caso no sólo se perderá el cultivo sino también la inversión.

Para examinar los riesgos relativos de "desastre" entre las alternativas, usamos el análisis de retorno mínimo. De todos los sitios experimentales disponi-

bles tomamos los peores, 25 por ciento o un porcentaje similar, de los resultados de cada tratamiento. Una comparación de estos resultados peores nos dará alguna idea del riesgo relativo de los diversos tratamientos. Si la práctica recomendada (a partir del análisis marginal) parece ser muy poco más riesgosa que la práctica corriente del agricultor, entonces se puede estar más confiado de que esta recomendación es buena para el agricultor. Si, por otra parte, la práctica recomendada ofrece resultados "peores" que el resultado más pobre de las prácticas corrientes del agricultor, entonces será necesario reconsiderar la recomendación usando un costo de oportunidad del capital mayor que el 40 por ciento. El nivel exacto dependerá del riesgo relativo observado, pero primas de riesgo del 50 por ciento ó aún del 100 por ciento (añadidas al costo directo del capital) podrían representar en forma realista las circunstancias de los agricultores.

Un análisis de retorno mínimo como éste no tendrá sentido a menos que haya por lo menos cinco o seis experimentos. Será también engañoso a menos que *todos* los sitios experimentales (o de demostración) sean incluidos en el análisis. Es práctica común abandonar ensayos agronómicos si el clima u otros factores dañan el sitio a un grado tal en que el agrónomo quede satisfecho de que no observa diferencias significativas de rendimiento entre tratamientos. Así, si se siembran 20 sitios, pudiera ser que cinco se abandonen debido a la sequía, inundación, ataques severos de plagas o enfermedades, u otros factores. Es común trabajar con los resultados de los 15 ensayos "exitosos". Pero esto es un error, porque el agricultor debe aceptar resultados exitosos y no exitosos. Es tan importante para el agrónomo conocer qué resultados obtendrá el agricultor en circunstancias desfavorables como lo es conocer los resultados en circunstancias favorables.

Por tanto, es muy importante para el agrónomo considerar muy cuidadosamente las razones por las cuales se abandonó un sitio en particular. Si la causa es un error obvio por parte del agrónomo (digamos que aplicó el agroquímico inadecuado o que destrozó las plantas con una máquina), entonces el sitio se podría omitir apropiadamente por no ser representativo de las circunstancias de los agricultores. De otro modo, los datos se deben incluir como representativos de las circunstancias de los agricultores. En algunos casos, no se podrán obtener datos de rendimiento de tal sitio, aun cuando se incluya a éste el análisis. Esta es una situación infortunada, pero si acaso ocurre, el agrónomo debe suponer que los rendimientos de todos los tratamientos fueron iguales, y por ello los beneficios netos para los tratamientos no-testigos serán menores que los beneficios netos de la parcela testigo por la cantidad de los costos variables. Esta es una medida razonable de los peores resultados que los agricultores podrían esperar de un tratamiento determinado (la pérdida de los costos variables).

La elección del peor retorno neto por considerar no es del todo satisfactoria. Debido al azar, este nivel de retorno puede ser bastante más bajo que el resto de los resultados. Más aún, el agricultor puede sobrevivir un mal resultado, si los otros son relativamente más favorables. Así que además del peor resultado posible, es útil observar el promedio del 25 por ciento de los peores resultados de cada tratamiento.

En el Cuadro 7 mostramos el peor retorno neto de los ocho sitios para cada tratamiento (tomados del Cuadro 6). Para esta serie de experimentos tenemos suerte, puesto que el tratamiento que escogimos usando análisis marginal (50-25) es también el tratamiento que tiene el mayor retorno neto entre las peores ocho situaciones (\$1,620). Por consiguiente, un agricultor preocupado por los retornos netos bajos ocasionales, no podría escoger un tratamiento mejor que el 50-25.

CUADRO 7.  
Beneficios netos mínimos de 8 sitios (\$/ha).

Beneficio neto	N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	Tratamientos de fertilizante (kg/ha)											
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
(a) Primero mas bajo		360	670	870	670	410	1620	1090	970	510	1310	1550	1460
(b) Segundo mas bajo		1090	1280	970	710	1080	1800	1660	1090	680	2150	1590	1490
(c) Promedio		725	975	920	690	745	1710	1375	1030	595	1730	1570	1475

Nota: (a) Esta hilera muestra el beneficio neto promedio mas bajo (o el peor) para cada tratamiento de fertilizante y para los ocho sitios experimentales; (b) esta hilera muestra el segundo beneficio neto promedio mas bajo; (c) esta hilera muestra el promedio de los dos beneficios netos promedios mas bajos.

La última columna del Cuadro 7 muestra las retribuciones netas promedio para los dos peores resultados de cada tratamiento. De nuevo, el tratamiento 50-25 seleccionado antes, ofrece el promedio más alto, (50-50 brinda un promedio que es \$20 mayor pero esta no es una diferencia importante para el agricultor).

Este análisis de beneficios netos mínimos ha suministrado una prueba con respecto al riesgo relativo del tratamiento escogido mediante el análisis marginal en comparación con otras alternativas. En este caso, el tratamiento previamente elegido tiene menos riesgo que los otros, así que parece ser una buena elección para quienes tienen aversión al riesgo. Con frecuencia, sin embargo, la alternativa seleccionada por el análisis marginal será inferior a otros en retorno mínimo. En tal caso, el agrónomo necesitará estimar la importancia de la aversión al riesgo en los agricultores para quienes está haciendo la recomendación, antes de que decida alterar o no la recomendación debido a los resultados del análisis de retorno mínimo.

Es oportuno otro comentario con respecto a los retornos mínimos netos logrados con un tratamiento en particular. Ocasionalmente algo falla en un experimento, y una o más de las repeticiones de un tratamiento pudieran tener rendimiento muy bajo *en relación* con otras repeticiones u otro tratamiento. Si éste es el caso, esa cifra del rendimiento pudiera dar como resultado un retorno "peor" para ese tratamiento y eso sería engañoso. Por lo tanto, al examinar el conjunto de resultados en cuadros como el Cuadro 7, uno debe sospechar de cualquier retribución neta que difiera mucho de otros retornos netos para ese tratamiento y de retornos netos para otros tratamientos. Habrá que consultar el libro de campo para determinar si acaso un factor exógeno estaba disminuyendo los rendimientos nada más que para una de las parcelas de tratamientos.

#### Variabilidad de precios y análisis de sensibilidad

Al hacer un presupuesto parcial, pudieran no estimarse con precisión los precios o los costos. Esto es especialmente cierto en los precios estimados para el producto y para la mano de obra. Las variantes de un año a otro y de un agricultor a otro en precios pagados o recibidos son factores que de alguna manera deben ser considerados.

Con los precios de los productos, a veces uno se siente tentado a usar los precios de garantía. Todos sabemos, sin embargo, que los precios recibidos por los agricultores en sus mercados pueden diferir de los precios de garantía, a menudo son más bajos. Por ello es fundamental saber cuánto es lo que los agricultores reciben en realidad. Aún más, pudiera haber error en los precios de los productos debido a la variabilidad no anticipada de un ciclo a otro o de un año a otro.

Puede haber error en el precio de la mano de obra debido a que algunos agricultores tendrán un costo de oportunidad mayor o menor para su tiempo que otros agricultores.

Las implicaciones de tales errores de precios pueden o no ser serias. Afortunadamente es de ordinario fácil determinar si éste es el caso. Esto se puede hacer mediante una técnica llamada *análisis de sensibilidad*. El objeto de este procedimiento es variar el precio del producto (o de la mano de obra) dentro de límites razonables de la estimación original, para determinar si el orden de alternativas es afectado.

Para demostrar esta técnica, la aplicamos a la cuestión de si los errores al estimar precio de mano de obra podrían obtener un efecto importante en nuestro ejemplo de la recomendación de fertilización. Viendo de nuevo el Cuadro 5, podemos notar que de los cinco tratamientos listados, los dos primeros tratamientos requieren cuatro días extra de trabajo, los dos segundos requieren dos días extras de trabajo, y el último —la parcela testigo— no necesita de mano de obra extra.

Usando el precio de mano de obra previamente establecido, \$25 por día, el tratamiento 100-50 tiene un beneficio neto de \$80 más que el tratamiento 50-25. Nótese, sin embargo, que si incrementáramos el precio de campo de la mano de obra a \$65 por día, ambos tratamientos retribuirían más o menos el mismo beneficio. Hemos señalado ya que la alternativa 100-50 no ofrece un beneficio neto extra suficiente para garantizar un gasto extra en fertilizante sobre el 50-25. Para los agricultores cuyo precio de campo de mano de obra es de \$65 ó más, no ofrecería de modo alguno un incremento en los beneficios netos. Esta es una razón para ser reacios a recomendar 100-50, aún cuando tenga el beneficio neto estimado más alto. La estimación del beneficio neto es sensible a nuestra estimación del precio de campo de la mano de obra.

Comparando 50-25 con 0-0 podemos determinar que para cualquier precio de campo de mano de obra arriba de \$212 por día, la primera alternativa continuaría ofreciendo un alto beneficio neto. En vista de que esto está muy por encima de nuestra estimación, podemos estar seguros de que errores en la estimación del precio de campo de la mano de obra no afectarán nuestra recomendación de 50-25.

Supóngase ahora que nos interesa saber si cambios de hasta 20 por ciento en el precio del maíz afectarían la recomendación de fertilización. Se podría completar todo el análisis de presupuesto usando de nuevo precios de campo de \$800 y \$1,200 por tonelada, pero esto no es realmente necesario. Sabemos que si los precios del maíz aumentan, los retornos para todos los niveles de fertilización se incrementarán, y el interrogante de interés principal es si el retorno del tratamiento 100-50 se incrementará lo suficiente para garantizar su recomendación a los agricultores más pobres. Dado un precio de campo de \$1,200 por tonelada, el beneficio neto para 100-50 se incrementaría de \$2,870 a \$3,724.

	a un precio de campo de \$1,200		a un precio de campo de \$800	
	50-25	100-50	0-0	50-25
beneficio bruto de campo	\$4188	\$5124	\$1592	\$2792
costos variables	<u>- 700</u>	<u>-1400</u>	<u>- 0</u>	<u>- 700</u>
beneficio neto de campo	\$3488	\$3724	\$1592	\$2092
beneficio marginal neto	\$236			\$500
tasa marginal de retorno	34%			71%

El beneficio neto de 50-25 sería de \$3,488, y la tasa de retorno por el fertilizante extra sería de  $236/700 = 34$  por ciento, o sea mayor que el 24 por ciento al precio anterior. Este es casi una retribución lo suficientemente alta para garantizar su recomendación a los agricultores. Si hubiese una buena oportunidad de que prevaleciera un precio de campo de \$1,200 ó más desearíamos reconsiderar la recomendación.

A un precio de campo del maíz de \$800, por otra parte, la cuestión reside en si 50-25 sigue siendo lo suficientemente redituable para recomendarse. A este precio de campo, el incremento en el beneficio neto sobre la parcela testigo es de unos \$500, por debajo de \$800 al precio anterior, y la tasa de retorno baja de 114 por ciento ( $800/700$ ) a 71 por ciento ( $500/700$ ). Esto es todavía adecuado para garantizar la recomendación de 50-25.

Así, el resultado de este análisis de sensibilidad del precio del maíz es que la recomendación para la mayoría de los agricultores no cambia para precios del maíz dentro del 20 por ciento de nuestra mejor estimación del precio que fue de \$1,000 por tonelada, aunque sí cambiaría para precios que excedieran a los \$1,200. El análisis de sensibilidad, con respecto al precio del maíz y al precio de la mano de obra, ha fortalecido nuestra confianza de que la recomendación de 50-25 será buena para los agricultores, aún si los precios difieren a partir de lo que esperamos.



# 6

## MÁS SOBRE ESTIMACION DE COSTOS

En el Capítulo 2 discutimos los procedimientos generales para computar beneficios brutos y costos variables, pero no entramos en detalles acerca de los problemas y procedimientos involucrados al estimar costos y beneficios. El propósito de éste y del siguiente capítulo es el de discutir con más detalle la forma de hacer estas estimaciones, y suministrar listas de referencia que pueden ayudar a asegurar que no se pasen por alto costos o beneficios significativos.

La primera tarea al estimar costos es identificar cuáles conceptos de insumos cambian de alguna manera de un tratamiento a otro. Estos insumos se denominan *insumos variables*. Incluyen cambios en agroquímicos, semilla, cantidad o tipo de mano de obra, y cantidad o tipo de maquinaria. La segunda tarea es determinar el *precio de campo* de este insumo, es decir: el costo monetario o costo de oportunidad por unidad del insumo.

### Identificación y medición de los insumos variables

Para identificar cuáles insumos son afectados por las alternativas incluídas en un experimento, el agrónomo debe familiarizarse con las prácticas locales así como con las prácticas empleadas en el experimento. Esto es importante porque a menudo acontece que las prácticas del agricultor dentro del dominio de recomendación son muy diferentes de las prácticas experimentales. El agrónomo debe entonces preguntarse cuál de las operaciones de pre cosecha que usarían los agricultores pudiera diferir en cualquier aspecto de un tratamiento a otro. (Los costos de cosecha y postcosecha se pueden deducir más convenientemente del precio de campo del producto, según lo discutimos en el siguiente capítulo). Enseguida se da una lista de referencias que puede considerar:

#### *Preparación del terreno*

¿Es el mismo para todos los tratamientos?

#### *Siembra*

¿Se usa la misma semilla en todos los tratamientos?

¿Se emplea la misma cantidad de semilla?

¿Es la misma la técnica de siembra?

#### *Deshierbes/labranzas*

¿Hay razón para pensar que la cantidad de tiempo requerida para esta operación diferirá de un tratamiento a otro?

¿Es la misma la técnica para todos los tratamientos?

*Deshije*

- ¿Se requiere para todos los tratamientos?
- ¿Es la misma la cantidad de tiempo requerida?
- ¿Lo hacen los agricultores?

*Aplicación de pesticidas y fertilizante*

- ¿Son estas prácticas idénticas para todos los tratamientos?

Si las prácticas para las operaciones anotadas arriba no son idénticas para todos los tratamientos, hay que considerar entonces cuáles de los siguientes tipos de insumos podrían ser afectados por las diferencias, y en qué magnitud.

*Agroquímicos— (fertilizante, insecticida, herbicida)*

- ¿Difieren en tipo o cantidad?

*Semilla*

- ¿Difiere en tipo o cantidad?

*Equipo*

- ¿Se necesita el mismo tipo de equipo?
- ¿Se necesita la misma cantidad de tiempo de operación del equipo?

*Mano de obra*

- ¿Cuánto difiere la mano de obra debido a distintas operaciones de deshierbe, deshierbe, riego, densidad de siembra, preparación del terreno, etc.?
- ¿Varía significativamente la mano de obra requerida con el tipo o cantidad de semilla o el fertilizante aplicado?
- ¿Difiere entre tratamientos *el tipo* de mano de obra requerida?

Para insumos tales como tiempo de equipo y mano de obra, es de ordinario difícil estimar las diferencias para cada tratamiento. La información acerca del uso de mano de obra en las parcelas experimentales no es muy útil debido al tamaño pequeño de las parcelas y a la posibilidad de que los agricultores usen diferentes técnicas. La mejor manera de obtener esta información es visitar a diferentes agricultores. Cada uno dará su propia opinión con respecto al tiempo requerido para las diversas operaciones, pero una cifra que se aproxime al promedio de estas opiniones constituirá una buena estimación. Una vez que se han identificado los *insumos variables* para cada operación y que se han estimado sus cantidades, algunas veces es útil registrarlos de una manera ordenada, tal como en las primeras tres columnas del Cuadro 8. Decimos que algunas veces, porque en experimentos relativamente sencillos como ensayos de fertilizantes, sólo los fertilizantes y la mano de obra utilizados son insumos variables, y se pueden registrar directamente en un cuadro de presupuesto total como el del Cuadro 3. Pero para experimentos con un mayor número de insumos variables tal como el de un ensayo de demostración de paquetes tecnológicos, un cuadro como el número 8 será muy útil para organizar la información sobre *costos de campo*. Las diferencias en costos de campo de un tratamiento a otro serán entonces determinadas con rapidez mediante la comparación de hileras "totales" del cuadro para cada tratamiento.

Hasta ahora hemos discutido solamente la identificación y medición de los insumos variables, las primeras tres columnas del Cuadro 8. Vayamos ahora a algunas consideraciones relacionadas con la estimación del costo de cada una de ellas.

Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos

CUADRO 8.  
Estimación de costos variables de campo para un tratamiento en particular (por hectárea).

Operación	Insumo	No. de unidades	Costo de campo (\$/ha)				Costo total
			Monetario		de oportunidad		
			Precio por unidad	Costo	Precio por unidad	Costo	
Siembra	semilla	15 kg	1	15	—	—	15
	mano de obra	2 días	—	—	25	50	50
Fertilización	N	50 kg	8	400	—	—	400
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25 kg	10	250	—	—	250
	mano de obra	2 días	—	—	25	50	50
Total de costos variables				665		100	765

#### Determinación del costo de campo de insumos comprados

¿Cómo se determina el *precio de campo* de insumos que se adquieren y usan durante el ciclo? (Esto incluirá conceptos tales como semilla, pesticidas, fertilizantes y agua de riego). Es necesario concurrir a los locales de menudeo o a los sitios donde los agricultores tengan que adquirir el insumo, y verificar el precio al menudeo del tamaño o cantidad apropiada del insumo.

Luego, hay que encontrar de qué manera los agricultores llevan el insumo a la finca. En el caso de insumos no voluminosos, como insecticidas y herbicidas, el insumo puede ser llevado por la persona, de modo que los costos de transporte son insignificantes. Pero éste no es el caso para los fertilizantes ni, tal vez, para la semilla. Generalmente el agricultor tiene que rentar un camión o tal vez utilizar tracción animal para llevar el insumo a su parcela. Si así ocurre, hay que añadir un cargo por transporte al precio de menudeo. Si el agricultor paga a otros por transportarle el insumo, no es difícil determinar cuáles son los costos normales por este concepto. Si él mismo lo transporta, se podría incluir el costo de oportunidad por su propio tiempo y por su propio camión. Al presupuestar para los agricultores en general, habrá que guiarse por la práctica que seguirá la mayoría de los agricultores.

En algunas situaciones, el agricultor seleccionará semilla de su cosecha anterior, más que comprarla. Esta semilla tendrá un costo, puesto que el productor dispone de otras alternativas para ella. En general, el costo de oportunidad de esta semilla debe ser el precio de mercado local, menos los costos de transporte y mercadeo, más el costo de almacenamiento y de tratamiento al grano (si acaso se hace).

#### Determinación del precio de campo del equipo

Algunos tratamientos o alternativas pudieran implicar el uso de equipo de mano pequeño que no posee la mayoría de los agricultores, en tanto que otros tratamientos no lo requieren. Si la mayoría de los agricultores tiene el equipo o el implemento, entonces el costo puede pasarse por alto, puesto que no será afectado por la decisión. Si la mayoría de los agricultores deben comprar el implemento (digamos una aspersora o una espolvoreadora), hay que derivar entonces un *precio de campo* por hectárea por su uso.

El precio al menudeo del equipo es el punto de partida apropiado al determinar el *precio de campo* por hectárea por su uso. Para obtener un costo prorrateado por hectárea de uso, se puede dividir primero el precio al menudeo entre el período de vida útil aproximada del implemento (en años). Esto da un costo

anual prorrateado, que luego debe dividirse entre el número promedio de hectáreas por año sembrado por los agricultores del área para obtener un precio por hectárea prorrateado del implemento.

Supóngase por ejemplo, que estamos considerando recomendar un herbicida, el cual es aplicado con una bomba de aspersión que cuesta \$500. Se estima que la mayoría de los agricultores podría usar la bomba durante 5 años y que el tamaño promedio de la parcela es de 5 has. Es posible entonces calcular el costo por hectárea de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \$500/5 \text{ años} &= \$100 \text{ por año} \\ \$100/5 \text{ has.} &= \$20 \text{ hectárea y por año.} \end{aligned}$$

En pocos casos el agrónomo estará considerando alternativas que difieren en el uso de implementos tirados por tractor o tal vez pequeños implementos autopropulsados. El procedimiento anterior se puede utilizar también para este tipo de equipo, pero hay otros factores involucrados en el costo, tales como los precios de reparación y de combustible, y la posibilidad de que el equipo tenga otros usos en las fincas. Así, para estos implementos grandes, es mejor buscar el consejo de un ingeniero agrícola o de un economista agrícola que estén familiarizados con las técnicas mecánicas y de costos.

El enfoque anterior para estimar el precio de campo del equipo puede parecer demasiado simple y es cierto que podrían emplearse técnicas de costos más elaboradas. Pero en realidad no se puede esperar mucha precisión al estimar estos costos, puesto que pueden variar ampliamente de un agricultor a otro. Y es mucho mejor emplear un método simple de estimar los costos que soslayarlos del todo.

Los lectores perceptivos pudieran haber notado que no hemos incluido cargos de intereses en este procedimiento para determinar el precio de campo de implementos. Esto se debe a que estamos usando la tasa de retorno sobre el capital como criterio de decisión (Capítulo 4).

#### Determinación del precio de campo de la mano de obra

Para agricultores que contratan mano de obra para sus operaciones, el *precio de campo* de la mano de obra será la tasa de salario para los trabajadores en el área, más el valor de pagos no monetarios ofrecidos como la comida o el almuerzo. (El valor de tales pagos no monetarios pueden no ser triviales. En algunas regiones de Pakistán por ejemplo, el valor del almuerzo representa un cuarto del salario). Hay dos problemas al utilizar este precio. En primer lugar, pudiera ser que la mayoría de los agricultores para quienes se dirigen las recomendaciones no empleen mano de obra contratada y que hagan el trabajo ellos mismos mediante la mano de obra familiar. En segundo lugar pudiera ser que una operación, aplicación de herbicida por ejemplo, es de naturaleza tan crítica que el agricultor no confie en nadie más sino sólo en sí mismo para realizarla.

En los lugares donde los propios agricultores o sus familiares desempeñan en general el trabajo, debemos usar el concepto de costo de oportunidad para determinar el *precio de campo* de la mano de obra. El costo de oportunidad representa el valor que se deja de percibir para hacer el trabajo y por tanto representa un costo real. Por ejemplo, si los agricultores dejaran un día su empleo en la ciudad para hacer el trabajo extra, estarían dejando de percibir el salario de un día, y este costo de oportunidad es tan real como si estuvieran pagando a alguien más por hacer el trabajo.

Como mencionamos antes, pudiera ser que el trabajo extra es requerido en

una época crítica para el cuidado de algún otro cultivo, como el tabaco o algodón. Si el tomarse un día del cultivo más importante da como resultado una reducción en el ingreso de ese cultivo, entonces la pérdida es el costo de oportunidad de la mano de obra. De nuevo, se trata de un costo muy real, aún cuando no involucra dinero directamente.

Es correcto utilizar el principio del costo de oportunidad como el enfoque para estimar el precio de campo de la mano de obra, pero ¿cómo se puede descubrir el costo de oportunidad para el agricultor promedio a quien se va a hacer la recomendación? El punto de partida es el salario agrícola prevaleciente durante el ciclo de cultivo en el área, que se puede determinar al hablar con varios agricultores. No es extraño encontrar que el salario es más alto durante algunos períodos que otros.

Se recurre entonces a la familiaridad que uno tiene con las prácticas de cultivo que se llevan a cabo en el área, para determinar si se necesitará mano de obra extra en una época cuando la mano de obra familiar se encuentra totalmente ocupada, o si esto ocurrirá en una época cuando probablemente se disponga de suficiente mano de obra libre. Si la mano de obra extra se necesita durante un período de relativo desempleo, sugerimos un costo de oportunidad del 50 al 75 por ciento del salario prevaleciente. Esto se debe a que el agricultor tendrá la oportunidad, si así lo desea, de trabajar fuera de su finca, en cuyo caso él podría percibir el salario prevaleciente para el ciclo. Pero dado que él tiene alguna dificultad de obtener empleo fuera de la finca, y puesto que probablemente prefiere trabajar para sí mismo, la mayoría de los agricultores estarán dispuestos a trabajar en su finca por algo menos que dicho salario.

Hemos sugerido la cifra de 50-75 por ciento, pero éste es por supuesto una estimación gruesa de valores que probablemente varían de una finca a otra. Debemos advertir al lector para que no se sorprenda del posible hecho de que el agricultor se siente en la sombra sin hacer nada si no tiene trabajo extra que desempeñar. Porque si hubiera empleos, y él elige no tomarlos, ésta es una evidencia que valora más su tiempo de ocio que la cantidad que podría obtener al trabajar. Por supuesto, si no hay empleos fuera de la finca, podría ser que para la mayoría de los agricultores el costo de oportunidad de su tiempo se aproximara mucho a cero. En este caso, el costo de oportunidad de la mano de obra se puede fijar aún más bajo pero en ningún caso se puede poner a nivel de cero.

Por otra parte, si la mano de obra extra se necesita durante una época muy ocupada, cuando hay probabilidades de que el agricultor gane más en otra empresa, sugerimos entonces usar un costo de oportunidad de alrededor del 125 por ciento de la tasa de salario prevaleciente para ese ciclo. Si bien el costo de oportunidad del tiempo del agricultor puede ser más que esto, él siempre tiene la oportunidad de contratar trabajadores que le ayuden. Puesto que siempre hay molestias para hacer esto, el costo real de contratar la mano de obra sería mayor que la tasa prevaleciente, y por ello sugerimos la cifra de un 125 por ciento. (Si bien el agricultor ocupado pudiera en realidad no contratar la mano de obra, el hecho de que no lo haga así indica que él no piensa que el valor de la mano de obra en los usos opcionales merezca estar en más del 125 por ciento de las tasas de salario).

Resumiendo lo que hemos dicho acerca del *precio de campo* de la mano de obra, puntualizamos que el salario agrícola prevaleciente (incluyendo almuerzos, etc) en el área, por el ciclo del año en cuestión, es el punto de partida para estimar el precio de oportunidad de la mano de obra. Si los agricultores para quienes se hacen las recomendaciones estuvieran muy

ocupados en esta época del año, entonces sugerimos una cifra de 125 por ciento del salario (para ese ciclo) como el costo de oportunidad. Si se esperara que los agricultores no estén ocupados del todo en la época en cuestión, sugerimos una cifra de 50-75 por ciento del salario para el ciclo. En el capítulo 5 describimos una manera de ver cuan importante es el precio de campo estimado de la mano de obra al identificar el tratamiento que se vaya a recomendar.

#### Determinación del costo del capital

La tasa de retorno (de oportunidad) es el concepto que usamos para estimar el costo del uso del capital, y aunque no lo empleamos al calcular costos de campo, lo usamos para derivar recomendaciones según se describe en el capítulo 4. Consideremos entonces cómo se pudiera estimar la tasa de retorno de oportunidad.

Supóngase que un análisis de presupuesto parcial de una inversión de \$100 por hectárea en fertilizante muestra un beneficio neto promedio de \$25 por hectárea. Esta es una tasa de retribución de 25 por ciento por seis meses. Necesitamos ahora estimar la tasa de retorno de oportunidad sobre el capital si habremos de decidir si este 25 por ciento es satisfactorio o no.

Si los agricultores obtuvieran dinero en préstamo para financiar la inversión, la tasa de interés que debe pagar sobre el préstamo es la primera aproximación a la tasa de oportunidad. Pero no hay que desdeñar los cargos por servicio y las primas de seguro asociados con los préstamos aunque no incluidos en la tasa de interés. Estos cargos a menudo cuestan más que los intereses, y por ello duplican la tasa de interés real que el agricultor debe pagar. Igualmente, hay que considerar que la tasa de interés por el préstamo es expresada en por ciento por año, en tanto que el período de inversión en fertilizantes puede ser de sólo seis meses. Tal vez con un ejemplo podemos mostrar mejor la manera de considerar estos factores.

Supóngase que el agricultor puede obtener del banco agrícola un préstamo para comprar esos \$100 de fertilizante. La tasa de interés anual es de 12 por ciento, hay un cargo de \$5 por servicio y una prima de \$10 por seguro en el préstamo. El banco hace el préstamo por \$121 discriminado como sigue:

\$100	costo de fertilizante
x0.12	tasa de interés por año
\$ 12	cargo anual por intereses
x0.5	fracción de año
\$ 6	cargo por intereses

\$100	costo de fertilizante
6	cargo por intereses
5	cargo por servicios
10	prima de seguro agrícola
\$121	

Pero el banco entregará al agricultor solamente los \$100 de fertilizante y cobrará al agricultor \$121 al final de los 6 meses. El costo de esta inversión de capital (o simplemente el costo del capital) se encuentra dividiendo el total de cargos entre el monto del préstamo recibido:

$$21/100 = 0.21 = 21\% \text{ costo del capital}$$

La tasa efectiva sobre el préstamo que este agricultor paga es 21 por ciento por seis meses (42 por ciento por año). La inversión en fertilizante retribuye 25

por ciento por seis meses (un total de \$125), más que suficiente para pagar el préstamo *si no hubiese incertidumbre* acerca de la retribución sobre el fertilizante. Pero la mayoría de los agricultores requerirían una prima de riesgo de 15 por ciento ó más por sobre el interés efectivo del préstamo para tener un margen de seguridad de ingreso dados los riesgos de la producción. Esto incrementará la tasa de 21 por ciento a 36 por ciento. La tasa de retorno de 25 por ciento sobre esta inversión en fertilizante probablemente no sería suficiente para muchos agricultores. A mayor incertidumbre de rendimiento y precio, se requerirá una mayor retribución sobre los costos del préstamo para convencer al agricultor de que invierta. Para inversiones en fertilizantes en áreas ecológicamente pobres, la prima de riesgo podría ser probablemente del orden del 20 por ciento.

Consideremos ahora a aquellos *agricultores que invertirán su propio dinero* en fertilizantes. La tasa de retorno (de oportunidad) sobre su propio capital es: (1) la tasa a la cual podrían prestar a otros su dinero (con riesgos comparables, como la inversión en fertilizante), ó (2) la tasa que podrían obtener al invertir en empresas alternativas con riesgo similar. Desafortunadamente es mucho más fácil pensar en estas dos tasas que medirlas. Sin embargo, nuestra experiencia con agricultores de escasos recursos en muchas regiones del mundo sugiere que las tasas de interés locales (privadas) son generalmente muy altas, hasta de un 100 por ciento como mencionamos antes, y que las oportunidades de inversión en fincas prometen generalmente tasas de retorno de 40 por ciento y más. Así, hemos sugerido una cifra de 40 por ciento (por ciclo de cultivo) como la tasa mínima de retorno de oportunidad. Donde la variabilidad de los retornos es alta, la cifra debe ser mayor, digamos un 50 por ciento o tal vez más. En áreas donde los prestamistas son activos, la tasa de interés para estos préstamos se puede usar como tasa de retorno de oportunidad.

Resumamos lo que hemos dicho acerca de cargos por capital y tasas de retorno. No hemos cargado el costo de uso de capital para insumos en nuestro enfoque de presupuesto parcial. Más bien, hemos calculado beneficios netos como un porcentaje de los costos variables, y hemos comparado esta tasa con la tasa de retorno de oportunidad para determinar si es suficientemente grande para garantizar el riesgo involucrado en la empresa. Donde se dispone ampliamente de créditos para financiar la inversión, la tasa de retorno debe ser de alrededor de un 20 por ciento *por sobre la tasa efectiva* de interés por el préstamo para inversiones con riesgo promedio. Cuando los agricultores financian la inversión con su propio dinero, hemos sugerido un costo de oportunidad en el uso de capital de 40 por ciento por ciclo de cultivo para inversiones con riesgo promedio.

### Resumen

Hemos presentado muchos detalles que se deben considerar al estimar costos variables. Estos detalles pueden parecer tediosos, pero dejarán de parecerlo una vez que el agrónomo los incorpore en su manera de pensar sobre el valor que tiene su investigación para los agricultores. Los detalles son importantes. Si no se reconocen todos los costos importantes asociados con cada tratamiento, las recomendaciones no tendrán fundamento. Así, para ayudar al agrónomo a identificar estos costos importantes, ofrecemos la siguiente lista de verificación.

*Lista de verificación para estimar costos de campo**6/ Más sobre estimación  
de costos*

1. Identifíquense todas las operaciones que serán realizadas de manera diferente de tratamiento a tratamiento, entre las que figuran:
  - a) preparación de la tierra
  - b) siembra (densidad, técnica, semilla)
  - c) deshierbes/labranzas
  - d) deshije
  - e) aplicación de pesticidas y fertilizantes
  - f) otras
2. Para cada una de estas operaciones, anótese cuáles insumos son diferentes y estimense las cantidades requeridas, incluyendo:
  - a) insumos químicos —(fertilizantes, insecticidas, herbicidas del tipo correcto).
  - b) semilla —(tipo y cantidad requeridos)
  - c) equipo —(tipo y cantidad requeridos)
  - d) mano de obra
  - e) otros
3. Determinése el precio de campo de cada uno de los insumos anotados arriba.
  - a) insumos comprados
    - 1) precio al menudeo (para el tamaño o cantidad apropiadas)
    - 2) costos de transporte
  - b) equipo
    - 1) precio al menudeo
    - 2) promedio de años de servicio
    - 3) hectareaje promedio para los agricultores del área
  - c) mano de obra
    - 1) salario agrícola prevaleciente durante el ciclo relevante
    - 2) período de empleo pleno o período de relativo desempleo
  - d) capital
    - 1) tasa efectiva de interés sobre el préstamo si generalmente se dispone de préstamos
    - 2) información sobre tasas de interés en préstamos privados.



# 7

## MAS SOBRE ESTIMACION DE BENEFICIOS

El capítulo 2 presentó un panorama de cómo se pueden estimar los beneficios y costos de las recomendaciones alternativas. Esto se basa en un procedimiento conocido como presupuesto parcial. En el presente capítulo se desarrollarán más de cerca algunos de los problemas que pueden surgir al estimar beneficios, particularmente la identificación de fuentes de beneficios y la asignación de valores a los beneficios. Se incluye también una lista de verificación para quienes se enfrentan al problema de estimar beneficios.

### Identificación y estimación de beneficios

Al iniciar la discusión, hay que recordar lo que se señalaba al principio acerca de la necesidad de tomar todos los factores relevantes. Lo que ello significa para este capítulo es que el agrónomo debe identificar todos los factores que:

1. tengan un valor positivo para el agricultor
2. que cambian de un tratamiento a otro

Volvamos al ejemplo de producción de maíz presentado en el Capítulo 2. El maíz tiene valor para el agricultor y los datos presentados en el Cuadro 1 muestran que los rendimientos de maíz cambian a medida que cambia la aplicación de fertilizantes. Obviamente entonces, la producción de maíz se debe identificar como una de las fuentes de beneficios.

Se puede preguntar si debiéramos distinguir entre el maíz vendido y el maíz consumido en la finca. Pudiéramos considerar que las ventas suministran ingreso pero no el maíz consumido en la finca, de aquí que sólo el maíz vendido sea fuente de beneficios. Resulta claro que la anterior es una visión demasiado estrecha, puesto que el maíz empleado en la finca tiene valor para satisfacer necesidades nutricionales. Desde luego, también tiene valor potencial en el mercado: se le puede vender por dinero y éste se puede emplear para adquirir algunas otras cosas que satisfagan las necesidades de alimentos para la familia y de forraje para el ganado. Queremos entonces valorar la producción total de maíz, sea vendido o consumido en la finca. Debemos anotar aquí que el maíz se puede utilizar de tres maneras en la finca: como semilla como forraje para el ganado y como alimento humano.

Nos queda ahora el problema de valorar el maíz producido.

Una primera aproximación al valor, pudiera ser el precio en el mercado. Pero sabemos que el agricultor no puede quedarse con todo lo que recibe al poner su maíz en el mercado. Debe deducir ciertos costos asociados con el proceso que

transcurre desde la cosecha de su maíz en el campo—el punto físico el cual el agricultor toma decisiones agronómicas—a su puesta en el mercado.

¿Cuáles costos deben deducirse? Según se podrá suponer, hay varias maneras de tratar esto. *La regla que seguimos es la de deducir del precio del mercado todos aquellos costos que variarán directamente con la cantidad de maíz producida.* Para ver cuáles son estos costos, supóngase que el rendimiento fue de cero toneladas por hectárea. Luego, no hay costos de cosecha, ni de almacenaje, ni de encostado, ni de transporte del grano hacia el mercado. Alternativamente, para una cosecha de dos toneladas por ha., el costo de cosecha, desgrane, almacenaje, encostado y transporte de dos toneladas es casi exactamente el doble del costo para una cosecha de una tonelada. Estos costos—cosecha, desgrane, almacenaje, encostado y transporte—son entonces los costos que varían en forma proporcional con la producción y se pueden deducir convenientemente del precio del mercado. El valor remanente es el *precio de campo* del maíz. Antes de continuar, conviene señalar específicamente lo que queremos decir por precios del mercado. Estos *no son* los precios al menudeo en los centros urbanos, sino los precios que los agricultores *reciben* en los mercados en donde ellos hacen las ventas. Ahora, dado que estos precios varían en el curso del año, es una buena idea obtener un precio promedio. Alternativamente, si el agrónomo quiere ser conservador, él puede usar el precio poco después de la cosecha. De nuevo, el precio que habría de emplearse *no es* necesariamente el precio oficial. Todos conocemos casos en que los precios pagados a los agricultores han sido más altos o más bajos que los precios oficiales. Queremos conocer el precio que percibirá el agricultor que toma las decisiones, cualquiera que éste sea.

Se puede preguntar por qué el costo de deshierbe por ejemplo, no se deduce también del precio del mercado. Esto se debe a que el costo del deshierbe *no es* una proporción constante de los rendimientos como lo son los costos a que nos referimos antes. Es esta distinción la que hace diferir los conceptos que se pueden abstraer del precio del mercado de aquéllos que se pueden tratar mejor separadamente.

Antes de continuar con la estimación de estos costos, nótese que hemos actuado como si todo el maíz fuera transportado al mercado y vendido, aún cuando sabemos que a menudo una buena porción del maíz se consume en la finca; no obstante esto no producirá mayor diferencia en nuestro análisis en tanto estemos comparando una manera de producir maíz con otra (según se ilustra en el ejemplo). Si estuviéramos comparando una manera de producir maíz con una manera de producir, por ejemplo, algodón, y si algo de maíz fuera consumido en la finca—fuese allí producido o no—, quisiéramos entonces separar el maíz vendido del maíz usado en la finca y asignar diferentes valores a cada uno. Sin embargo, para los propósitos de este manual, no necesitamos introducir esa complicación. Podemos decir, de modo general, que el valor del producto consumido en el hogar es un tanto mayor que el precio del mercado.

Regresando a los costos, se recordará que el capítulo anterior trató acerca de los costos monetarios y de los costos de oportunidad. Necesitamos hacer lo mismo aquí. Considérese el siguiente Cuadro 9.

Si los pagos se hacen en efectivo—para comprar costalera, para rentar desgranadoras o trilladoras, para el transporte—entonces uno necesita solamente consignar el costo por tonelada para cada actividad. Si se contempla que una o varias actividades van a ser desempeñadas con mano de obra familiar, el concepto de costo de oportunidad debe utilizarse otra vez. En el ejemplo hemos supuesto que la familia del agricultor cosecha el maíz. De nuevo, todos estos

costos se deben consignar por tonelada. Si, por ejemplo, un día de trabajo se valora en \$25 y si un trabajador puede cosechar en un día 0.3 toneladas, el costo por tonelada será de  $\$25/0.3 = \$83.30$ .

El almacenaje requiere de una consideración especial. Los conceptos que figuran en los costos son fumigantes e insecticidas, junto con el costo de construcción del espacio que ocupa el grano. Es probable que el costo de almacenar el grano sea pequeño en términos por tonelada. Lo incluimos para tener completo el análisis y porque, si bien pequeño, es mayor que cero.

Las pérdidas de almacenamiento introducen una posible complicación en el cálculo de los costos proporcionales. Supongamos que el costo de cosechar y almacenar 1 tonelada de grano es de \$135 ( $= 83 + 17 + 35$ ) y que 20 por ciento del grano se pierde durante el almacenamiento. Luego, el costo por tonelada de grano que queda después del almacenamiento será  $\$135/0.8$  toneladas ó \$169/tonelada y no \$135/tonelada. Las pérdidas de almacenamiento del 20 por ciento han incrementado los costos proporcionales en un 25 por ciento. En aquellas situaciones en las que las pérdidas de almacenamiento puedan ser elevadas, una corrección debe ser hecha para ajustar los costos proporcionales tal como en el ejemplo.

La deducción de costos proporcionales del precio de mercado del maíz da el *precio de campo* del maíz,  $\$1,200 - 200 = 1,000$ . A groso modo, éste es el precio que el agricultor recibirá por una tonelada de maíz en el campo. Nótese cuán más bajo es que el precio del mercado. Este es casi siempre el caso y no puede soslayarse su importancia.

Es tiempo ahora de reconsiderar el problema de identificar fuentes de valor que variarán entre los tratamientos opcionales. El maíz para grano se ha discutido arriba. ¿Varía alguna otra cosa? Desde luego que sí: varía la producción de rastrojo. Si el rastrojo tiene un valor como acontece a menudo, entonces su beneficio bruto de campo debe también estimarse.

El procedimiento para estimar el beneficio bruto de campo para el rastrojo es exactamente igual que el que se sigue para estimar el valor del grano. Primero debe estimarse la producción y deducirse las pérdidas anticipadas para obtener la producción ajustada. Cada paso bosquejado arriba se sigue entonces para estimar los costos. Por supuesto, la "cosecha" se torna en "corte", el desgrane se torna en "empacado" y parece probable que los costos de almacenaje y encostalado son virtualmente nulos. La cosa importante que se debe recordar, sin embargo, es considerar cada actividad potencial—¿habrá que deducir el "picado?"— y luego seguir el procedimiento bosquejado para estimar los costos proporcionales por tonelada de procesamiento del rastrojo del campo al mercado.

Una vez que se estima el costo proporcional por tonelada, todo lo que queda por hacer es sustraer esa cifra del precio del mercado para obtener el *precio*

CUADRO 9.  
Asignación de costos (por tonelada) para actividades proporcionalmente relacionadas con cosecha y mercadeo.

	Monetarios	De Oportunidad	Totales
Cosecha	—	\$83	\$83
Desgrane/trilla	\$17	—	17
Almacenaje	35	—	35
Encostalado	25	—	25
Transporte	40	—	40
Costos proporcionales por tonelada	117	83	200

de campo y luego multiplicar el precio de campo por la producción ajustada. El resultado es el *beneficio bruto de campo* del rastrojo. Al sumar ambos beneficios —el del grano y el del rastrojo— se tiene el *beneficio bruto de campo* del tratamiento.

Ahora, es improbable que los cálculos para maíz o trigo muestren beneficios potenciales de más de dos fuentes, grano y rastrojo. Para otros cultivos o para cultivos asociados bien podrían surgir más de dos fuentes de beneficios. De nuevo, el procedimiento para tratar cada fuente potencial de beneficios es el mismo que el procedimiento descrito antes para el caso del maíz.

### Tenencia

Hasta ahora, nuestra discusión simplificada ha supuesto que el agricultor que toma las decisiones, a quien se dirigen nuestro presupuesto y recomendaciones, es el dueño—operador de su finca. Sin embargo, en muchas comunidades rurales, especialmente en los países en desarrollo, un número considerable de agricultores son medieros. La forma de tenencia varía mucho de un país a otro y de una región a otra. Una situación no poco común consiste en un terrateniente y un mediero que comparten la cosecha de acuerdo con alguna fórmula, y el mediero suministra todos los insumos que se compran tales como fertilizantes, semillas, etc. Si suponemos (como se ha hecho comúnmente) que el agricultor mediero desea obtener tanta ganancia como pueda, entonces los arreglos de reparto de cosecha pueden ejercer una influencia muy importante en la elección de prácticas.

Para demostrar la importancia de este punto, supondremos que la recomendación de fertilizante para el maíz, discutida previamente, será puesta en práctica para agricultores medieros quienes pagan todos los costos de los insumos, pero reciben solamente la mitad de la producción. Debemos pues, calcular los beneficios netos para estas condiciones. Para el tratamiento 0-0 por ejemplo, los beneficios netos serían  $0.995 \text{ ton} \times \$1,000 = \$995$  exactamente la mitad de lo calculado previamente. Para el tratamiento 50-25 el beneficio neto sería:

1.745	tons
X \$1,000	precio de campo por ton
\$ 1,745	beneficio bruto de campo
<u>— 700</u>	total de costos variables
\$ 1,045	beneficio neto

En lugar de \$2,790 calculados para un agricultor que trabaja su propia tierra. Si el técnico agrónomo continuara con los cálculos para todos los tratamientos, encontraría que ninguno de ellos dará un beneficio más alto que \$995 del tratamiento testigo. Los tratamientos 0-0 y 50-25 son las únicas alternativas no dominadas para el agricultor mediero. La tasa marginal de retorno de la inversión de \$700 para el tratamiento 50-25 será:

$$\begin{aligned} \$1,095 - \$995 &= \$100 \text{ beneficio marginal neto} \\ \$100/\$700 &= 0.14 = 14\% \text{ tasa marginal de retorno} \end{aligned}$$

Esta tasa de retorno no es suficiente como para recomendar el tratamiento de fertilizante, ya que los agricultores medieros deben pagar todos los costos del fertilizante y reciben sólo la mitad de la cosecha.

Este es un cambio drástico a nuestras conclusiones previas, lo que demuestra que el agrónomo no puede dejar de tomar en cuenta los efectos de la tenencia de la tierra cuando se calculan los beneficios netos.

¿Y qué se puede decir acerca de los agricultores que rentan tierra y pagan una renta fija por su terreno? Al reflexionar un poco acerca de nuestra discusión anterior—donde dijimos que las cosas que no cambian con tratamientos pueden ser eliminadas—nos damos cuenta que no necesitamos preocuparnos por este tipo de tenencia.

### Resumen

Se podría considerar que la discusión sobre costos y beneficios, pone demasiado énfasis en aspectos detallados de contabilidad que tal vez sean triviales. Si bien pudiera haber una pizca de verdad en tal consideración, señalamos con firmeza que el soslayar algunos de esos "pequeños detalles" ha constituido un factor importante para explicar la no adopción de tecnología publicitada como "rentable". Las personas encargadas de formular recomendaciones que no desean sorprenderse de las bajas tasas de adopción deben reconocer estos pequeños pero importantes detalles. También deben tener en mente la probabilidad y el impacto de altos costos de oportunidad de mano de obra y de escasez de recursos financieros.

### Lista de verificación para los beneficios

1. Identifíquense todas las fuentes de beneficios potenciales que se espera varíen de un tratamiento a otro—para los cereales es probable que éstas sean únicamente grano y rastrojo o paja.
2. Para cada fuente potencial de beneficios, estímlense las pérdidas de cosecha y almacenamiento y calcúlense el rendimiento ajustado.
3. Para cada fuente potencial de beneficios, estímlense un precio de mercado con atención apropiada a los descuentos por concepto de calidad.
4. Identifíquense todas las actividades cuyos costos varían proporcionalmente con la producción por hectárea. Estas son de ordinario las actividades de procesamiento de la cosecha al mercado, incluyendo cosecha, desgrane/trilla, encostado, almacenamiento, transporte.
5. Estímlense el costo unitario, por ejemplo por tonelada, de cada una de las actividades identificadas en el punto anterior (4). Ajustar las pérdidas de almacenamiento cuando sea necesario.
6. Súmense los costos ajustados por unidad de las actividades identificadas para cada fuente potencial de beneficios (por ejemplo, para grano y rastrojo) y réstese cada total del precio de mercado relevante. Los valores resultantes constituyen los *precios de campo* del grano, del rastrojo, etc.
7. Para cada fuente potencial de beneficios, multiplíquese el *precio de campo* por el rendimiento ajustado y súmense todas las fuentes potenciales de beneficios. Este es el *beneficio bruto de campo* del tratamiento.



## RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS PARA DERIVAR RECOMENDACIONES A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES

- I. Calcular los beneficios netos promedios para cada tratamiento.
  - A. Estimar los beneficios para cada tratamiento (véase la lista de verificación, Capítulo 7).
    1. Calcular los *rendimientos promedios* para cada tratamiento, incluyendo grano y rastrojo si éste es apropiado. Ajustar los rendimientos, primero por diferencias entre manejo experimental y manejo del agricultor (0-50 por ciento) y segundo por cosecha normal y pérdidas de almacenamiento (no menos de 10 por ciento).
    2. Estimar el *precio de campo* del grano y del rastrojo. De ordinario, esto será el precio que el agricultor reciba en el mercado local menos los costos de cosecha, desgrane/trilla, almacenamiento, transporte y mercadeo. Estos costos generalmente totalizarán *por lo menos* 10 por ciento del precio del mercado, y algunas veces mucho más.
    3. Multiplicar el precio de campo por el rendimiento promedio ajustado para cada producto y sumar para obtener el *beneficio bruto de campo* para cada tratamiento.
  - B. Estimar los costos variables para cada tratamiento (véase la lista de verificación, Capítulo 6).
    1. Identificar los *insumos variables*, o sea aquellos factores que son afectados por la elección del tratamiento. Inclúyanse allí agroquímicos, semillas, mano de obra y equipo. Estimar la cantidad de cada uno de estos insumos usada para cada tratamiento. Para estimar la cantidad de mano de obra y equipo requeridos bajo las condiciones del agricultor, se necesita estar familiarizado con las prácticas de los agricultores.
    2. Estimar el *precio de campo* de cada insumo. Normalmente éste será el precio al menudeo más los costos de transporte de los insumos comprados. El precio de campo de la mano de obra será normalmente un *costo de oportunidad* —alrededor del 50-75 por ciento del salario agrícola prevalente, excepto durante períodos de alto empleo en que el porcentaje será mayor.
    3. Multiplicar el precio de campo de cada insumo por la cantidad, y súmense los insumos para obtener el *costo variable* de cada tratamiento. Esto incluirá un componente de costo monetario y un componente de costo de oportunidad.
  - C. Restar los costos variables del beneficio bruto de campo promedio para obtener el *beneficio neto* para cada tratamiento.

II. Escoger el tratamiento a recomendar usando análisis marginal.

A. Organizar los tratamientos de retribuciones netas altas a bajas, y calcular la *tasa de retorno* a cada incremento en capital. Graficar la curva de retribuciones netas si están involucrados varios tratamientos.

B. Seleccionar como recomendación el tratamiento que ofrezca el mayor beneficio neto y una tasa marginal de retorno de por lo menos 40 por ciento en el último incremento de capital.

III. Verificar lo adecuado de la recomendación desde el punto de vista de variabilidad de rendimiento y precio.

A. Usar el *análisis de retorno mínimo* para comparar las retribuciones mínimas del tratamiento seleccionado con las de todos los otros tratamientos. Si se compara desfavorablemente, una recomendación diferente pudiese ser más consistente con las circunstancias de los agricultores.

B. Usar el *análisis de sensibilidad* para determinar si la elección de recomendación es sensible a los precios del producto o de los insumos, que están particularmente sujetos a errores de estimación. Si la recomendación es sensible a estos cambios, considerar otra recomendación u obtener más información acerca de los precios.

# 9

## DOS EJEMPLOS

Nuestro propósito en este capítulo es presentar 2 ejemplos más en los cuales usamos los procedimientos de este manual para derivar recomendaciones a partir de datos agrónomicos. Estos dos ejemplos son diferentes al ejemplo de fertilizante, en el sentido de que éstos implicarán decisiones más del tipo de "sí o no" que del tipo "qué cantidad".

El primero implica escoger entre dos tratamientos y el segundo entre seis. Como hemos mencionado, los procedimientos de este manual son útiles para ambos tipos de decisiones.

En el primer ejemplo examinamos una serie de experimentos de maíz con dos tratamientos que son más bien paquetes de tecnología, el de tecnología "actual" y un paquete de tecnología "intensiva". El problema es sí o no recomendar el paquete intensivo. En el segundo ejemplo se examinan una serie de experimentos de trigo que tuvieron 6 tratamientos, 3 variedades, cada tratamiento con y sin fertilizante. La cuestión en este caso, es cuál de los tratamientos será recomendado a los agricultores.

### **Ensayo con paquetes de tecnología para maíz**

Una serie de parcelas de demostración e investigación fueron llevadas a cabo en tres valles tropicales altos. Las parcelas fueron establecidas en campos de los agricultores y se probaron dos tipos de tecnología para producir maíz: un paquete tecnológico con uso intensivo de insumos modernos y un paquete tecnológico que reflejaba aproximadamente la tecnología actual usada por los agricultores de la zona. El paquete de tecnología intensiva incluyó los siguientes insumos: fertilizante en dosis de 100 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de  $P_2O_5$ , una aplicación de insecticida al suelo, dos aplicaciones de insecticida foliar y una aplicación de herbicida. El paquete diseñado para representar la tecnología del agricultor fue diferente al incluir sólo la mitad del fertilizante usado en el paquete intensivo, ninguna aplicación de insecticida al suelo y control de malezas a mano. En todo otro sentido los paquetes fueron iguales.

El propósito de las parcelas fue demostrar a los agricultores los resultados factibles de ser obtenidos con las dos tecnologías y evaluar comparativamente la bondad del paquete intensivo con miras a su recomendación. Los ensayos se hicieron en 26 sitios distribuidos para representar las condiciones del dominio de recomendación: valle tropical alto en este caso. Otros ensayos fueron conducidos simultáneamente para examinar los componentes de los paquetes: respuesta a fertilizante e insecticida, comparación de variedades, etc.



CUADRO 10.  
Cálculo de costos variables para los paquetes de tecnología actual e intensiva (por hectárea).

Operación	Insumo	Cantidad	Costo de campo (\$/ha)				
			Monetario		Oportunidad		Total
			Precio	Costo	Precio	Costo	
<i>Paquete tecnología actual</i>							
Fertilización	46-0-0	65 kg	0,54	35,10	—	—	35,10
	20-0-0	100 kg	0,54	54,00	—	—	54,00
	mano de obra	6 días	—	—	3,00	18,00	18,00
				89,10		18,00	107,10
Control de malezas	mano de obra	10 días	—	—	3,00	30,00	30,00
Control insectos (2 aplicaciones)	insecticida	24 kg	1,60	38,00	—	—	38,00
	aspersora	2 días	4,00	8,00	—	—	8,00
	mano de obra	2 días	—	—	3,00	6,00	6,00
				46,00		6,00	52,00
<i>Paquete tecnología intensiva</i>							
Fertilización	46-0-0	130 kg	0,54	70,20	—	—	70,20
	20-20-0	100 kg	0,54	108,00	—	—	108,00
	mano de obra	9 días	—	—	3,00	27,00	27,00
				178,20		27,00	205,20
Control de malezas	herbicida	2 kg	17,00	34,00	—	—	34,00
	aspersora	3 días	4,00	12,00	—	—	12,00
	mano de obra	3 días	—	—	3,00	9,00	9,00
				46,00		9,00	55,00
Control de malezas (3 aplicaciones)	insecticida	36 kg	1,60	58,00	—	—	58,00
	aspersora	3 días	4,00	12,00	—	—	12,00
	mano de obra	3 días	—	—	3,00	9,00	9,00
				70,00		9,00	79,00

CUADRO 11  
Presupuesto parcial para los ensayos con paquetes de tecnología para maíz.

Concepto	Tratamiento	
	Tecnología actual	Tecnología intensiva
Rendimiento promedio (ton/ha)	2,78	4,04
Ajuste por pérdidas de cosecha (10%)	x 0,9	x 0,9
Rendimiento neto (ton/ha)	2,50	3,64
Beneficio bruto de campo (\$/ha a \$232,50/ton)	581	846
<i>Costos variables (de cuadro 10)</i>		
fertilización (\$/ha)	107	205
control malezas (\$/ha)	30	55
control insectos (\$/ha)	52	79
Total costos variables (\$/ha)	189	339
Beneficio neto (\$/ha)	392	507
Tasa de retorno = $(507 - 392) / (339 - 189) = 115 / 150 = 0,77 = 77\%$		

En el Cuadro 10 se muestran los cálculos de costos variables para los dos paquetes (o tratamientos) siguiendo el formato del Cuadro 8. Mano de obra agrícola se puede contratar en el área a un salario de \$3 por día (jornada de 8 horas de trabajo), las aspersoras de mano, pueden alquilarse a un precio de \$4 por día. La estimación del costo de mano de obra para aplicación de agroquímicos y para control de malezas a mano se realizó después de discusiones con los agricultores. Los agroquímicos se pueden comprar en tiendas privadas o agencias del Gobierno a los precios indicados (incluyendo un cargo por entrega del fertilizante).

La mayoría de los agricultores del área comercializan el maíz vendiéndolo a camioneros que pasan por los poblados comprando el grano. Usualmente el maíz no se almacena antes de venderlo. El precio del maíz en los dos últimos ciclos ha sido de \$250/tonelada. El precio oficial de garantía es mayor, pero dado que el gobierno compra sólo cantidades limitadas y los agricultores deben afrontar descuentos por calidad y pagar costos de transporte, el precio pagado por los camioneros se toma como relevante. El precio de campo por tonelada se calculó de la siguiente manera:

<i>Precio pagado por camioneros</i>	\$250.00
<i>Menos:</i>	
cosecha	— 5.25
deshoje	— 3.50
desgrane	— <u>8.75</u>
precio de campo	\$232.50

El costo de cosecha se determinó dividiendo el número de jornales necesarios por hectárea entre el rendimiento promedio en el área y multiplicando luego por el salario. El costo de deshoje y desgrane se estimó a partir de información proporcionada por los agricultores.

El presupuesto parcial para los ensayos puede ahora ser completado como se muestra en el Cuadro 11 que sigue el formato de el Cuadro 3. Los rendimientos promedios han sido reducidos en un 10 por ciento para tomar en cuenta pérdidas de cosecha y otros factores no reflejados en los procedimientos de cosecha y medida experimentales. El costo marginal del paquete intensivo de tecnología es de \$150 por hectárea y la tasa de retorno para la inversión es del 77 por ciento (última línea del Cuadro 11). Una tasa de retorno de 77 por ciento será suficiente para garantizar la recomendación del paquete a menos que los riesgos asociados sean muy altos. El procedimiento para analizar riesgo sugerido en el Capítulo 5 consiste en un listado de los beneficios netos para cada tratamiento y sitio. En este caso sugerimos una modificación al procedimiento que puede ser útil cuando el análisis de presupuesto parcial incluye sólo dos tratamientos (o paquetes en el presente ejemplo).

En el Cuadro 12 se presentan los rendimientos para cada tratamiento en cada uno de los 26 sitios, así como también la ganancia en rendimiento que ofrece la tecnología intensiva en comparación con la tecnología actual. Se puede observar que cuatro de los 26 sitios se perdieron por sequía; dado que la sequía es un accidente climático que está dentro de las circunstancias del agricultor, los resultados de esos ensayos se incluyen en el análisis.

¿Qué tan grande debe ser la ganancia en rendimiento requerida para compensar por el costo adicional de insumos del paquete intensivo?  
Esto se determina como sigue:

*Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*

Costo marginal en dinero	\$150
Costo marginal en grano (\$150/\$230.50)	0.65 ton
Rendimiento marginal requerido para obtener una tasa de retorno del 40% (0.65x1.40)	0.90 ton

Esto significa que si el agricultor debe recibir una tasa de retorno del 40 por ciento por su inversión, *el paquete intensivo de tecnología debe rendir 0.9 toneladas/hectárea más que el paquete actual de tecnología.*

Podemos ver en el Cuadro 12 que esto ocurre en catorce de los 26 sitios. Además hay otros tres sitios en los cuales el agricultor obtendría un retorno por su inversión pero con una tasa menor que 40 por ciento. Esto haría que quedaran nueve sitios de los 26 totales, en los cuales la ganancia en rendimiento no fue suficiente para cubrir el costo de los insumos adicionales.

Este enfoque para analizar el riesgo es muy conveniente cuando se tienen dos tratamientos, pero sin embargo, no nos dá directamente una evaluación del riesgo de obtener bajos retornos para una y otra tecnología. Esta evaluación la hacemos utilizando el análisis de retornos mínimos descritos en el Capítulo 5.

Primero miramos la columna de rendimientos para la tecnología actual y encontramos que los peores ocho rendimientos (25 por ciento de los peores, incluyendo los cuatro sitios que se perdieron por sequía más los cuatro sitios en *itálica*) dieron un promedio de 0.36 toneladas/hectárea. Para obtener los beneficios netos, expresados como grano, podemos deducir de estos peores ocho rendimientos la cantidad 0.81 toneladas (costos variables de \$189 entre \$232.50 precio de campo por tonelada de grano) para la tecnología actual y 1.46 toneladas (costos variables de \$339 entre \$232.50 precio de campo por tonelada de grano) para la tecnología intensiva. Los resultados se muestran en el Cuadro 13.

Es claro a partir de este Cuadro que el paquete intensivo de tecnología tiene un riesgo relativo mayor sólo en el caso de pérdida completa de la cosecha. En estos casos (15 por ciento de los sitios de ensayo) el agricultor perdería 0.65 toneladas más de grano en el caso de usar la tecnología intensiva. Evidentemente este es un riesgo bastante serio que desanimaría a muchos agricultores para usar los insumos adicionales del paquete intensivo, aún cuando su tasa de retorno es del 77 por ciento. Probablemente no sería aconsejable recomendar esta inversión a aquellos agricultores demasiado pobres para los cuales una pérdida de cosecha podría ponerlos en una muy mala situación. Sin embargo, en el dominio de recomendación del presente ejemplo prácticamente no había agricultores en semejantes condiciones, razón por la cual el paquete intensivo de tecnología sería apropiado a pesar de los riesgos asociados.

#### Ensayo con variedades de trigo

La serie de ensayos de variedades que se analizarán, se llevó a cabo en seis sitios diferentes de una zona de temporal. Las variedades se probaron bajo dos tratamientos de fertilizante: el nivel cero y 60 kg. de N más de 20 kg. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea. Los resultados (promedios de repeticiones) se presentan en el Cuadro 14. En la Figura 3 también presentamos un diagrama que ayudará a visualizar la relación entre tratamientos varietales y niveles de fertilización. Para cada nivel de fertilizante hemos graficado el rendimiento promedio de cada variedad contra el rendimiento promedio de todas las variedades.

Es evidente que V2 es la variedad con mayor respuesta al fertilizante, V1 le sigue en promedio y la variedad local es la de menor respuesta.

Solamente un análisis económico como el que se presenta a continuación

puede indicar las implicaciones de estos datos al formular recomendaciones para los agricultores.

El primer paso es ajustar los rendimientos promedios por pérdidas de cosecha y almacenamiento, que nosotros estimamos en un 20 por ciento. Después de averiguaciones apropiadas entre agricultores y comerciantes de la región, determinamos que el *precio de campo* de la variedad local es de \$1,000 por tonelada. La variedad V1 es una nueva variedad que había sido introducida tiempo atrás, pero los comerciantes declararon que los habitantes del área no la comprarían debido al color de su grano, aunque se le podría sacar de la región y venderla fuera. Debido a esta circunstancia, el precio de V1 ha sido entre 8 y 10 por ciento menor que el de la variedad local, lo cual significa que su precio de campo es de \$900 por tonelada. La otra nueva variedad, V2, no se había distribuido aún, pero su grano prácticamente no se distingue del de la variedad local, así que suponemos que el precio de campo sea igual al de la variedad local. Los valores brutos de campo, basados en los *rendimientos promedios* de cada variedad, se muestran en la línea 4 del Cuadro 15.

La mayoría de los agricultores tendría que comprar semilla de las dos nuevas variedades, a un precio de campo de \$2 por kilo, de modo que a una densidad de siembra de 75 kg. por hectárea, las nuevas variedades requirieron un gasto en efectivo de \$150. La semilla de la variedad local cuesta solamente \$1.00,

CUADRO 12  
Rendimientos (ton/ha) de 26 sitios para los dos niveles de tecnología.

Sitio	Tecnología		Incremento en rendimiento
	Intensiva	Actual	
1	6.98	5.17	1.91**
2	6.24	6.34	-0.10
3	5.49	3.25	2.24**
4	5.84	4.97	0.87*
5	5.26	4.04	1.22**
6	3.00	3.01	-0.10
7	6.07	2.51	3.56**
8	7.81	7.11	0.70*
9	6.25	3.14	2.11**
10	6.10	1.15	-0.05
11	3.04	0.21	2.83**
12	4.86	1.36	3.50**
13	3.33	0.39	2.94**
14	2.06	1.01	1.05**
15	4.63	1.47	3.16**
16	3.43	3.81	-0.38
17	3.71	2.99	0.72*
18	3.41	1.24	2.17**
19	5.43	3.76	1.67**
20	3.67	2.64	1.03**
21	5.19	3.84	1.35**
22	4.26	4.05	0.21
23 (sequía)	0	0	0
24 (sequía)	0	0	0
25 (sequía)	0	0	0
26 (sequía)	0	0	0
Promedio	4.04	2.78	1.26**

\*\*Incremento en rendimiento suficiente para obtener una tasa de retorno de 40% ó más. \*Incremento en rendimiento suficiente para obtener una tasa de retorno entre 0 y 40%.

CUADRO 13  
Beneficios netos mínimos (ton/ha) para los 26 sitios.

Beneficio neto	Tecnología	
	actual	Intensiva
Primero mas bajo	-0.81	-1.46
Segundo mas bajo	-0.81	-1.46
Tercero mas bajo	-0.81	-1.46
Cuarto mas bajo	-0.81	-1.46
Quinto mas bajo	-0.60	0.60
Sexto mas bajo	-0.42	1.54
Septimo mas bajo	0.20	1.58
Octavo mas bajo	0.43	1.87
Promedio de los ocho mas bajos	-0.45	-0.03

CUADRO 14  
Datos de una serie de ensayos varietales de trigo (ton/ha).

Sitio	Variedad local		Variedad V1		Variedad V2	
	0-0	60-20	0-0	60-20	0-0	60-20
1	0.84	1.67	1.08	2.25	1.46	2.58
2	0.72	1.50	0.98	2.00	0.76	1.94
3	1.23	1.38	1.68	2.33	0.95	2.27
4	1.22	1.51	1.34	2.31	1.67	2.58
5	1.36	1.30	1.10	2.24	1.40	2.68
6	1.58	1.99	1.53	2.01	1.74	2.97
Promedio	1.16	1.56	1.28	2.19	1.33	2.50

Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos

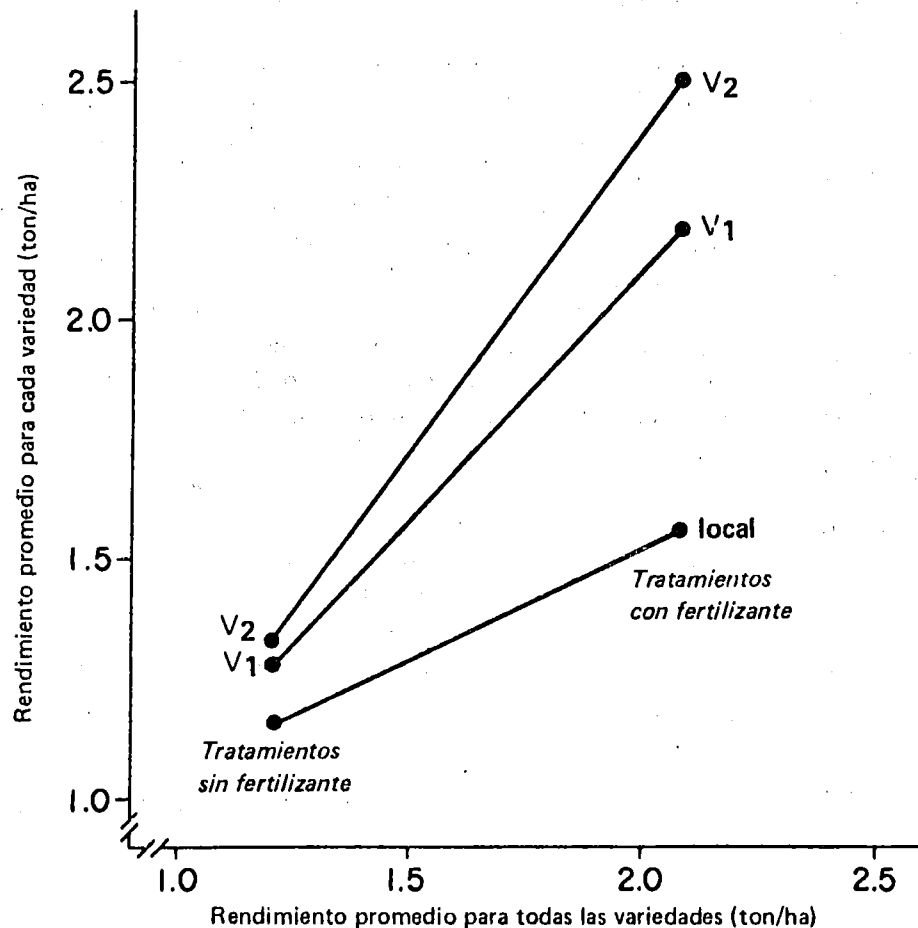


FIGURA 3. Rendimientos y niveles de fertilización para el ensayo de variedades de trigo.

así que el incremento en el costo por semilla sobre la variedad local es de \$100/kg. El precio de campo del N y del  $P_2O_5$  resultó ser de \$5 por día hombre. Las estimaciones resultantes de los costos variables totales por tratamiento se muestran en las líneas 7 y 10 del Cuadro 15.

Finalmente, en la línea 11 del Cuadro 15 presentamos los beneficios netos resultantes de cada una de las alternativas. La variedad V2, cuando se le fertiliza ofrece el beneficio neto promedio más alto, pero de nuevo debido a consideraciones de escasez de capital y riesgos asociados, necesitaremos examinar estos resultados usando los procedimientos descritos anteriormente para estar seguros de cuáles alternativas se habrán de recomendar.

La primera tarea es un análisis marginal de los resultados de presupuesto parcial. Con este fin, ordenamos las alternativas por beneficio neto, según se muestra en el Cuadro 16, y omitimos aquellos tratamientos que dieron beneficios netos más bajos que el de la parcela testigo (la variedad local sin fertilizante).

El tratamiento V1 con fertilizante es dominado por V2 también fertilizado, puesto que ambos tienen el mismo costo variable y el último ofrece un mayor beneficio neto. Únicamente V2 sin fertilizante y V2 con fertilizante quedan como alternativas razonables según este criterio. La alternativa de inversión más pequeña disponible para el agricultor es la de gastar \$75 para adquirir semilla de esta variedad. A cambio de ello, él puede esperar recibir un

CUADRO 15  
Presupuesto parcial de ensayos varietales de trigo (por hectárea).

Concepto	N,	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	Variedad local		Variedad V1		Variedad V2	
			0-0	60-20	0-0	60-20	0-0	60-20
			(1) Rendimiento promedio (ton/ha)	1.16	1.56	1.28	2.19	1.33
(2) Rendimiento ajustado (ton/ha)	1.02	1.37	1.13	1.92	1.17	2.20		
(3) Precio de campo (\$/ton)	1000	1000	900	900	1000	1000		
(4) Valor bruto de campo (\$/ha)	1020	1370	1017	1728	1170	2200		
<i>Costos monetarios variables</i>								
(5) Semilla (75 kg a \$1/kg)	—	—	75	75	75	75		
(6) Fertilizante (a \$5/unidad)	—	400	—	400	—	400		
(7) Costos monetarios variables (\$/ha)	0	400	75	475	75	475		
<i>Costos de oportunidad variables</i>								
(8) Mano de obra por aplicación (días)	—	2	—	2	—	2		
(9) Costo de aplicación (a \$50/día)	0	100	—	100	—	100		
(10) Costos variables totales (\$/ha)	0	500	75	575	75	575		
(11) Beneficio neto (\$/ha)	1020	870	942	1153	1095	1625		

retorno neto de \$75 (el primer año), para una tasa de retorno del 100 por ciento en comparación con el tratamiento testigo. Esta es una tasa adecuada para garantizar la inversión del agricultor, y más aún, el agricultor puede esperar recibir beneficios adicionales en el futuro sin necesidad de invertir de nuevo en la semilla. Luego, la tasa de retorno real ha sido subestimada por esta cifra. Sin embargo, la cantidad absoluta de incremento en beneficios netos (\$75) es un tanto pequeña, y es sólo alrededor de 7 por ciento mayor que los retornos netos que pueden obtenerse con la variedad local. Así, los agricultores pudieran no entusiasmarse mucho en hacer este cambio tan pequeño, aún cuando la tasa de retorno por la inversión en semilla es bastante alta.

¿Qué se puede decir acerca de la alternativa de invertir \$500 adicionales por hectárea para aplicar fertilizante a la variedad V2? El incremento esperado en beneficios netos es de \$575 por hectárea para una tasa de retorno de 106 por ciento en comparación con el tratamiento V2 sin fertilizante. Esta tasa es aceptable (si los riesgos no son extraordinariamente grandes), y la magnitud del incremento en retorno neto es bastante significativo: alrededor del 50 por ciento más que los beneficios netos que se obtienen con la variedad local sin fertilizante. Así podemos suponer que la recomendación de la variedad V2 con fertilizante será consistente con las circunstancias de los agricultores.

CUADRO 16  
Análisis marginal de los datos de trigo (por hectárea)

Beneficio neto	Tratamiento		Costo variable	Cambio a partir del inmediato superior		
	variedad	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		incremento en costo variable	incremento en beneficio neto	tasa de retorno
\$1625	V2	60 kg 20 kg	\$575	\$500	\$530	106 %
1153	V1	60 kg 20 kg	575	—	—	—
1095	V2	0 0	75	75	75	100 %
1020	Local	0 0	—	—	—	—

Para verificar el riesgo de esta alternativa comparada con las otras, necesitamos examinar el retorno en el peor de los seis resultados y en los peores dos de los seis. Estos se presentan en Cuadro 17 (junto con el promedio de los seis como referencia). Aquí encontramos, como ocurrió en el caso de los ensayos de fertilización, que el tratamiento elegido por el análisis marginal es a la vez el tratamiento con los retornos mínimos más altos. Por lo tanto el análisis de retorno mínimo apoya de nuevo la recomendación de la variedad V2 con fertilizante.

Sin embargo, el análisis de retornos mínimos revela algo que no fue evidente en el análisis marginal de los datos de rendimiento promedio. Supóngase que hay algunos agricultores en el área que no pueden o que no están dispuestos a invertir en fertilizante. El análisis marginal sugiere que para estos agricultores, V2 sería una buena recomendación, pero ellos podrían pensar en seguir usando su vieja variedad. Sin embargo, al observar el Cuadro 17 encontramos que estas dos alternativas tienen retornos mínimos mucho más bajos que la alternativa V1. Por ello, los agricultores con mayor aversión al riesgo podrían preferir la variedad V1, aún cuando en promedio fueran a recibir retornos más bajos que con alguna de las otras alternativas. La variedad V1 parece ser más estable para diferentes ambientes que las otras dos. Más aún, su rendimiento promedio supera a la variedad local bajo condiciones sin fertilización y rinde casi tanto como V2 sin fertilizante. La razón por la cual aparece como una alternativa poco atractiva en el análisis marginal, se debe al descuento en el precio. Por lo tanto sería conveniente realizar un análisis de sensibilidad para examinar las implicaciones de posibles cambios en el precio de esa variedad.

Es conveniente entonces planear el interrogante de a qué descuento de precio la variedad V1 sin fertilizante suministraría beneficios netos mayores que la variedad local también sin fertilizar. La respuesta es que con un descuento de alrededor del 3 por ciento (un precio de \$970/ton) los beneficios netos serían de \$1,020 por hectárea, los mismos que para la variedad local. Para obtener una tasa de retorno igual, en promedio, a la que se obtiene al invertir en semilla de V2, la variedad V1 tendría que tener un precio aún mayor que el de la variedad local.

¿Cuáles son entonces las conclusiones del análisis? En primer lugar, la recomendación de V2 con fertilizante es buena, según lo verifican el análisis marginal y el análisis de retornos mínimos. Para aquellos agricultores que no aplicarán fertilizante, independientemente de la recomendación, se podría recomendar la variedad V1 debido a sus retornos mínimos más elevados. Este juicio debe hacerse con base en la apreciación del agrónomo respecto a la cantidad

CUADRO 17  
Análisis de retornos mínimos de los datos de trigo (por hectárea).

Tratamiento			Beneficio neto mas bajo	Promedio de los dos beneficios netos mas bajos	Beneficio neto promedio para los seis sitios
	Variedad	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
Local	0	0	\$633	\$686	\$1020
Local	60	20	640	677	870
V1	0	0	701	740	942
V1	60	20	1008	1012	1153
V2	0	0	594	678	1095
V2	60	20	1131	1276	1625

de agricultores dentro de este grupo y la importancia que ellos dan a las diferencias entre los retornos mínimos de la variedad local y V1. Puesto que seis observaciones no son muchas, el agrónomo pudiera pensar en esperar al siguiente ciclo antes de hacer alguna recomendación con respecto a V1 versus la variedad local sin fertilización. Las observaciones adicionales pudieran mostrar que la diferencia en retornos mínimos no es tan grande como aquí se estima sobre la base de sólo seis resultados.



## GLOSARIO

- Costo de capital**—Puede ser un costo real o un costo de oportunidad. Cuando es un costo real, el costo del capital es la diferencia entre el monto de inversión solicitado en préstamo y el monto a pagar después de transcurrido el término del préstamo. Cuando es un costo de oportunidad, el costo del capital es lo que se deja de ganar al tener una inversión de capital en una empresa determinada y por un plazo de tiempo determinado.
- Dominancia**—Se dice que una alternativa domina a otra cuando la primera tiene beneficios más altos, e iguales o más bajos costos variables que la segunda.
- Costo de campo (de un insumo)**—Es el precio de campo de un insumo multiplicado por la cantidad de ese insumo, la cual varía con la decisión.
- Precio de campo (de la producción)**—El valor, para el agricultor, de una unidad adicional de producción en el campo antes de la cosecha.
- Beneficio bruto de campo**—Rendimiento neto multiplicado por el precio de campo de todos los productos del cultivo.
- Inversión de capital**—Es el valor de los insumos (propios o prestados) que son asignados a una actividad con la esperanza de recuperarlos más tarde.
- Costo marginal**—Es el aumento en los costos variables que ocurre cuando se cambia una alternativa de producción por otra.
- Beneficio marginal neto**—Es el aumento en el beneficio neto que podrá obtenerse cambiando una alternativa de producción por otra.
- Tasa marginal de retorno**—Es el beneficio marginal neto dividido entre el costo marginal (calculado solamente para alternativas no dominadas).
- Precio monetario de campo (de un insumo)**—Se refiere al precio de compra o de mercado menos otros gastos directos, tales como costos de transporte.
- Precio monetario de campo (de la producción)**—Es el precio de mercado de una unidad de producto menos los costos de cosecha, almacenaje, transporte, venta y los descuentos de calidad.
- Beneficios netos**—El valor de los beneficios menos el valor de las cosas entregadas para obtener los beneficios. Beneficio total bruto de campo menos el total de costos variables.
- Rendimiento neto**—La medida de rendimiento por hectárea en el campo menos las pérdidas de cosecha y almacenamiento.
- Costo de oportunidad**—Es el valor de cualquier recurso en su mejor uso alternativo.
- Precio de oportunidad de campo (de un insumo)**—Se refiere al valor del insumo en su mejor uso alternativo.
- Precio de oportunidad de campo (de la producción)**—Es el precio en dinero, que la familia del agricultor tendría que pagar para adquirir una unidad adicional de producto para su consumo.
- Costo proporcional**—Costos que varían directa y proporcionalmente al rendimiento.
- Dominio de recomendación**—Un grupo de agricultores que perteneciendo a una zona agro-climática determinada tiene granjas y prácticas agrícolas parecidas de modo que una recomendación es aplicable a todo el grupo.
- Prima de riesgo**—Es el monto dado como un porcentaje, que el agricultor requerirá antes de adoptar una alternativa que posee un ingreso esperado variable.
- Análisis de sensibilidad**—El procedimiento por el cual se hacen variar los costos y precios involucrados dentro de un intervalo razonable para determinar si el ordenamiento original de las alternativas se ve afectado.
- Costos variables totales de campo**—La suma de los costos de campo por todos los insumos que son afectados por la alternativa.

PROYECCIONES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE CARNE  
VACUNA EN AMERICA LATINA PARA 1980 y 1985

por

James R. Simpson, Ph.D.  
Profesor Asociado  
Economía Agrícola  
Universidad de Florida  
Gainesville, Florida

Este informe se basa principalmente en proyecciones de la oferta y demanda para carne vacuna en América Latina hasta 1985. El punto clave es que, a menos que hayan cambios drásticos en la política o métodos de producción, los latinoamericanos consumirán en promedio, menos carne vacuna por persona que en los años anteriores. Sin embargo, las exportaciones de carne vacuna aumentarán levemente, al alrededor de 1,112,000 toneladas métricas en 1980, y 985,700 en 1985. Estas proyecciones se comparan con 637,400 toneladas en 1975. Existen varias razones para estos resultados tan dicotomos.

La mayoría de los países latinoamericanos tienen crecimientos de población muy grandes. En algunos países, como El Salvador o Puerto Rico, la densidad de población por kilómetro cuadrado es alta. Otros países, como por ejemplo Brasil o Paraguay, a pesar de estar ubicados en el otro extremo del espectro de densidad de población, tienen un crecimiento de población muy elevado por kilómetro cuadrado.

Debo especificar que he incluido en las proyecciones solamente a 16 países, por lo tanto las cifras que presentaré son parciales. Sin embargo, como éstas representan el 95% de los totales de producción, consumo y oferta disponible para exportación, referiré estas cifras como totales para América Latina.

Volviendo a las proyecciones se espera que la producción aumentará de 7,312,000 toneladas en 1975 a 8,356,000 en 1985 (aumento de 1.4% por año). Mientras tanto, el consumo total está proyectado a incrementar en forma más lenta: 1% por año. A continuación describiré la lógica y metodología usada en las proyecciones.

Primero, debemos especificar la diferencia entre los términos "proyecciones" y "predicciones". Una predicción, en términos económicos, se refiere a la creencia de un investigador de que algo va a suceder. Las predicciones, se refieren generalmente a períodos cortos de tiempo. Las proyecciones, en cambio, son generalmente extrapolaciones de informaciones o datos históricos ajustados, con lógica y conocimiento a los factores bajo investigación. De cualquier manera, las observaciones deben ser usadas con cuidado. Espero que ustedes acepten hoy las proyecciones con este espíritu.

---

Informe presentado en la Duodécima Conferencia Anual Sobre Ganadería y Avicultura en América Latina, 8-12 de mayo de 1978, Universidad de Florida

### Consumo de Carne Vacuna

Ha llegado el momento de explicar las causas por las que podemos esperar que el consumo (per capita) por cabeza declinará en casi todos los países de Latino América hasta 1985, aunque los saldos disponibles para la exportación aumentarán. En primer lugar, como ustedes saben, el crecimiento mayor de población ocurrirá en las clases de más bajo ingreso económico. Este grupo se caracteriza tradicionalmente por el bajo consumo de carne vacuna por cabeza y pensamos que así será en el futuro. Un gran aumento en las clases de bajo ingreso económico traerá consigo una disminución en el consumo por cabeza, pues el término por cabeza (o per capita) no es más que el consumo total dividido por el total de la población.

Otra razón para la diferencia entre consumo per capita y exportaciones es que desde hace mucho tiempo varios países latinoamericanos han considerado las exportaciones de carne vacuna como fuente principal de intercambio internacional. Con el crecimiento de población y paralelamente de las importaciones de productos manufacturados los gobiernos presionaran más para aumentar las exportaciones de carne. Las recientes experiencias de vedas (períodos en que de alguna manera está restringida la venta interna y consumo de carne) en varios países de América Latina afirma lo expuesto. En mi opinión, el consumo de carne vacuna será reducido por vedas y/o escala de precios en la mayoría de los países latinoamericanos antes de 1985. También si los precios mejoran las exportaciones aumentarán. En 1975 los precios fueron bajos, y como resultado, las exportaciones (y producción) fueron bajas.

Las gráficas 1-4 muestran el consumo per cápita durante el período 1959-1975 y las proyecciones hasta 1985 para los 16 países latinoamericanos<sup>1</sup>. Como puede verse en las gráficas 1-3 hay un elemento de estabilidad en consumo per cápita que sugiere la utilización de tendencias históricas como un factor para realizar proyecciones. En la gráfica 4 aparecen algunas excepciones en Argentina, Paraguay y Uruguay. Entre estos países se observan grandes fluctuaciones debido a la política gubernamental y a las condiciones climáticas. Además, la base es mayor por lo que trae consigo mayores fluctuaciones. Esto muestra que si bien puede darse un alto nivel de confianza a las proyecciones en las gráficas 1-3, no sucede lo mismo con la gráfica 4. Solamente tendremos tendencia de incremento si separamos los 3 países presentados en la gráfica número 4 por presentar una tendencia declinante. Por su importancia en el consumo internacional de carne vacuna, sería mejor examinar más detenidamente a estos 3 países.

El factor de inestabilidad política que ha caracterizado Argentina en la última década puede continuar por unos años más. Concomitante, habrán cambios en la política de exportación de carne y fluctuaciones en el consumo per capita. Se puede esperar entonces, a través de la política oficial de gobierno, una disminución en el consumo de carne vacuna per capita sustituyéndose con otros tipos de carne, la continuación de vedas y aumento de precios internos de carne vacuna.

La situación en el Uruguay es más o menos igual. Este país está atravesando por una crisis económica grave, y el gobierno ha puesto énfasis en reducir el consumo interno y aumentar las exportaciones de carne vacuna para equilibrar la balanza de pagos. Cabe destacar que las exportaciones de carne en Uruguay son muy importantes para su economía ya que representan más del 50% del total de exportaciones. Esta política ya está en marcha y como ejemplo de ésta basta mencionar el período de veda por 4 meses que atravesó durante el año 1973. Este redujo considerablemente el consumo per capita en el país, el cual hace unos años tuvo el privilegio de tener el índice más alto de consumo per capita de carne vacuna en el mundo. Además, mientras la balanza de intercambio internacional está desnivelada se tendrán que reducir las importaciones de productos tales como fertilizantes y maquinaria agrícola. Si esto sucede, la producción de carne aumentará significativamente. El círculo vicioso continuará.

La situación en el Paraguay es similar, la diferencia es que este país tiene un crecimiento muy elevado de población. En cualquier caso los resultados son iguales: el consumo per capita de carne vacuna debe disminuir.

Pasamos ahora a las proyecciones en términos de cifras. Estas proyecciones fueron realizadas utilizando el método estadístico de regresión para el consumo per capita de carne vacuna para todos los países sobre el período 1961-1975<sup>2</sup>. La única variable independiente usada en la regresión fué tiempo y, como se esperaba, la relación variaba mucho. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) fueron de 0.00 para Argentina hasta 0.98 para Panamá (ver cuadro 1). Las proyecciones por sí mismas son nada más extrapolaciones de las curvas de tendencia hasta 1985. Tanto las gráficas de los datos históricos como las proyecciones fueron comparadas en una etapa siguiente con estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y otros investigadores independientes. Después de las comparaciones unos ajustes fueron realizados para Costa Rica, Brasil, Paraguay y Perú. Estos ajustes toman en cuenta la política esperada en relación a la protección de la balanza de pagos. La etapa final fué la modificación de las proyecciones a través de su incorporación en un modelo político-económico en el nivel mundial.

En el cuadro 2 mostramos las proyecciones de consumo per capita y consumo total para Centro América, Panamá y República Dominicana. El cuadro 3 contiene las proyecciones para América del Sur. Es evidente que, a pesar de que el consumo per capita para la mayoría de los países baja, el consumo total aumenta.

#### Producción de Carne Vacuna

Las proyecciones de producción de carne vacuna para cada uno de los países también fueron realizadas con extrapolaciones de tendencias lineares. Una razón por lo que los  $R^2$  se ven relativamente altos (ver cuadro 1) es que, aunque la producción de carne está sujeta a condiciones climáticas, la disponibilidad de pasto, y las restricciones o polí-

tica gubernamental, es improbable que cambie la tendencia en forma marcada debido a modelos de producción inherente y factores biológicos. (este punto se discutirá con detalle más adelante).

Las proyecciones de producción son mostradas en los cuadros 2 y 3. En todos los casos menos Uruguay, está indicado un aumento de producción. En Uruguay, la tendencia ha sido una declinación leve de producción. Aquella tendencia sospechosa ha sido aceptada. Reitero que se espera que la producción aumente a casi 7.7 millones de toneladas para el año 1980, para todos los países latinoamericanos y alcance 8.4 millones para el año 1985 (ver cuadro 4).

El consumo total también está proyectado a aumentar de 6.7 millones de toneladas en 1975 a 7.4 en 1985. Se puede comparar esto con un promedio anual de 5.4 millones para el período 1969-1971.

Las proyecciones de carne disponible para exportación (986,000 toneladas en 1986 en comparación a 634,700 en 1975) están sujetas a posibles cambios, sobre todo debido a nuestra incapacidad de proyectar futuros cambios políticos. En otras palabras, pensamos que la mayoría de los errores serán cometidos en las cifras de consumo o exportación, pero no con respecto a la producción. A continuación daremos una explicación más detallada con respecto a producción.

#### La Estabilidad en la Producción de Carne Vacuna

Como fué notado anteriormente, con las excepciones de variaciones cíclicas debido a las condiciones climáticas, políticas gubernamentales, etc., la tendencia a largo plazo en la producción de carne es relativamente estable. Grandes aumentos en una década no son probables a pesar de que los precios internacionales alcancen valores muy altos, como hemos visto en los años recientes.

Es bien cierto que los sistemas de producción difieren en cada país. Lo que se aplica a Méjico, por ejemplo, puede ser inaplicable para El Salvador o Brasil. Sin embargo, hay generalizaciones que se pueden apreciar. Primero, la producción de carne vacuna es distinta de la producción de cosechas anuales debido a un retraso en planificación pues los productores están en espera de información si los precios altos van o no a continuar. Entonces, se quedan con las vacas viejas y terneros que normalmente hubieran sido descartados en un esfuerzo para aumentar su rodeo.

Asumiendo un sistema de lotes de engorde, un fenómeno reciente en varios países latinoamericanos, los primeros machos de estas vacas no van a estar disponibles para faena hasta por lo menos 3 años después que primeramente aguardaron los descartes. Considerando que los productores de ganado pueden tomar de 2 a 4 años para estar convencidos del aumento de precios<sup>3</sup>, ésto implica 5-7 años después del aumento en precios antes que los machos adicionales sean mandados al frigorífico. Por otro lado, si creemos la situación donde los productores de ganado engordan los machos en pastos naturales y los venden de 3 a 4 años de edad, el sistema más común en América Latina, el efecto mayor de los primeros machos faenados en frigoríficos lo veremos 10 años después del aumento inicial

de los precios.

Cuando este análisis es combinado con la baja producción de novillos destetados (40-50 por ciento en la mayoría de los países de Latino América), es indudable que grandes aumentos de producción dentro de la próxima década no son probables y una posición conservadora debe ser adoptada.

### Política y Precios

Como hemos establecido, las tendencias de producción pueden ser extrapoladas con un grado relativo de seguridad, ha llegado el momento de comentar brevemente sobre el aspecto del consumo. Como bien es conocido, la intervención gubernamental es una política aceptada en latinoamérica. Como la carne es un artículo primordial en el régimen alimenticio, los aumentos en el precio mundial causan un dilema a los legisladores. Por un lado, los oficiales dan la bienvenida a los precios elevados porque la mayoría de los ingresos se derivan de impuestos de exportación ad valorem. Históricamente la magnitud del cambio no es bien conocida en vista de métodos tradicionales, y los cambios tan variables en la política.<sup>4</sup>

La inestabilidad política ha desalentado a los inversionistas debido a los arriesgado de su planificación. Además, casi siempre resultan en tasas desfavorables de consumo/producción, las cuales impiden el uso de nuevas prácticas de producción. De esta manera, el potencial tecnológico y la producción se mantienen a niveles bajos en comparación a los países desarrollados.<sup>5</sup>

El otro extremo del dilema de el alza de precios en el mercado mundial es la presión que ejerce sobre los precios nacionales haciendo que éstos suban. Esta situación desde un punto de vista político es peligrosa.

### La Crisis de Energía y las Exportaciones de Carne en Latino América

Seríamos descuidados si en nuestros comentarios finales no tocamos el tema de la crisis de energía ya que su impacto en los países en desarrollo ha sido descrito como "catastrófico". En lo que respecta a la exportación de carne, ésta ha sido considerablemente afectada y podemos esperar consecuencias de mayor trascendencia.

Al mismo tiempo que los países en desarrollo han tenido que pagar más por sus importaciones de petróleo, sus saldos se han agravado. Esto, a su vez, ha requerido una reducción drástica de otras importaciones--y la carne vacuna ha sido una de éstas. Como la mayoría de la carne de América Latina es exportada a Europa, Estados Unidos, y hasta cierto punto al Japón, en lugar de las naciones que producen petróleo, las consecuencias para estos países latinos exportadores de carne son obvias.

Las naciones importadoras simplemente no tienen y no tendrán las divisas necesarias para pagar por la carne importada así como otras importaciones. Además, en caso de una recesión económica mundial, el aumento de ingresos sería más lento y por tanto los consumidores de carne tendrán que reducir el consumo de carne.

En resumen, la demanda mundial de carne no mejorará mientras los precios del petróleo estén altos. Desgraciadamente solo puedo sugerir los pasos a seguir para evaluar la situación; pero no puedo solucionarla. Habiendo otros factores influyendo, cualquier estimado debe ser cuidadosamente considerado. Sin embargo, estoy bien seguro que el precio mundial para la carne vacuna mejorará en los próximos años, llegando a su máximo en 1981 ó 1982, y después decaerá una vez más.

Finalmente, estoy seguro que los latinoamericanos consumirán menos carne en los próximos años, aunque, al mismo tiempo, las exportaciones aumentarán algo más en comparación con años anteriores.

Notas

<sup>1</sup>Se ha hecho la conversión de libras a toneladas métricas de datos publicados por el United States Department of Agriculture (USDA) in su Foreign Agricultural Circulars, Livestock and Meat.

Se puede anotar que el USDA es la única fuente de datos actuales relacionados al consumo per capita de carne para la mayoría de los países mundiales.

<sup>2</sup>Extrapolación de tendencias per capita es un procedimiento común en proyecciones de productos agrícolas. Sin embargo FAO y el Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) no han usados este método. Ellos prefieren extrapolaciones basados en crecimiento de ingreso per capita con el argumento de que hay mayor correlación con esta variable para el consumo de carne. Creo que ésto puede ser para los países desarrollados pero, como muestran los datos históricos para América Latina, no es válida para esta región. Estoy actualmente realizando investigaciones con respecto a este problema metodológico.

<sup>3</sup>Ver por ejemplo Ernesto S. Liboreiro, "Effects of the European Economic Community Agricultural policies on Argentine Exports of Beef," disertación no publicada, Michigan State University, East Lansing, 1970, p. 197.

<sup>4</sup>Referencias útiles son James M. McGrann, "Macroeconomic Analysis of Opportunities for Increasing Beef Production: The Pampean Area, Argentina," disertación no publicada, Texas A and M University, College Station, 1973, pp. 175-183; también, James R. Simpson, "International Trade in Beef and Economic Development of Selected South American Countries," disertación no publicada, Texas A & M University, College Station, 1974.

<sup>5</sup>Ver también la referencia al McGrann en nota 4 para un análisis de Argentina.



CUADRO 1. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para el consumo per capita y la producción de carne en distintos países Latino-americanos

Región y País	Coeficientes de Determinación	
	Consumo per capita <sup>a</sup>	Producción
<u>América Central, Panamá y el Caribe</u>		
Costa Rica	Adj.	.96
República Dominicana	.71	.86
El Salvador	.83	.43
Guatemala	.13	.88
Honduras	.03	.86
Méjico	.13	.79
Nicaragua	.15	.83
Panamá	.67	.98
<u>América del Sur</u>		
Argentina	Adj.	.00
Brasil	Adj.	.86
Chile	.10	.02
Colombia	.69	.57
Paraguay	Adj.	.02
Perú	Adj.	.08
Uruguay	.14	.02
Venezuela	.63	.97

<sup>a</sup>Período 1961-1975.

CUADRO 2. Datos históricos y proyecciones del consumo y la producción de carne y déficit y sobrantes de América Central, Panamá y República Dominicana, 1930-85.

País y año	Consumo per capita	Consumo total	Producción total	Déficit	Sobrantes
	---kilo---	-----1000 ton. métrica-----			
Costa Rica					
1975	10.0	19.7	60.3		40.6
1980	9.0	20.6	68.9		48.3
1985	9.0	23.5	82.0		58.5
República Dominicana					
1975	6.0	28.2	37.1		8.9
1980	5.0	30.3	44.3		14.0
1985	4.3	30.8	50.1		19.3
El Salvador					
1975	6.0	24.1	26.4		2.3
1980	4.1	18.5	22.7		4.2
1985	3.1	17.5	29.9		12.4
Guatemala					
1975	9.0	54.7	71.5		16.8
1980	7.4	52.5	82.5		30.0
1985	7.1	58.3	94.7		36.4
Honduras					
1975	7.0	19.3	41.4		22.1
1980	6.1	21.9	53.0		31.1
1985	5.9	25.0	63.9		38.9
Méjico					
1975	14.0	842.1	889.0		46.9
1980	12.6	881.6	927.5		45.9
1985	13.0	1073.2	1072.4	0.8	
Nicaragua					
1975	14.0	30.2	57.8		27.6
1980	14.4	39.4	81.0		41.6
1985	14.9	47.9	95.1		47.2
Panamá					
1975	25.0	41.8	45.3		3.5
1980	26.5	51.1	52.2		1.1
1985	27.5	61.0	60.4	0.6	
Subtotal					
1975		1060.1	1228.8	0.0	168.7
1980		1115.9	1332.1	0.0	216.2
1985		1337.2	1548.5	1.4	212.7

CUADRO 3. Datos históricos y proyecciones del consumo y la producción de carne y déficit o sobrantes de otros países de Sudamérica, 1980-1985.

País y año	Consumo per capita	Consumo total	Producción total	Déficit	Sobrantes
	---kilo---	-----1000 ton. métrica-----			
Argentina					
1975	85.0	2174.3	2438.6		264.3
1980	72.5	1962.1	2342.6		380.5
1985	70.6	2024.7	2346.2		321.5
Brasil					
1975	20.0	2124.6	2150.0		25.4
1980	18.0	2275.0	2574.4		299.4
1985	19.0	2756.6	2928.0		171.4
Chile					
1975	22.0	225.5	215.5	10.0	
1980	14.9	166.9	163.0	3.9	
1985	13.7	168.5	168.1	0.4	
Colombia					
1975	18.0	423.7	470.2		46.5
1980	14.4	435.1	484.7		49.6
1985	12.2	427.6	518.2		90.6
Paraguay					
1975	30.0	79.5	115.0 <sup>a</sup>		35.5
1980	29.0	88.8	118.0		29.2
1985	25.0	88.5	120.0		31.5
Perú					
1975	6.0	93.7	84.6	9.1	
1980	5.4	95.9	83.0	12.9	
1985	4.8	97.8	81.0	16.8	
Uruguay					
1975	86.0	263.2	345.0		81.8
1980	52.3	170.7	308.7		138.0
1985	45.6	156.2	314.2		158.0
Venezuela					
1975	21.0	251.8	264.3		12.5
1980	20.6	291.7	290.3	1.4	
1985	20.4	333.4	331.8	1.6	
Subtotal					
1975		5636.3	6083.2	19.1	466.0
1980		5486.2	6364.7	18.2	896.7
1985		6053.3	6807.5	18.8	773.0

<sup>a</sup>Estimados.

CUADRO 4. Resumen de datos históricos y proyecciones del consumo total, producción y sobrante de carne disponible para la exportación en distintos países de América Latina, 1980-1985.

	Consumo total	Producción total	Disponible para Exportación
	-----1000 ton. métrica-----		
Total			
1970	5369.9	6369.4	999.5
1975	6696.4	7312.0	615.6
1980	6602.1	7696.8	1094.7
1985	7390.5	8356.0	965.5
América Central, Panamá y República Dominicana			
1970	685.0	950.4	265.4
1975	1060.1	1228.8	168.7
1980	1115.9	1332.1	216.2
1985	1337.2	1548.5	211.3
América del Sur			
1970	4684.9	5419.0	734.1
1975	5636.3	6083.2	446.9
1980	5486.2	6364.7	878.5
1985	6053.3	6807.5	754.2

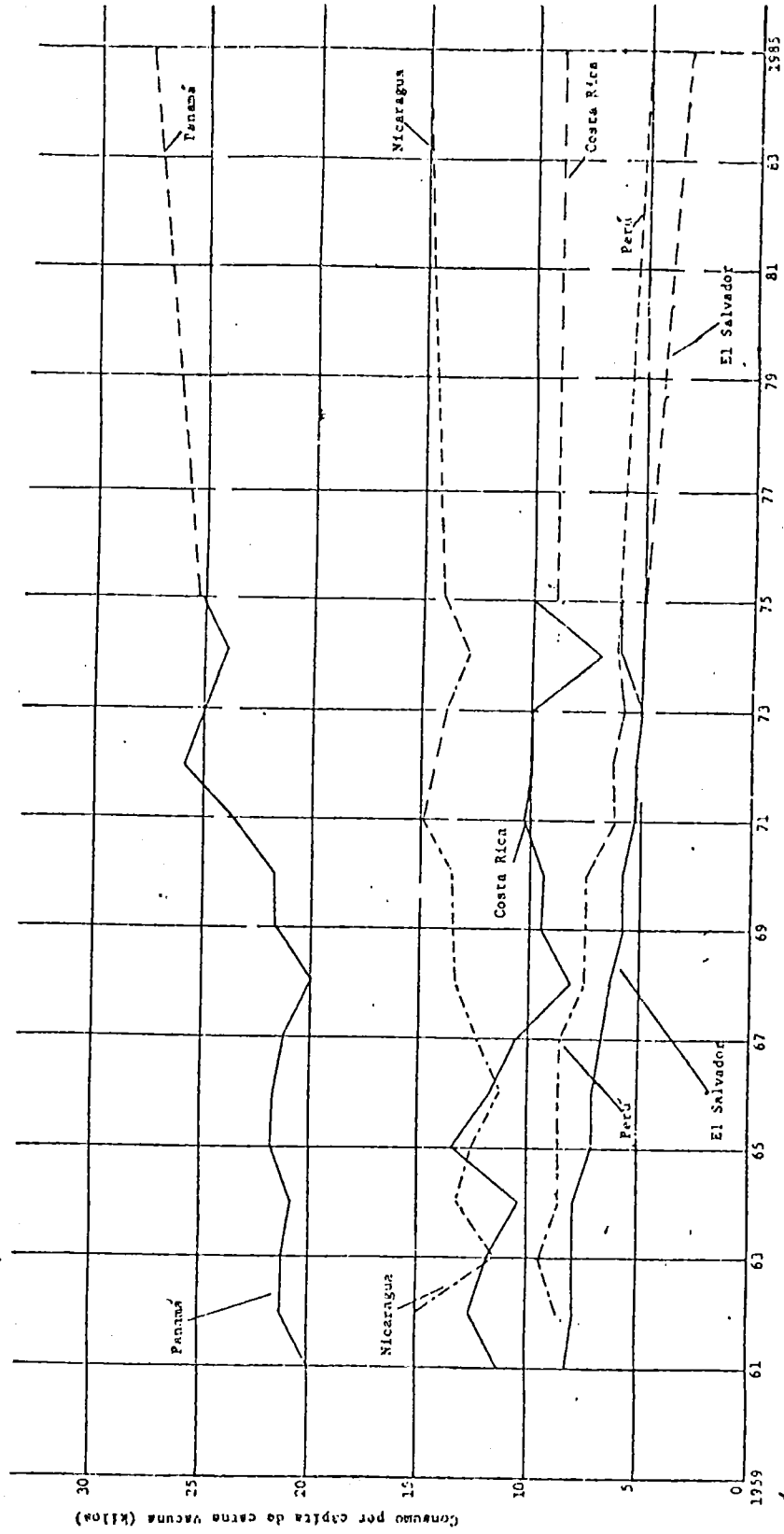
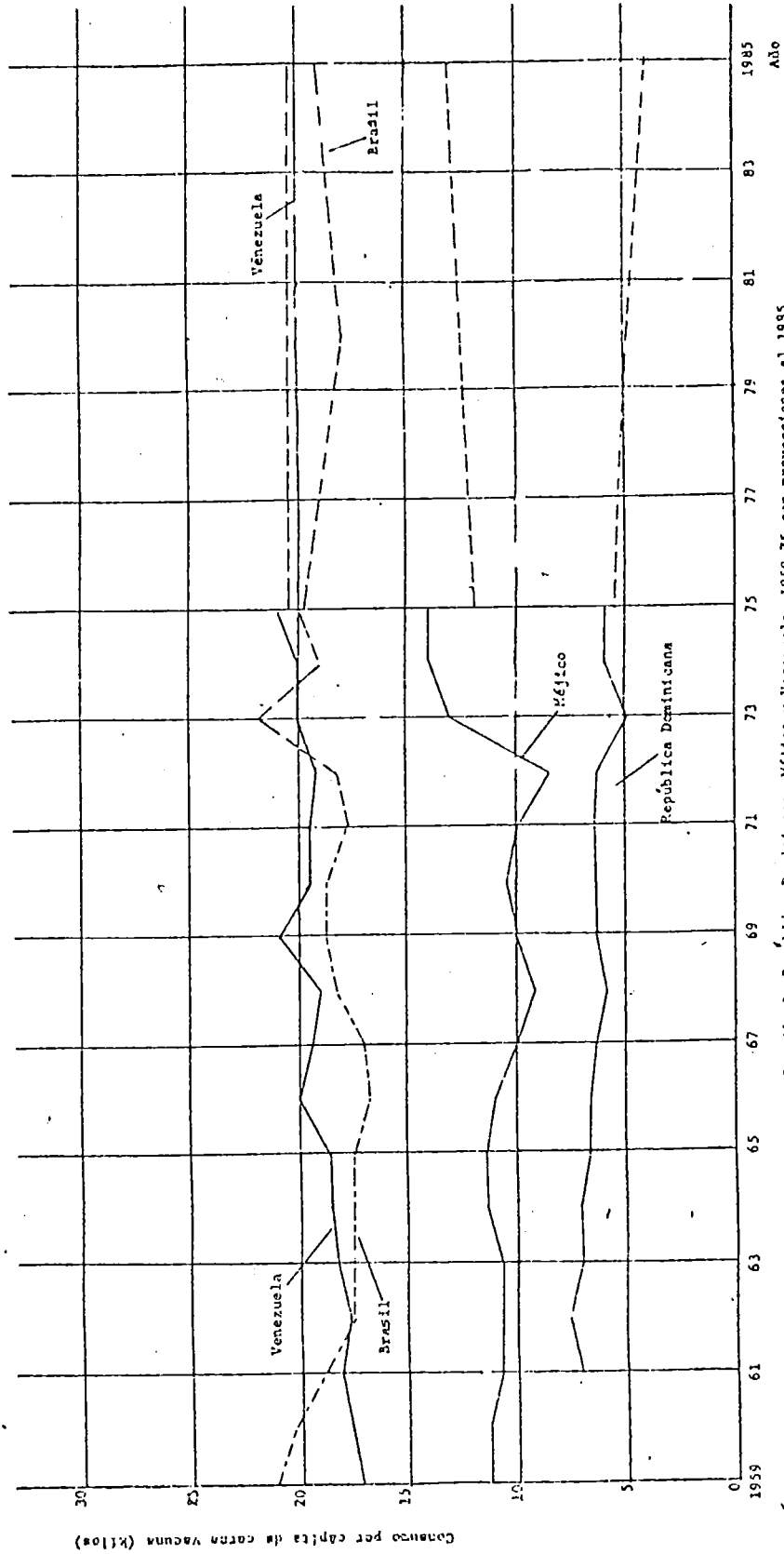
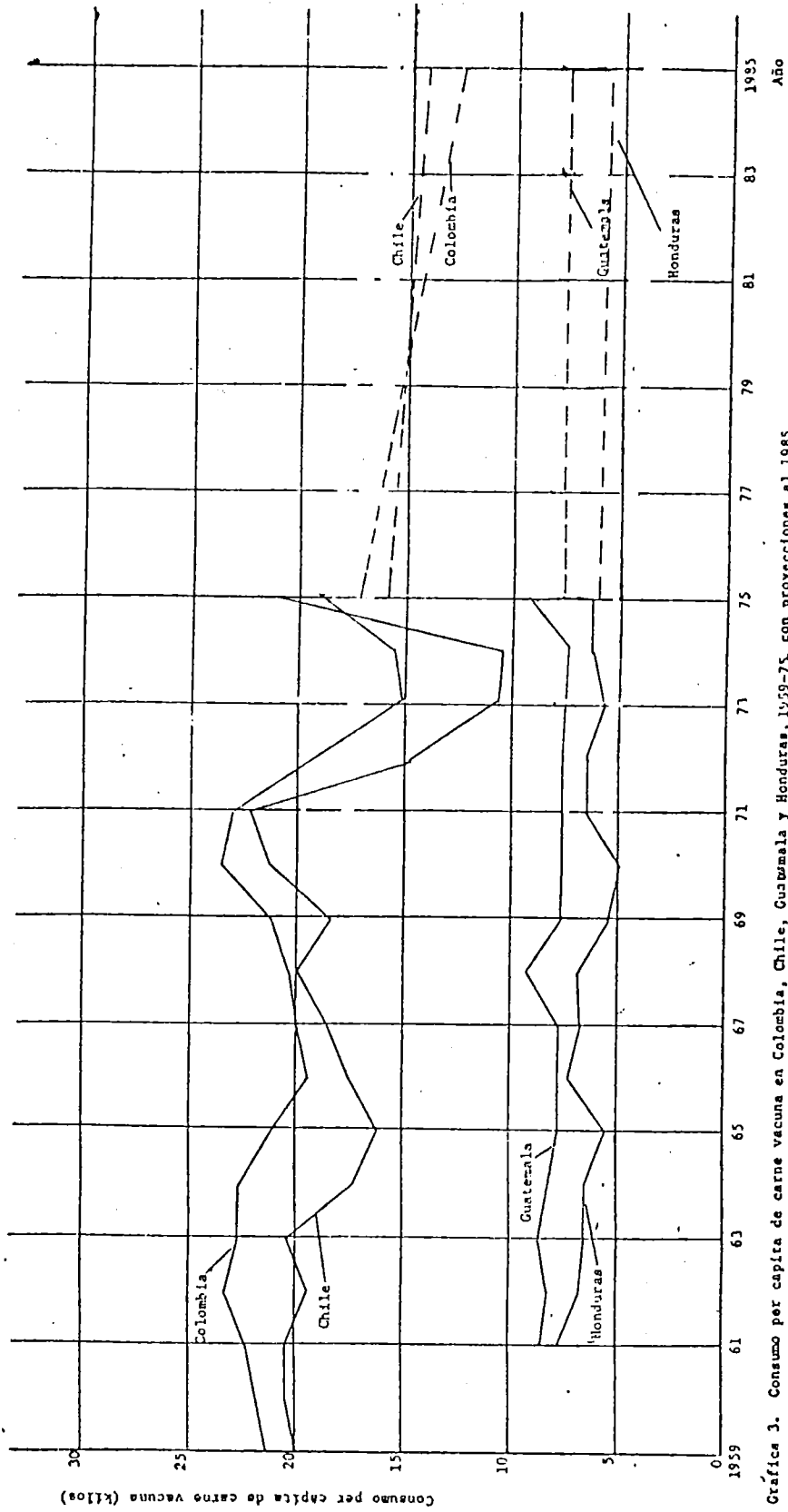


Gráfico 1. Consumo per capita de carne vacuna en Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, Panamá, y Perú, 1961-75 con proyecciones al 1985.



Gráfica 2. Consumo per capita de carne vacuna en Brasil, la República Dominicana, México y Venezuela, 1959-75 con proyecciones al 1985



Gráfica 3. Consumo per capita de carne vacuna en Colombia, Chile, Guaymala y Honduras, 1959-75 con proyecciones al 1985

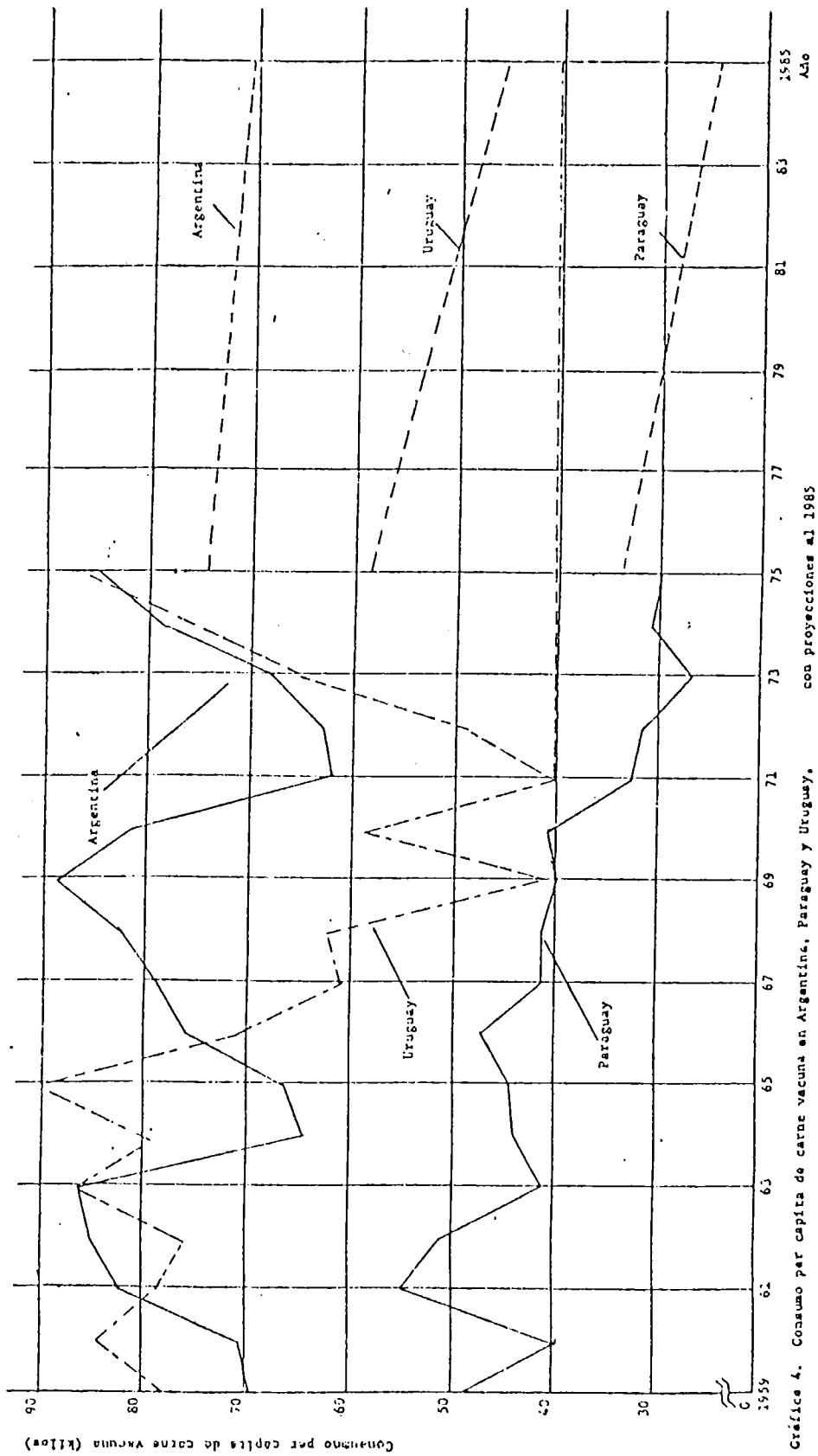
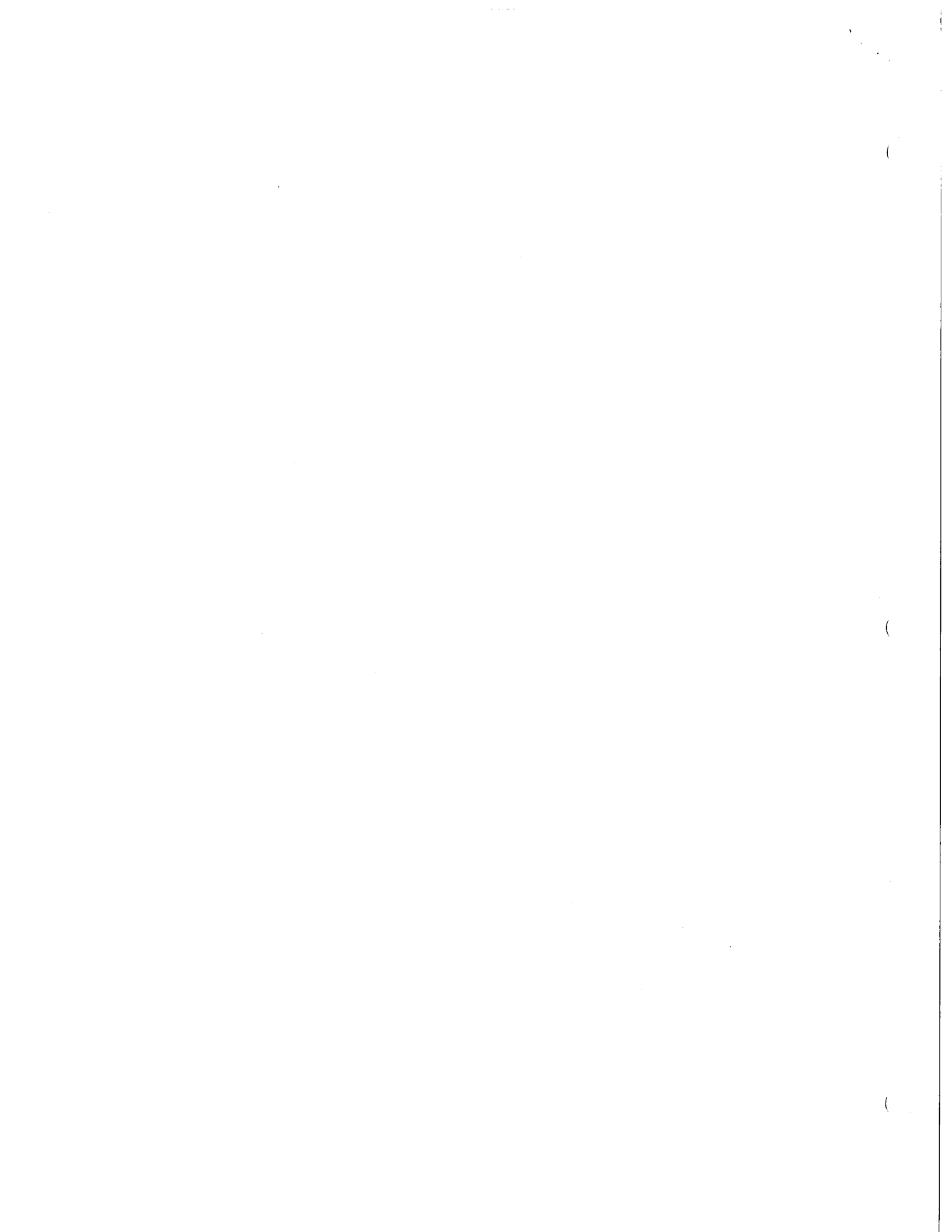


Gráfico 4. Consumo per cápita de carne vacuna en Argentina, Paraguay y Uruguay, con proyecciones al 1985





EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CRIA  
Y ENGORDE EN LOS LLANOS ORIENTALES COLOMBIANOS

Gustavo A. Nores\*  
Rubén Darío Estrada\*

RESUMEN

Utilizando resultados preliminares obtenidos en un experimento de sistemas de hatos, se evaluó la rentabilidad de sistemas alternativos de cría mediante simulación a nivel de finca, efectuada con un modelo de presupuesto computarizado. El mismo hato inicial se desarrolló durante un período de 25 años y el flujo de ingresos netos de la finca se utilizó para calcular la tasa interna de retorno de cada sistema, mediante el método de flujos de caja descontados.

Los tratamientos experimentales considerados como sistemas alternativos fueron: (a) sistema nativo con suplementación de sal, (b) suplementación ad libitum con minerales, (c) idem pero destetando todos los terneros a los tres meses de edad, (d) pastoreo del hato reproductor en praderas de Melinis minutiflora durante la estación lluviosa y de sabana nativa durante la estación seca, y (e) idem más destete precoz. Adicionalmente, se simularon dos sistemas bajo un conjunto de supuestos específicos: (f) pastoreo del hato reproductor en praderas de Brachiaria decumbens, y (g) pastoreo en mezclas de gramíneas y leguminosas.

De las alternativas para las que se cuenta con resultados experimentales, el pastoreo en praderas de sabana nativa con suplementación mineral es el sistema más rentable. Destete precoz no es rentable bajo las condiciones actuales de manejo y de costos; aunque podría convertirse en una alternativa

---

\* Economistas, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Trabajo presentado en el Seminario de Pastos y Forrajes Tropicales, CIAT, Abril de 1978.

económica en el caso en que una alta proporción de la finca se implantara con praderas mejoradas. Pastoreo de todo el hato reproductor en praderas de M. minutiflora es menos rentable que el sistema de sabana nativa. Los resultados de simulación indican que B. decumbens, en ausencia de subsidios vía crédito a bajas tasas de interés, sería de una rentabilidad similar al sistema nativo, mientras que el pastoreo del hato de cría en mezclas de gramíneas y leguminosas pueden ser significativamente más rentable.

Se evaluó la rentabilidad a nivel de finca de engorde en M. minutiflora y B. decumbens en base a resultados experimentales de cuatro años. Además, se simuló el engorde en mezclas de gramíneas y leguminosas sobre la base de supuestos conservadores en materia de ganancias de peso. Nuevamente, B. decumbens mostró ser más rentable que M. minutiflora, y las mezclas de gramíneas y leguminosas con bajo empleo de insumos parecen ser alternativas mucho más atractivas desde el punto de vista económico.

Los resultados de los análisis de sensibilidad indican que el valor de los insumos aplicados a las praderas, así como la frecuencia de su aplicación, afectan los niveles de rentabilidad en forma significativa. La respuesta animal a la fertilización de las praderas debe ser relativamente alta para que dicha práctica sea rentable. En conclusión, el uso de insumos mínimos (bajos costos de establecimiento y mantenimiento) parece ser la estrategia de investigación adecuada para sistemas en que el grueso del hato pastoree en praderas mejoradas. Sólo podrán utilizarse económicamente niveles altos de insumos cuando se emplee una superficie reducida de pradera mejorada de manera estratégica (con alta respuesta animal) o bajo condiciones de altos subsidios crediticios y/o a los precios de los insumos.

## INTRODUCCION

En los Llanos Orientales de Colombia\* predomina el sistema de cría extensiva. Las prácticas más comunes incluyen el pastoreo en praderas nativas, con cargas que oscilan entre 0.1 a 0.25 UA /ha, y suplementación con sal (no necesariamente ad libitum). Algunas fincas tienen un área pequeña de pastos mejorados, generalmente de menos de un 3% del área total. Las especies más comúnmente utilizadas son M. minutiflora Beauv., y B. decumbens Stapf. En general la productividad de los hatos es bastante baja. La tasa promedio de nacimientos es del orden de 45-55%, la proporción de abortos es alta y el número de vacas que conciben durante la lactancia es muy bajo (8, 11, 12). La alta tasa de mortalidad de terneros es otro factor que contribuye a que la tasa de extracción de la región sea baja (1,7).

En este estudio se evaluó la rentabilidad, a nivel de finca, de sistemas alternativos de cría y re cría o levante, utilizando los resultados preliminares de un experimento de ciclo parcial de vida de hatos de cría. El experimento fue realizado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias-Carimagua del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), como un proyecto en colaboración entre el ICA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El objetivo del experimento fue estudiar los efectos de diversas técnicas de manejo en el desempeño reproductivo y el crecimiento de hatos reproductores, e incluía las siguientes variables: suplementación mineral, pastoreo en sabana nativa y/o M. minutiflora, suplementación con úrea y melaza, destete precoz y dos razas de toros. Los resultados promedio de cuatro años reproductivos (reportados en 1) se utilizaron para evaluar la rentabilidad de sistemas seleccionados a nivel de la finca. La suplementación de úrea-melaza no se incluyó como sistema alternativo ya que en el experimento no se detectó ningún efecto de esta suplementación en los parámetros reproductivos (1).

---

\* Para una descripción detallada de las condiciones ambientales, así como los sistemas de producción prevalentes, ver 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

## SISTEMAS Y SUPUESTOS

Los tratamientos experimentales considerados como sistemas alternativos fueron:

Sistemas 1 y 2: Sistemas tradicionales en que todo el hato pastorea en sabana nativa, recibiendo suplementación de sal ad libitum con una ingestión promedio de 12 kg/año/UA de sal (similar a los Hatos 2 y 3 del experimento). En el Sistema 1 se asumió que la mortandad de terneros era de 15% en vez del resultado experimental de 26%, ya que este último valor parece sobreestimar las pérdidas reales a nivel de finca. En efecto, incluso una mortandad de terneros de un 15% implica que el hato se reduce en tamaño con el tiempo. Por lo tanto se incluyó el Sistema 2 como un caso más representativo del sistema prevalente en la región (Cuadro 1).

Sistemas 3 y 4: Pastoreo de todos los animales en praderas nativas, con suplementación ad libitum de una mezcla mineral completa con una ingestión promedio de 16 kg/año/UA (como en los Hatos 4 y 5).

Sistemas 5 y 6: Iguales a los anteriores pero con destete de todos los terneros a los 86 días de edad. En el experimento, los terneros destetados recibieron un suplemento calórico-protéico (20% de proteína) de 0.75 kg/día durante un mes, y Axonopus scoparius (Flugge) Hichte ad libitum y picado. Durante un período adicional de dos meses se les suministró 0.5 kg/día del mencionado suplemento, pastoreando en rotación Paspalum plicatulum Michx., Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw (cuando se encontraba disponible), y una mezcla de M. minutiflora e Hyparrhenia rufa (Wees) Stapf. Después de los seis meses de edad, los terneros pastorean sabana nativa y reciben solamente suplementación mineral. Dada la ubicación y las condiciones de las praderas utilizadas en los tratamientos de destete precoz del experimento, y con el fin de extrapolar los resultados de los tratamientos a nivel de finca, se asumió que dichos pastos necesitaban irrigación durante la época seca. Por lo tanto, se añadió a los costos de este tratamiento, el valor de un equipo pequeño de irrigación y los gastos correspondientes de mano de obra y operación.

Sistemas 7 y 8: Pastoreo de vacas, toros y terneros lactantes en praderas de M. minutiflora durante la estación lluviosa y sabana nativa durante la estación seca; todos los animales recibieron suplementación mineral ad libitum, con un consumo promedio de 22 kg/año/UA (como en los Hatos 6 y 7).

Sistemas 9 y 10: Similar a Sistemas 7 y 8 pero destetando a los 86 días, con un tratamiento de los animales destetados similar al utilizado para los Sistemas 5 y 6.

Sistema 11: Igual al Sistema 7, pero con pastoreo en praderas de B. decumbens durante la estación lluviosa con una carga de 1.7 UA /ha, y sabana durante la estación seca. Se asumió que el desempeño reproductivo y de aumento de peso serían iguales a los del Sistema 7, y que esta especie requeriría una fertilización inicial similar a M. minutiflora, con una aplicación adicional de 200 kg/ha de Escoria Thomas cada dos años.

Sistema 12: Pastoreo de vacas, toros y terneros lactantes en una pradera hipotética de mezclas de gramíneas y leguminosas, con una carga de 2.0/1.0 UA/ha, en las estaciones lluviosa y seca respectivamente. En este sistema, los parámetros de reproducción y producción asumen valores arbitrarios considerados como metas deseables.

Para cada sistema basado en resultados experimentales (Sistemas 3 al 10) se consideraron dos casos en términos de las tasas de natalidad y mortandad de terneros. En el primer caso, se extrapolaron los valores experimentales de estos parámetros directamente al nivel de finca (sistemas denotados por números impares). En el segundo caso (sistemas denotados por números pares) ambos parámetros recibieron valores arbitrarios a nivel de finca que eran más bajos que los obtenidos en el experimento. En cada caso los valores de las tasas de natalidad se obtuvieron restando una desviación standard de los valores medios experimentales correspondientes. Los porcentajes de mortandad de terneros también fueron fijados arbitrariamente a niveles más bajos que los experimentales, suponiendo un buen manejo de los animales durante la etapa cercana al parto.

Los principales parámetros biológicos utilizados para simular el desarrollo del hato bajo cada sistema se presentan en el Cuadro 1. Dado que, al

comienzo del experimento, la distribución de frecuencia del peso de las vaquillas en el momento de la concepción alcanzaba su máximo a los 270 kg, se utilizó este peso como criterio de apareamiento en todos los sistemas. La edad de apareamiento para cada sistema se obtuvo simulando el crecimiento de las vaquillas a partir del peso promedio experimental por tratamiento a los 18 meses de edad, añadiendo los promedios de ganancias de peso anual obtenidas en experimentos con novillos en tratamientos similares (6), y haciendo un ajuste de un 10% menos para tomar en cuenta las diferencias de peso entre machos y hembras. En sistemas de destete precoz versus destete normal, se asumió que las diferencias absolutas de peso que se observaron a los 18 meses de edad se mantenían a través del tiempo.

Otros parámetros utilizados en el desarrollo de hatos para todos los sistemas fueron: relación toro/vaca 1:20; reemplazo de vacas 15% anual; reemplazo de toros 20% anual; e igual proporción de machos y hembras en los nacimientos.

#### METODO

Sobre la base de dichos parámetros y supuestos, se simuló el desarrollo de un hato inicial de 190 vacas para todos los sistemas durante un período de 25 años, para una finca comercial de 2.500-3.000 ha. El flujo de ingresos netos de la finca se utilizó para calcular la tasa interna de retorno de cada sistema mediante el método de flujos de caja descontados. Los precios utilizados corresponden a precios promedios de 1976 a nivel de finca, asumiéndose que estos precios permanecerían constantes a través del tiempo en términos reales. A efectos del computo, se utilizó un modelo de presupuesto computerizado (HATSIM), desarrollado en el CIAT (2).

Los costos de establecimiento de praderas utilizados, fueron los costos de sistemas convencionales de siembra (2 disqueadas) en 1976; es decir, US\$120, 133 y 155 por ha para M. minutiflora, B. decumbens y la pradera de gramíneas y leguminosas, respectivamente. Se supuso que M. minutiflora persistiría 25 años sin necesidad de refertilizar; que la persistencia de la B. decumbens sería de 12 años y requeriría sólo 30 kg/ha de  $P_2O_5$  al establecimiento y una refertilización similar cada dos años. Asimismo, se supuso que la persistencia de la pradera de gramíneas y leguminosas sería de 12 años

y requeriría 50 kg/ha de  $P_2O_5$ , 25 de  $K_2O$  y 20 de S y 20 de Mg en el momento de establecimiento. El costo anual de mantenimiento de esta pradera se estimó en US\$22/ha/año, equivalente a aplicaciones de 30 kg/ha de  $P_2O_5$ , 10 de  $K_2O$ , 5 de S y 5 kg/ha de Mg, a precios de 1976.

Debido a que los precios de los insumos y del ganado varían de acuerdo a la distancia al mercado, las evaluaciones se realizaron para dos regiones: (a) la comprendida entre Puerto López y Puerto Gaitán, y (b) el área alrededor de Carimagua, que está más alejada del mercado (Bogotá). Los precios de mercado de tanto los insumos como del ganado fueron corregidos tomando en cuenta los costos de transporte, con el objeto de obtener los precios a nivel de finca para cada región.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 resume el desempeño resultante de los sistemas para fincas comerciales de 2.500 a 3.000 ha. Estos resultados se analizan a continuación, utilizando como criterio la tasa de retorno al capital y manejo.

##### Minerales

Los sistemas 3 y 4, de pastoreo en sabana nativa con suplementación mineral son los más rentables entre las alternativas consideradas. La única excepción es el Sistema 12, el cual simula el caso de una pradera con mezcla de gramíneas y leguminosas. En orden decreciente de rentabilidad lo siguen los Sistemas 5 y 6 (que incluyen el destete precoz), y el Sistema 2 (sistema nativo suplementado con sal).

Cuando se analiza la viabilidad de la adopción de una nueva tecnología, se debe considerar la rentabilidad de pasar del sistema existente al sistema propuesto. La tasa de retorno incremental puede utilizarse como estimado de dicha rentabilidad. Es decir, el retorno al capital adicional requerido por el nuevo sistema, incluyendo el capital circulante. Esta tasa de retorno incremental se define como aquella tasa que, utilizada para descontar, iguala el valor descontado de los aumentos en ingreso bruto al valor descontado de los aumentos en costos. En el caso de pasar del Sistema 2 al Sistema 3, se encontró que la tasa de retorno incremental era de un 25% (Cuadro 3). Por tanto, la suplementación mineral puede considerarse como altamente rentable



en el caso de los Llanos Orientales colombianos. Una de las razones por las cuales dicha práctica no se ha generalizado aún en dicha región, puede ser la reducción de ingresos netos que ocurre durante los primeros años de su implementación, hasta que la producción adicional es vendida (Cuadro 2). Asimismo, debido al gran tamaño de las fincas y a las distancias entre potreros, la falta de medios de transporte en las fincas hace que en muchos casos el suministro regular de minerales a todo el ganado resulte dificultoso. La irregularidad en la suplementación de minerales probablemente reduce el impacto de este tratamiento. Además de los factores anotados, otras razones como ausentismo, las dificultades de acceso a las fincas durante la estación lluviosa y dificultades para obtener en el mercado mezclas de alta calidad regularmente, pueden contribuir a explicar por qué en esta región no se ha generalizado aún el uso regular de la suplementación mineral.

#### Destete Precoz

A pesar de que esta práctica resulta en un gran aumento de la natalidad, no resultó rentable a los niveles actuales de costos y manejo de la región. Como puede observarse en el Cuadro 2, la tasa de retorno del Sistema 5 fue más baja que la del Sistema 3. Asimismo, se observó una reducción considerable en el ingreso neto durante los primeros años siguientes a la implementación de dicha práctica.

El desempeño relativamente pobre de los terneros precozmente destetados, especialmente los que fueron destetados durante la estación seca (1), el alto costo del suplemento calórico-protéico y de la mano de obra, y los costos de establecimiento y mantenimiento del pasto mejorado contribuyen a este resultado, contrarrestando los beneficios económicos de una mayor producción. Como se señala en CIAT (1), "debido a la baja fertilidad del suelo y la distribución de la precipitación, no existe actualmente tecnología disponible (para esta región) para producir a nivel de finca, y con bajos niveles de insumos: (1) los componentes de un concentrado adecuado; (2) especies forrajeras de corte, con alto rendimiento durante el año; y (3) especies forrajeras con valor alimenticio adecuado". En la actualidad, por tanto, el destete precoz en sistemas de monta continua no resulta rentable en esta región, debido a que requiere disponibilidad de alimentos de alta calidad durante todo el año.

A pesar de la demora en la recuperación de lo invertido, esta práctica resulta ligeramente más rentable que el destete normal en sistemas de pastoreo intensivo (9 y 10 versus 7 y 8), ya que, al aumentar la eficiencia reproductiva se reduce la inversión requerida en pradera por unidad de producto (ventas de ganado). Sin embargo, estos resultados mas que un indicativo de rentabilidad del destete precoz, reflejan la necesidad de reducir el costo de las praderas mejoradas si se han de implantar en una proporción importante de la finca.

No obstante, debido a que es un hecho que el destete precoz aumenta considerablemente las tasas de natalidad al reducir el "stress" de la lactancia, esta práctica amerita nuevas investigaciones tanto en términos de un período de lactancia más prolongado (más de 84 días) para evitar la suplementación con concentrados, como en relación a lograr un mejor desempeño de los destetos mediante el uso de forrajes de alto valor nutritivo durante todo el año. Esto enfatiza una vez más la necesidad de continuar los esfuerzos de investigación en materia de pastos y forrajes adaptados a la región.

#### Praderas Mejoradas

Los sistemas basados en el pastoreo en M. minutiflora durante la época de lluvias (Sistemas 7 y 8) alcanzaron una rentabilidad de sólo la mitad de la obtenida con sistemas de sabana nativa (Sistemas 3-4, Cuadro 2). Ello se debe a que la inversión total requerida se duplica, pues se trata de una gramínea de baja receptividad (0.5 UA/ha).

Con una capacidad de carga más alta (1.7 UA/ha) como en el caso del Sistema 11 (simulado con B. decumbens, suponiendo el mismo desempeño productivo y reproductivo que en el caso de M. minutiflora) se aumenta notablemente el retorno al capital. Sin embargo, el estimado obtenido para la tasa de retorno incremental (9.4%, Cuadro 3) cuando se sustituye el sistema nativo por éste, sugiere que en operaciones de cría no es altamente rentable el pastoreo de todo el hato reproductor en B. decumbens. Como se verá mas adelante, el crédito subsidiado aumenta la rentabilidad de este sistema.

El Sistema 12, en el que se simula el hato reproductor pastoreando mezclas de gramíneas y leguminosas, parece ser una alternativa promisoría desde el punto de vista económico. Ambas tasas internas de retorno, la

global y la incremental, pueden considerarse atractivas (Cuadro 2 y 3). Mas aún, si resultase posible obtener resultados reproductivos similares mediante el uso estratégico de una área menor en pradera mejorada, el retorno de la inversión (que sería más pequeña) aumentaría considerablemente, aumentando así la probabilidad de que un grupo más amplio de productores adoptara este sistema. Por uso estratégico se entiende el pastoreo de la pradera con animales que tienen una alta capacidad de respuesta). Tal sería el caso del pastoreo con vacas lactantes durante la época seca en particular, o para recuperar animales enfermos o débiles y evitar pérdidas de capital por mortandad.

La pradera nativa tiene una marcada estacionalidad en términos de volumen de materia seca producida y calidad (es decir, digestibilidad, contenido de proteína, ....). Como ello también ocurre, en general, con los pastos mejorados (los cuales usan capital, un recurso escaso), no es recomendable sustituir un sistema por el otro, sino más bien suplementar el pasto nativo con pastos mejorados, aprovechando así la calidad superior de estos últimos durante la estación seca. Esto es particularmente válido para explotaciones de cría con monta continua.

Aquellos pastos mejorados de alta carga, cuya producción es altamente estacional tanto en volumen como en calidad, pero cuya digestibilidad es baja durante la estación seca, pueden sin embargo ser atractivos para engorde durante la época de lluvias, en áreas con alto valor de la tierra. Sustitución de tierra cara por capital puede ser justificable en tal caso. Asimismo, la posibilidad de obtener altas ganancias de peso debido a efectos compensatorios permitiría una rápida rotación del capital invertido en los animales.

Sin embargo, en áreas con bajos costos de oportunidad de la tierra, como ocurre en los Llanos Orientales, poca es la ventaja que se obtiene reemplazando los pastos nativos por pastos mejorados, como M. minutiflora, el cual además de su baja receptividad posee baja calidad nutritiva durante la estación seca. En explotaciones de cría, no existen ganancias compensatorias en un sentido reproductivo. La falta de concepciones, así como los abortos y la alta mortalidad durante la estación seca, no pueden compensarse durante la estación productiva de la pradera. Por lo tanto, en la investigación en forrajes, se debe hacer énfasis en la búsqueda de maneras de suple-

mentar los pastos nativos con pastos mejorados que tengan un alto valor nutritivo durante la estación seca, en vez de reemplazar el uno por el otro.

Jarvis (3), después de un análisis detallado de la difusión de pastos mejorados en Uruguay, concluye: "la mayoría de los productores encuentran que los pastos artificiales son altamente rentables cuando se les siembra en una proporción reducida de sus fincas, pequeña proporción que suministra una mejor base nutritiva durante los meses cruciales del invierno;.... (los pastos mejorados) se han utilizado para suplementar los tradicionales, no para reemplazarlos... y no han sido rentables para la mayoría de las fincas que los sembraron en proporciones altas".

Dado que los pastos mejorados representan una inversión considerable y no exenta de riesgos, es razonable que los productores los utilicen de "manera estratégica" como suplemento del forraje disponible en los pastos nativos. Las praderas mejoradas se utilizan primero para el pastoreo de animales con una alta capacidad de respuesta. Un aumento de la proporción de tierra en pradera mejorada implicaría pastorearla con animales que poseen una menor capacidad de respuesta, o durante etapas del ciclo de vida de los animales en que éstos responden en menor proporción, y por tanto dicho aumento en área podría ser poco rentable y riesgoso. Mas aún, a menos que sea económicamente viable conservar los forrajes (mediante henificación o ensilaje), parte del forraje de la pradera mejorada (y de la pradera nativa) probablemente será desperdiciado durante la estación lluviosa. Aunque la quema de la sabana nativa es una práctica muy común en la región, su uso para controlar el crecimiento excesivo representa un riesgo en el caso de algunas gramíneas y leguminosas introducidas. Puede resultar riesgoso tanto el pastoreo insuficiente como el pastoreo excesivo en términos de la persistencia de la pradera, particularmente en el caso de mezclas de leguminosas y gramíneas. Como dice Jarvis (3) "se requiere considerable experiencia antes de poder manejar adecuadamente las praderas mejoradas... y cuanto más grande sea la proporción de éstas en una finca, mayor será la sofisticación de manejo y dedicación requerida".

Por lo tanto, parece lógico concluir que en la investigación sobre pastos se debe hacer énfasis en la búsqueda de praderas de fácil manejo y buena calidad forrajera durante la estación seca, y que la investigación en

manejo animal debe hacer hincapié en el uso estratégico de las praderas mejoradas, en lugar de emplearlos para pastoreo de todo el hato reproductor.

#### Persistencia y Riesgo de Establecimiento

El Cuadro 4 ilustra el efecto de la persistencia de la pradera en la tasa interna de retorno. En los sistemas que usan un área limitada de pastos mejorados para destete precoz (tal como ocurre en el Sistema 5), la duración de la pradera tiene un efecto negligible. Sin embargo, cuando el área sembrada es de gran tamaño y la carga es baja (0.5 UA/ha), los retornos del capital son bastante sensibles a la duración de la pradera (Sistemas 7 y 9).

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del análisis de sensibilidad sobre la persistencia de pastos y las pérdidas al establecimiento. Se consideran dos casos: el Sistema 7 y el Sistema 7', este último bajo el supuesto de una reducción del 50% en los costos de establecimiento de la gramínea (M. minutiflora). Puede observarse que la reducción en el costo de establecimiento sin que se afecte la capacidad de carga, no sólo aumenta el retorno a la inversión, sino que también implica que estos retornos son menos sensibles a fracasos en establecimiento de la pradera y a los riesgos de persistencia. Esta es una de las razones por las cuales una política de insumos bajos y prácticas tales como una labranza mínima, representan alternativas promisorias cuando todo el hato reproductor pastorea la pradera mejorada. Estas alternativas pueden no ser relevantes cuando se trata de áreas pequeñas para uso estratégico.

#### Financiación

En Colombia, como en otros países de América Latina, la tasa nominal de interés en préstamos bancarios es más baja que la tasa de inflación. Esto de hecho implica financiación bajo condiciones de subsidio. Se asumen las siguientes condiciones: una tasa anual de inflación esperada de un 30%, una tasa nominal de interés del 18% y cuatro años de gracia en un préstamo de 12 años de plazo. Estas condiciones prevalecen actualmente en los Llanos Orientales, aunque posiblemente no prevalezcan a largo plazo. El Cuadro 6 se incluye para ilustrar el efecto que este tipo de incentivo tiene sobre el retorno del capital del ganadero. Puede observarse que a medida que aumenta la proporción de la inversión inicial financiada bajo estas condiciones,

también se producen aumentos en la rentabilidad de todos los sistemas. Pero aún con una financiación de un 60%, el Sistema 7 (pastoreo en praderas de M. minutiflora) no es tan rentable como los Sistemas 2 y 3 (pastos nativos mas sal y minerales respectivamente) sin ninguna financiación. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el Sistema 11 que simula pastoreo de B. decumbens. Con una financiación de mas de 30-40% bajo tales condiciones de subsidio, este sistema resulta más rentable que los Sistemas 2 y 3. Ello contribuye a explicar porque en la actualidad muchos productores de los Llanos están implantando dicha gramínea.

#### Valores de la Tierra

Cuando se analiza la rentabilidad de sistemas alternativos de producción que son relativamente similares en intensidad del uso de la tierra, el valor de ésta no se incluye en la inversión inicial a efectos del análisis económico. La pregunta pertinente es: dado que el productor ya ha invertido en tierra, ¿cuál de los sistemas de producción es más rentable?

Sin embargo, cuando comparamos los retornos sobre el capital de una determinada tecnología en dos regiones ecológicamente homogéneas, pero que enfrentan precios distintos para insumos y productos (debido a la diferencia en las distancias a los mercados), el valor de la tierra debe ser incorporado en el análisis para explicar las diferencias de rentabilidad entre las regiones. Si se adopta la misma tecnología en ambas áreas, se espera que los precios de la tierra compensen en buena parte la diferencia en rentabilidad debida a los distintos precios de insumos y productos. Las regiones más lejanas al mercado, y por tanto con precios menos favorables, tendrán un retorno al capital más bajo (vis-à-vis la región cercana al mercado) cuando el valor de la tierra no se incluye en el monto de la inversión inicial. Esto explica la diferencia en retornos entre la Región A y la Región B, como se muestra en el Cuadro 2. Al comparar los sistemas de destete normal (3 y 7) con los sistemas de destete precoz (5 y 9), puede observarse que las diferencias regionales en retornos son mayores en el caso de sistemas que incorporan el destete precoz. Esta es una indicación de lo obvio: la tecnología que utiliza un mayor volumen de insumos (concentrados en este caso) tiene menor probabilidad de adopción en regiones más lejanas del mercado debido a costos de transporte.

El Cuadro 8 ilustra el efecto producido por una tecnología (praderas

mejoradas) ahorradora de tierra sobre el retorno al capital total del ganadero, incluyendo el valor de la tierra. Se asumió que el precio real de la tierra aumentaría a una tasa anual del 2%. En dicho cuadro, el área por debajo de la línea representa situaciones en las que el Sistema 11 (B. decumbens más minerales) es preferible al Sistema 3 (pasto nativo más minerales, Cuadro 7), utilizando como criterio la tasa de retorno total al capital. Esto explica en parte porque, usualmente, la tecnología ahorradora de tierra (pastos con alta capacidad de carga), es adoptada primero en áreas cercanas a los mercados, en las cuales la tierra tiene mayor valor, aún cuando las condiciones ecológicas sean similares.

En resumen, el hecho de que en los Llanos Orientales muchos productores están sembrando B. decumbens, aunque este pasto no sea más rentable que el sistema nativo, resulta explicable por factores tales como: (1) financiación subsidiada, (b) valores más altos de la tierra en regiones cercanas al mercado, (c) costos de establecimiento más bajos que los que se asumen en este estudio, debido a circunstancias particulares de algunos productores (por ejemplo, bajo costo de oportunidad de maquinaria y/o mano de obra utilizada en otras empresas de su propiedad), y (d) propósitos de engorde o ceba, analizados a continuación.

#### Sistemas de Engorde o Ceba

Se simuló una finca de engorde de 1.000 ha en la Región A, sobre la base de resultados obtenidos durante cuatro años de experimentación en la Estación Experimental del ICA en Carimagua (1, 6). Como en casos anteriores, el análisis económico se llevó a cabo para un período de 25 años. Se utilizaron los precios de 1976 y se asumió que estos precios permanecerían estables a través del tiempo. El flujo de ingresos netos se usó para calcular la tasa interna de retorno, utilizando el método de flujos de caja descontados, quedando los precios, por consiguiente, expresados en términos reales.

Se evaluaron cuatro sistemas de engorde: (a) pastoreo en M. minutiflora durante 274 días con una carga de 0.44 UA /ha, (b) igual al anterior pero con carga de 0.88 UA /ha, (c) pastoreo en B. decumbens durante un período similar con carga de 1.3 UA/ha, y (d) igual al anterior pero con carga de 1.7 UA/ha. Los resultados de los cuatro sistemas aparecen en el Cuadro 9. Utilizando el retorno al capital (excluyendo el valor de la tierra) como

criterio, puede verse que aunque el Sistema B produce mayor rendimiento por ha es menos rentable que el Sistema A, el cual tiene una carga más baja. Sólo en áreas donde los valores de la tierra fueran altos sería más rentable el Sistema B que el A.

Se puede llegar a una conclusión similar al comparar los Sistemas C y D. Es decir, aunque el capital invertido en pastos esté produciendo más en los sistemas con mayor carga, el capital invertido en los animales produce considerablemente menos, contrarrestando dichos beneficios y resultando en una tasa de retorno global más baja. Por lo tanto, bajo las condiciones prevalentes en la región, la carga óptima parece estar más cercana a la producción máxima por cabeza que la producción máxima por ha. En regiones con alto valor de la tierra se daría la situación inversa.

El Sistema C es considerablemente más rentable que los otros sistemas. Este resultado tiende a reforzar los obtenidos en la simulación del Sistema 11 con pastoreo del hato reproductor en B. decumbens. Como ya se indicó, se asumió en los cálculos que esta especie en particular podría persistir durante 12 años sin pérdida de productividad y que no necesitaría nueva fertilización, a excepción de aplicaciones de 30 kg de  $P_2O_5$  cada dos años. Debe anotarse, sin embargo, que no hay hasta el presente evidencia concluyente sobre el mantenimiento de la productividad de esta especie sin aplicaciones periódicas de N.

Adicionalmente, se simularon dos sistemas de engorde en una pradera de gramíneas y leguminosas (casos hipotéticos E y F). Las ganancias de peso asumidas, así como las tasas de retorno al capital y manejo resultantes, se presentan en el Cuadro 9. Resultados experimentales, aunque preliminares e incompletos debido a la falta de persistencia de la leguminosa (S. guianensis en este caso) nos inducen a pensar que las ganancias de peso por cabeza y por ha asumidas son viables, e inclusive conservadoras (1, 6). Al comparar los retornos sobre la inversión de los sistemas que utilizan gramíneas (A, B, C y D) con los retornos de los sistemas basados en mezclas de gramíneas y leguminosas (E y F), se corrobora la superioridad esperada de estos últimos, reforzando la necesidad de continuar buscando mezclas persistentes y adaptadas a la zona.

El Cuadro 10 se incluye para ilustrar el tipo de resultados económicos que podría esperarse de distintas praderas que necesitasen niveles y frecuen-



cias de insumos diferentes a fin de lograr una producción animal similar. Cada casilla del cuadro representa una pradera diferente que requiere la aplicación de una cantidad determinada de fertilizantes (por el valor indicado en la columna respectiva) con una frecuencia determinada (como se indica en la fila) a fin de producir lo mismo que el Sistema C con igual carga (Cuadro 9). Cabe señalar que, en la región de Carimagua y a los precios de 1976, las cantidades indicadas en el Cuadro 10 permitirían adquirir los siguientes volúmenes de N ó P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:

<u>kgs de</u>	<u>en forma de</u>	<u>US\$28</u>	<u>US\$42</u>	<u>US\$56</u>
N	úrea	50	75	100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Escoria Thomas	67	101	135
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SFT	39	58	78

Como puede observarse en el Cuadro 10, si se mantienen todos los otros factores estables, las praderas que requieren fertilización frecuente (aún a niveles bajos), son notablemente menos rentables que las que sólo requieren tasas de establecimiento bajas. Las praderas que necesitan la misma fertilización pero con mayor frecuencia son también notablemente menos rentables. A fin de compensar estas diferencias en retornos, es preciso que la respuesta animal a la fertilización de la pradera sea suficientemente alta. Por ejemplo, si una pradera necesita una dosis de mantenimiento de 75 kg/ha/año de N (por un valor de US\$42), se estima que la producción animal debe ser por lo menos de un 50% mayor a fin de ser tan rentable como el Sistema C (B. decumbens).

Por consiguiente, parece lógico concluir que, en el caso de la región de Carimagua, las praderas que necesitan fertilización frecuente pueden ser alternativas económicas quizá sólo en casos de pastoreo estratégico con animales de alta capacidad de respuesta.

Alternativamente, en el caso de aquellos sistemas en que el pastoreo de la pradera se realice con la mayor parte del hato (fincas de engorde, o pastoreo con todo el hato reproductor) los resultados anteriores indican con claridad la importancia de seleccionar especies y variedades sobre la base de criterios de insumos bajos, reforzando la necesidad de desarrollar mezclas persistentes de gramíneas y leguminosas.

## Conclusiones

Para el caso de los Llanos Orientales colombianos, se concluye que la suplementación de la dieta animal con una mezcla mineral completa es una práctica altamente rentable. Factores tales como la demora en recuperar lo invertido, la falta de transporte en la finca, el ausentismo de los propietarios, el difícil acceso a las fincas durante la estación lluviosa y la irregularidad en los suministros de los mercados, pueden estar contribuyendo a retardar la adopción de dicha práctica en la región.

A pesar del gran aumento en la tasa de natalidad, se encontró que el destete precoz no era rentable a los niveles actuales de costos y requerimientos de manejo de la región. Sin embargo, se concluye que esta práctica amerita que se lleven a cabo nuevos esfuerzos de investigación para evaluar los resultados de una lactancia más prolongada (de más de 84 días pero menos de 9 meses), con el fin de evitar la suplementación de los destetos con concentrados, y para mejorar el desempeño de los destetos mediante una buena base forrajera durante todo el año.

Además de la suplementación mineral, investigaciones previas identificaron la baja calidad del forraje nativo, particularmente durante la estación seca, como el segundo factor limitante de mayor importancia para aumentar la producción de carne en la región. Los sistemas basados en el pastoreo de todo el hato reproductor en M. minutiflora durante la estación lluviosa, y en sabana nativa durante la estación seca, resultaron ser de una rentabilidad inferior en un 50% a la del sistema nativo. De esta forma se confirma la importancia de desarrollar una base forrajera de buena calidad para la estación seca. Se concluye que no se trata de sustituir los pastos nativos por pastos mejorados, sino más bien de suplementar los primeros con estos últimos, capitalizando así en su mayor calidad durante la estación seca. Mas aún, dada la ausencia de ganancias compensatorias en reproducción, se concluye que la investigación en manejo animal debe hacer énfasis en el uso estratégico de las praderas mejoradas, en vez de pastorear todo el hato reproductor sin considerar el estado fisiológico y/o la condición de cada animal.

La comparación de los resultados económicos obtenidos mediante la simulación de ceba en mezclas de gramíneas y leguminosas vis-à-vis ceba en dos gramíneas (M. minutiflora y B. decumbens), confirman la necesidad de

continuar investigando con miras a obtener mezclas persistentes. Finalmente, los resultados de los análisis de sensibilidad indican con claridad que la selección de especies y variedades debe basarse en criterios de insumos bajos. Reducciones en los costos de establecimiento y mantenimiento, sin afectar la productividad de la pradera, no sólo aumenta los retornos a inversión sino que también conduce a que éstos sean menos sensibles a fallas en el establecimiento y riesgos de persistencia. Esta es una de las razones por las cuales una política de insumos bajos y prácticas tales como labranza mínima, representan alternativas promisorias para la región considerada.

Cuadro 1. Parámetros utilizados en el desarrollo de los hatos de sistemas de producción alternativos.

Sistema	Tratamientos			Parámetros					
	Pasto	Minerales	Destete	Tasa de natalidad	Tasa de mortandad		Tasa de apareamiento de las vaquillas <sup>b</sup>		
					Terneros <sup>a</sup>	Adultos	2-3 años	3-4 años	4-5 años
1 <sup>c</sup>	nativo	sal	normal	46	15	5	0	60	100
2 <sup>d</sup>	nativo	sal	normal	50	8	5	0	60	100
3 <sup>c</sup>	nativo	mezcla completa	normal	65	12	5	0	90	100
4 <sup>e</sup>	nativo	mezcla completa	normal	51	8	5	0	90	100
5 <sup>c</sup>	nativo	mezcla completa	precoz	87	13	4	0	80	100
6 <sup>e</sup>	nativo	mezcla completa	precoz	77	8	4	0	80	100
7 <sup>c</sup>	gor + nat	mezcla completa	normal	64	10	5	10	90	100
8 <sup>e</sup>	gor + nat	mezcla completa	normal	60	7	5	10	90	100
9 <sup>d</sup>	gor + nat	mezcla completa	precoz	85	8	4	0	90	100
10 <sup>e</sup>	gor + nat	mezcla completa	precoz	77	7	4	0	90	100
11 <sup>f</sup>	Br.d + nat	mezcla completa	normal	64	10	5	10	90	100
12 <sup>f</sup>	leg. + nat	mezcla completa	normal	77	7	3	20	100	-

a/ Hasta de un año

b/ Peso &gt;270 kg

c/ Basado en resultados de cuatro años de experimentación

d/ Basada en datos de encuesta

e/ Natalidad y mortalidad de terneros se reducen en una desviación standard de acuerdo al estimado experimental

f/ Los valores de los parámetros son supuestos

Cuadro 2. Resumen del desempeño simulado de sistemas de producción alternativos en los Llanos Colombianos.

Sistema	Area en pastos mejorados		Tamaño del hato reproductor		Inversión*		Ingreso anual neto*		Tasa de retorno**	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Pastos	Total**	Año 5	Año 13	Región	
	ha	ha	vacas		'000 US\$		-----		----- %	
1	-	-	190	127	-	90	6.4	5.2	5.5	3.6
2	-	-	190	182	-	90	7.5	7.3	8.1	6.3
3	-	-	190	230	-	91	6.3	10.7	10.0	9.0
4	-	-	190	230	-	91	5.9	10.2	9.8	8.9
5	12	12	190	190	4	97	5.0	10.8	9.1	7.5
6	12	12	190	190	4	97	5.6	7.6	8.4	7.4
7	450	650	190	325	78	172	6.7	9.6	5.0	3.7
8	450	650	190	325	78	172	6.7	9.0	4.6	3.3
9	450	516	190	250	67	160	4.2	18.2	6.3	4.8
10	450	516	190	250	67	160	4.7	16.0	5.2	4.6
11***	100	190	190	325	25	118	6.7	9.6	8.5	n.a.
12***	95	162	190	325	25	121	7.5	27.9	14.0	n.a.

\* Los valores corresponden al año 8, Región A

\*\* Incluye valor del ganado y de mejoras, excluye el valor de la tierra

\*\*\* Basado en valores supuestos para el desempeño animal

Cuadro 3. Retorno incremental al capital y al manejo, al pasar del sistema tradicional (2), a sistemas alternativos.

Sistema	Tratamiento		Inversión	Tasa de retorno	
	Pasto	Suplemen. Mineral		Total	Incremental
			'000 US\$	----- % -----	
2	nativo	sal	90	8.1	-
3	nativo	minerales	91	10.0	-
2 a 3			1	-	25.0
11	<u>B.decumbens</u> + nativo	minerales	118	8.5	-
2 a 11			28	-	9.4
12	Mezclas con leguminosas + nativo	minerales	121	14.0	-
2 a 12			31	-	22.0

Cuadro 4. Tasas de retorno: análisis de sensibilidad con relación a la persistencia de las praderas.

Sistema	Persistencia de la pradera (años)			
	24	12	9	6
----- % retorno -----				
5	9.1	9.0	8.9	8.8
7	5.0	2.8	1.3	-*
7'***	7.1	5.9	5.0	3.7
9	6.3	4.2	2.7	0.9

\* Valor negativo

\*\* Se supuso una reducción del 50% en el costo de establecimiento

Cuadro 5. Tasas de retorno del Sistema 7: análisis de sensibilidad con respecto a la persistencia de la pradera y fallas de establecimiento

Fallas en el establecimiento de la pradera	Persistencia de la pradera (años)					
	24		12		9	
	7*	7'***	7	7'	7	7'
----- % del área -----	----- % de retorno -----					
0	5.0	7.1	2.8	5.9	1.3	5.0
20	4.4	6.7	2.4	5.5	0.9	4.6
40	4.0	6.3	2.0	5.2	0.6	4.3
60	3.5	6.0	1.7	4.9	0.3	4.0
80	3.2	5.7	1.3	4.6	0.0	3.8

\* Costo real

\*\* Suponiendo una reducción de los costos de establecimiento de un 50%

Cuadro 6. Tasas de retorno al capital propio del productor en sistemas alternativos financiados con crédito subsidiado

Sistema	Porcentaje de financiación de la inversión inicial*				
	0	20	40	60	80
	----- % de retorno -----				
2	8.1	(n.a.)**	(n.a.)	(n.a.)	(n.a.)
3	10.0	10.8	(12.8)	(15.1)	(18.8)
7	5.0	5.6	6.3	7.2	(8.8)
7'***	7.1	7.9	8.9	10.2	(12.0)
11	8.5	9.6	11.0	13.1	(16.8)

\* Excluyendo el valor de la tierra

\*\* Las cifras entre paréntesis son casos improbables incluidos sólo como ilustración.

\*\*\* Se supuso una reducción de los costos de establecimiento de un 50%

Cuadro 7. Tasas de retorno\* del Sistema 3 (pradera nativa con suplementación mineral): análisis de sensibilidad con respecto a los valores de la tierra y al porcentaje de la financiación de la inversión inicial, bajo condiciones de subsidio.

Valor de la tierra		Porcentaje de financiación de la inversión inicial**				
		0	20	40	60	80
Col\$/ha	US\$/ha	----- % -----				
0	0	10.0	10.8	12.8	15.1	18.8
500	14	6.9	7.2	7.9	8.6	9.4
1000	28	5.5	5.7	6.1	6.4	6.8
1500	42	4.7	4.8	5.1	5.3	5.6
2000	56	4.2	4.3	4.5	4.7	4.9

\* Tasas de retorno al capital propio del productor y sobre la inversión total incluyendo el valor de la tierra

\*\* Excluyendo el valor de la tierra

Cuadro 8. Tasas de retorno\* del Sistema 11 (*B. decumbens* más pradera nativa y suplementación mineral): análisis de sensibilidad con respecto a los valores de la tierra y porcentaje de financiación de la inversión inicial bajo condiciones de subsidio.

Valor de la tierra		Porcentaje de financiación de la inversión inicial**				
		0	20	40	60	80
Col\$/ha	US\$/ha	----- % de retorno -----				
0	0	8.5	9.6	11.0	13.1	16.8
500	14	6.5	7.0	7.0	8.5	9.5
1000	28	5.4	5.8	6.2	6.7	7.2
1500	42	4.8	5.1	5.3	5.7	6.0
2000	56	4.3	4.6	4.8	5.0	5.2

\* Tasas de retorno al capital propio del productor y sobre la inversión total incluyendo el valor de la tierra

\*\* Financiación de la inversión inicial excluyendo la tierra



Cuadro 9. Desempeño animal y tasas de retorno al capital<sup>1</sup> y al manejo en sistemas de engorde en praderas mejoradas, en los Llanos Orientales colombianos.

Sistema	Pradera	Carga	Producción		Tasa de retorno	
			Por cabeza	Por ha		
		an/ha	g/día	kg/año	kg/año	-- % --
A <sup>2</sup>	M. minutiflora	0.44	416	114	50	7.2
B <sup>2</sup>	M. minutiflora	0.88	277	76	67	4.8
C <sup>3</sup>	B. decumbens	1.3	376	103	134	12.1
D <sup>3</sup>	B. decumbens	1.7	292	80	136	8.0
E <sup>4</sup>	Mezcla con leguminosas	2.1/0.9	411	150	270	19.3
F <sup>4</sup>	Mezcla con leguminosas	2.1/0.9	500	182	328	25.2

1/ Excluyendo el valor de la tierra

2/ Basado en resultados de cuatro años de experimentación

3/ Basado en resultados de tres años de experimentación

4/ Los parámetros del desempeño animal son valores supuestos

Cuadro 10. Retornos a la inversión\* en sistemas de engorde simulados que tienen idéntico desempeño animal con la misma carga, pero que requieren aplicaciones de insumos con diferente frecuencia.

Cada	Valor de insumos (US\$/ha)			
	0	28	42	56
	----- % de retorno -----			
año	12.1	4.6	1.0	**
2 años	12.1	8.5	6.7	5.0
3 años	12.1	10.2	8.7	7.6
4 años	12.1	10.4	9.7	8.9

\* Excluyendo el valor de la tierra

\*\* Retorno negativo

## LITERATURA CITADA

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Annual Report 1977. CIAT, Cali, Colombia.
2. Juri, P., N.F. Gutiérrez y A. Valdés. 1977. Modelo de simulación por computador para fincas ganaderas. CIAT, Cali, Colombia (mimeo).
3. Jarvis, L. 1977. Predicting the ultimate diffusion of new technologies under varying profitability: Artificial pastures in the Uruguayan livestock sector. University of California, Berkeley (mimeographed).
4. Mullenax, C.H., J.S. Plaxico and J.M. Spain. 1969. Alternative beef production systems for the Eastern Plains of Colombia. Special Report No.1, CIAT, Cali, Colombia.
5. Paladines, O. 1975. Management and utilization of native tropical pastures in America. pp.25-47. En: Proceedings of the Seminar on Potential to Increase Beef Production in Tropical America. Serie CE-N°10, CIAT, Cali, Colombia.
6. \_\_\_\_\_ y J. Leal. 1978. Manejo y productividad de las praderas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Seminario sobre Producción y Utilización de Forrajes en Suelos Ácidos e Infértiles del Trópico. CIAT, Cali, Colombia.
7. Raun, N.S. 1968. Producción de ganado de carne en los Llanos Orientales. Agricultura Tropical, 24:643-650.
8. \_\_\_\_\_. 1976. Beef cattle production practices in the lowland American tropics. World Animal Review, 19:18-23.
9. Rubio, E. y A. López U. 1968. La explotación ganadera en los Llanos Orientales. Agricultura Tropical, 24:616-641.
10. Spain, J.M. 1978. Establecimiento y mantenimiento de pastos en suelos de sabana en los Llanos Orientales de Colombia. En: Seminario sobre Producción y Utilización de Forrajes en Suelos Ácidos e Infértiles del Trópico. CIAT, Cali, Colombia.
11. Stonaker, H.H. et.al. 1975. Influence of management practices on productivity. pp.63-81. En: Proceedings of the Seminar on Potential to Increase Beef Production in Tropical America. Series CE-N°10, CIAT, Cali, Colombia.

12. Stonaker, H.H. et.al. 1976. Differences among cattle and Farms as related to beef cow reproduction in the Eastern plains of Colombia. Tropical Animal Health and Production, 8:147-154.