



Análisis de sistemas de producción animal Tomo 1: Las bases conceptuales

por
J. Wadsworth

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-21 ISBN 92-5-304088-2

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse a la Dirección de Información, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.



**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Roma, © FAO 1997**

Los hiperenlaces que remiten a sitios Internet distintos de los de la FAO no implican, de parte de la Organización, ratificación oficial o responsabilidad respecto a opiniones, ideas, datos o productos presentados en dichos sitios, o una garantía de validez acerca de las informaciones que contienen. El único propósito de los enlaces a sitios distintos de los de la FAO es proporcionar otras informaciones disponibles sobre asuntos conexos.

INDICE

PREFACIO

AGRADECIMIENTOS

CAPITULO 1 - AGRICULTURA EN AMERICA LATINA

- [1.1 Introducción](#)
- [1.2 Crecimiento y estructura de la población](#)
- [1.3 Agricultura en la economía regional](#)
- [1.4 Agricultura y ecología de la región](#)
- [1.5 Productividad del sector pecuario](#)
- [1.6 Síntesis](#)

CAPITULO 2 - EL PAPEL DEL SECTOR AGROPECUARIO

- [2.1 ¿Qué es la agricultura?](#)
- [2.2 ¿Cuál es la finalidad de la agricultura?](#)
- [2.3 ¿Qué produce la agricultura?](#)
- [2.4 ¿Cómo se materializa la finalidad de la agricultura?](#)
- [2.5 ¿Quién controla el proceso de producción agropecuaria?](#)
- [2.6 Producción animal](#)
- [2.7 Resumen](#)

CAPITULO 3- DEFINICION DE UN SISTEMA

- [3.1 ¿Qué es un sistema?](#)
- [3.2 Los límites del sistema](#)
- [3.3 Los componentes del sistema](#)

3.4 Subsistemas

3.5 Definición

CAPITULO 4 - CONCEPTUALIZACION DE SISTEMAS

4.1 Ejemplo de un generador de electricidad

4.2 Descripción generalizada

4.3 Ejemplo de una lechería

4.4 Recursos y entradas

4.5 El recurso principal; dinero

4.6 Recursos naturales

CAPITULO 5- MANEJO DE LOS RECURSOS

5.1 Manejo como un recurso

5.2 Objetivos y metas de manejo

5.3 Escasez de recursos

CAPITULO 6- DESCRIPCION Y CLASIFICACION DE SISTEMAS

6.1 ¿Por qué describir y clasificar?

6.2 Diferencias entre sistemas

6.3 Ejemplo demasiado detallado

6.4 Maneras de clasificar sistemas según propósito

CAPITULO 7 - DIVERSIDAD DE SISTEMAS

7.1 Los factores de producción

7.2 Nivel de control

7.3 Tres sistemas más comunes de América Latina

CAPITULO 8- SUBSISTEMAS

8.1 Definición de subsistemas

8.2 Ejemplo de una Isla

8.3 Identificación de subsistemas

8.4 Subsistemas a nivel de finca

8.5 Subsistemas - Ejemplo de una porqueriza

8.6 Subsistemas - Ejemplo de ganado de carne

CAPITULO 9- EL PROPOSITO DE UN ENFOQUE DE SISTEMAS

9.1 General

9.2 El Reduccionismo

9.3 El Expansionismo

9.4 Análisis de sistemas

[9.5 Análisis de sistemas agropecuarios](#)

[9.6 Ejemplo de un enfoque no sistemático en una finca](#)

BIBLIOGRAFIA Y LECTURAS SUGERIDAS

PREFACIO

La agricultura es una actividad fundamental del hombre. Ella representa, a nivel mundial, la ocupación más practicada, que afecta las vidas de todos los habitantes actuales del planeta, como también a las generaciones del futuro. Sin embargo, a pesar de tanta experiencia acumulada durante más de diez mil años, los “secretos” de los mejores agricultores siguen rodeados por una especie de misterio. Es frecuente escuchar hablar sobre el “arte y ciencia” de las prácticas aplicadas tanto a los cultivos como a la ganadería. Se usa esta expresión para señalar que no es posible enseñar estas vocaciones impartiendo cursos formales, sino que es necesario facilitar el desarrollo de numerosas aptitudes y destrezas a través de una experiencia personal de muchos años de práctica. Desde el punto de vista educativo, nuestro reto es acelerar la adquisición de estas habilidades por medio de programas de capacitación adecuados, con el fin de reducir el tiempo requerido para que una persona adquiera una sólida formación en un campo profesional específico. Esto no resta nada a nuestra enorme admiración por los individuos que son sumamente expertos en practicar el “arte y ciencia” de la agricultura; por el contrario, ello sólo refleja el hecho de que el “arte” se refiere a los conocimientos técnicos desarrollados a base de la experiencia personal de cada uno, lo cual se adquiere mediante un aprendizaje sin una estructura bien definida y que, en consecuencia, es difícil o imposible de enseñar a otras personas. Por lo demás, hasta el agricultor más hábil y exitoso, no siempre logra explicar los porqué de todas sus decisiones de manejo, a pesar que él ejecuta adecuadamente una serie de procedimientos y toma las decisiones correctas para así lograr un resultado exitoso.

Durante muchos años nuestras universidades han concentrado sus esfuerzos sobre la enseñanza de la “ciencia” de la producción animal, poniendo fé en la premisa que sus egresados pudieran adquirir, con el paso del tiempo y por sus propios medios, los atributos del “arte” de la ganadería. Sin embargo, la falta de profesionales capaces de aplicar, en la práctica, su entrenamiento técnico al proceso productivo, sobre todo a nivel de la administración de empresas pecuarias, proporciona una contundente evidencia para rechazar la premisa señalada recién. La Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG) fue creada en Costa Rica al empezar la década de los ochenta para llenar este vacío. Aunque su objetivo era complejo y difícil, el grupo de docentes de la ECAG involucrado en esta tarea tomaron el reto de desarrollar un plan de estudios de tres años para preparar administradores de explotaciones pecuarias capaces de manejar sistemas de producción en una forma más eficiente, rentable y sostenible.

El contenido de este libro se inspira en las clases teóricas y prácticas de un curso que el autor dictó entre 1981 y 1984 en la ECAG. El título del curso: “Análisis de Sistemas de Producción Animal” se dicta durante el último semestre de estudios de ECAG, después de que los alumnos han cursado las materias técnicas y realizado sus prácticas externas en fincas. El objetivo del curso es unificar sistemáticamente todos los conocimientos aislados, con el propósito de integrarlos en la aplicación práctica del quehacer cotidiano del administrador de empresas pecuarias.

A través de los últimos diez años los apuntes de las clases han sido modificados y copiados varias veces; hemos recibido pedidos de estos documentos de la parte de colegas trabajando en muchos países de habla española. El autor respondiendo a esta constante demanda, y con el apoyo del Servicio de Producción Animal (AGAP) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ha revisado estos apuntes para publicarlos formalmente. El enfoque pedagógico ha sido mantenido, sin embargo se espera que el contenido no sólo sirva para los estudiantes de colegios superiores y parauniversitarios, sino que también sirva de guía para estudiantes universitarios, profesionales jóvenes, extensionistas e investigadores que buscan una introducción a los conceptos del enfoque de sistemas en la producción animal.

AGRADECIMIENTOS

Este manual, por ser el resultado de más que diez años de trabajo, experiencias, conversaciones, debates, y meditación se debería fácilmente agradecer a más de cincuenta personas mencionándolas con sus nombres y apellidos. Sin embargo, por razones de espacio sólo puedo mencionar algunos pocos, sin que esto disminuya mi gratitud a todos aquellos que me aportaron sugerencias e ideas y cuyos nombres no aparecen aquí.

Quisiera agradecer a David Black por la fé que tuvo en mí al llegar a Costa Rica en 1981 como profesional joven y todavía sin mucha experiencia en el trópico. Asimismo, a mis otros colegas de la Escuela Centroamericana de Ganadería, Wyn Richards, Bill Hobbs y Bryan Hopwood cuya incredulidad sobre mis planteamientos fue manifiesta en muchas ocasiones, lo cual me obligó a pensar más profundamente sobre el enfoque de sistemas de producción y defender este enfoque como algo mucho más consistente que una simple nueva “moda” pasajera. También a José Pedro Sánchez y Javier Herrera quienes tomaron las riendas y la responsabilidad de continuar dictando dicho curso, habiendo incorporado posteriormente muchas modificaciones y mejoras.

Es preciso destacar que no hay prueba mas rigurosa, que aquella de tener que plantear sus ideas y conceptos ante el juicio de veinticinco profesionales jóvenes, inteligentes y astutos a lo largo de todo un semestre. En este sentido agradezco profundamente a las promociones de 1982 y 1983, de la carrera para obtener el Diploma en Producción Animal de la Escuela Centroamericana de Ganadería, quienes no perdonaban ninguna inconsistencia en las ideas presentadas.

Desde el año 1985, cuando John Jones de la Sección de Sistemas Agropecuarios de la Universidad de Reading, Inglaterra, se enteró de esta colección de apuntes, él nunca se cansó en animarme a publicar un texto sobre el curso en cuestión. Su insistencia sobre la necesidad de facilitar el acceso de esta información a nivel de América Latina, ha sido un factor decisivo para su publicación. Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento al Servicio de Producción Animal de la FAO que ofreció el financiamiento para una revisión completa del manual original, y sin cuyo aporte este documento todavía continuaría inédito.

Esta página de agradecimientos no estaría completa si no mencionara la paciente comprensión y el constante apoyo de mi esposa Patricia, quien ha tenido que soportar innumerables tensiones e interferencias causadas durante los últimos 13 años, por mi trabajo con “los sistemas de producción ganadera”. Ella no sólo me apoyó durante la

concepción y gestación del documento, sino también durante el doloroso proceso de tener que dar a luz el manuscrito en lengua española y en la preparación del documento final.

Jonathan Wadsworth
Santa Cruz de la Sierra
Bolivia

Noviembre 1993

CAPITULO 1. LA AGRICULTURA EN AMERICA LATINA

1.1 Introducción

En una introducción sobre el tema relacionado con el análisis de sistemas de producción animal, resulta imprescindible presentar el concepto que liga la actividad pecuaria al contexto agrícola general existente en la región de América Latina y el Caribe. Sin embargo, antes de dar comienzo a la tarea de escribir un documento sobre este tema, o de abordar su lectura, es preciso justificar la decisión que hemos tomado para ejecutar tal esfuerzo.

En nuestra vida, para un buen inicio de cualquier actividad, es útil indagar sobre nuestra motivación en comenzarla y analizar las razones que creemos que la justifican. Es por ello que nos proponemos dar respuesta a la siguiente pregunta: *¿Por qué quiere Ud. estudiar la actividad agrícola en general y en particular los sistemas de producción pecuaria que operan en dicho sector económico?*

Es posible concebir miles de respuestas diferentes a tal pregunta, desde aquellas basadas en una fuerte preferencia personal como, “Quisiera ser un Ingeniero Agrónomo, o un Zootecnista, o un Veterinario, etc.” hasta aquellas de tipo trivial o que responden a necesidades conyunturales como ser, “Necesito cursar esta materia para cumplir mis créditos”. Habrá algunas personas que no podrán explicar sus razones para dedicarse a la agricultura, y otros en cambio que formularán justificaciones extensas y bien argumentadas.

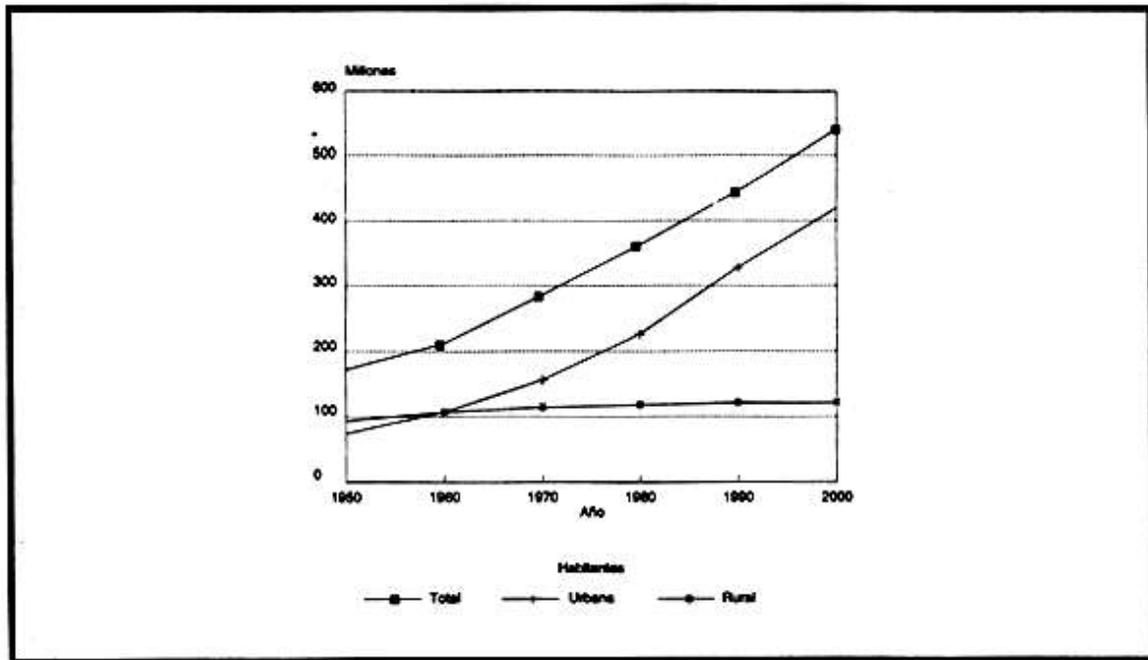
Tomando en cuenta que estas líneas serán leídas de preferencia por estudiantes y profesionales jóvenes, esperamos que el esfuerzo requerido en preparar este documento les facilite la tarea de aclarar sus múltiples dudas suscitadas por nuestra pregunta inicial. Y a manera de introducción los invitamos a reflexionar sobre la situación de la agricultura en América Latina, para luego analizar algunos factores sobresalientes que subrayan la importancia de la actividad agrícola en la región. Esperamos además que nuestros argumentos logren reforzar la vocación de los profesionales del mañana, transformándolos en hombres capaces y dedicados que mantendrán su compromiso técnico en el ejercicio de las más diversas labores que deban cumplir mañana, ya sea como dirigentes, empresarios, ministros o agricultores.

1.2. Crecimiento y estructura de la población

En los 30 años transcurridos desde 1960 hasta 1990 la población de la región se duplicó. Los pronósticos estiman que al terminar el presente siglo habrán más que 500 millones de habitantes en los países de América Latina y el Caribe.

Estamos en un período de crecimiento de la población que jamás se ha visto en toda la historia del hombre, y cada día el ritmo se acelera (Figura 1.1). Una de las grandes interrogantes de la actualidad es saber si el crecimiento en la producción de alimentos puede continuar tan velozmente como la multiplicación de las bocas por alimentar.

Figura 1.1 Población de América Latina y el Caribe, 1950 – 2000

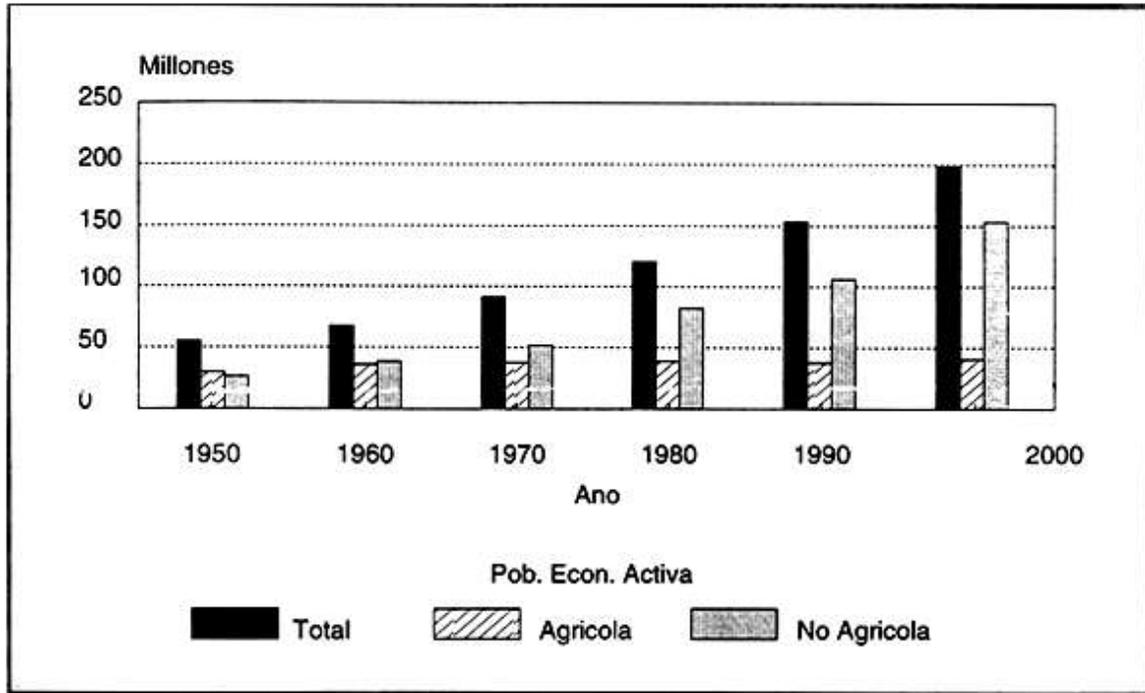


Fuente: FAO (1991)

Al observar la Figura 1.1 se nota que las líneas de población total y población urbana son paralelas, *¿Qué significa esto?* y *Cuales son las implicaciones en la agricultura?* El gráfico muestra cómo el crecimiento de la población global es casi debido en su totalidad al crecimiento de las zonas urbanas, o sea las ciudades.

La población rural se mantiene básicamente estática. En el año 1960 la mitad de la población de la región vivía en el campo y la mitad en las ciudades. Debido a la emigración desde las zonas rurales hacia las ciudades vemos como en 1990 sólo el 25% de la población quedaba en el campo. Además, esta tendencia persiste sin ningún cambio.

Figura 1.2 Población económicamente activa en América Latina y el Caribe, 1950 – 2000



Fuente: FAO (1991)

Tomando en cuenta la población económicamente activa (Figura 1.2) vemos como el número absoluto de personas dedicadas a la agricultura no ha cambiado mucho, mientras que las personas que trabajan en otras actividades se han triplicado en los últimos 30 años. En 1960 existía un trabajador agropecuario por cada 6 habitantes, en 1990 esta relación había cambiado a uno por cada 11 y en el año 2000 cada persona que trabaja en la agricultura tendrá que alimentar a 13 personas. Entonces sólo para mantener en la región la misma cantidad de alimento disponible per cápita, será necesario producir mucho más alimento con relativamente menos recursos humanos. Por lo tanto se concluye que el sector agrícola tiene que aumentar su eficiencia de producción. Esto implica un enorme desafío técnico para todos los profesionales agrícolas y una fuerte motivación para quienes deseen dedicarse profesionalmente a la agricultura.

1.3. El sector agrícola en la economía regional

Aunque existe una fuerte tasa de urbanización, la industrialización de la región es comparativamente débil. La agricultura sigue como un sector productivo de suma importancia en la mayoría de los países. Al considerar sólo a la agricultura e industria en la generación del Producto Interno Bruto (PIB) de América Latina y el Caribe durante la década de los 80, diversos países. En Centroamérica, por ejemplo, la agricultura contribuye 48% del PIB y la industria 52%.

En cuanto a la generación de divisas requeridas para financiar las importaciones de insumos y tecnología que no son producidos localmente, las exportaciones agropecuarias teneral

alrededor de 50 billones de dólares americanos por año. Esta cifra significa un promedio de casi \$EE.UU. 100 por cada hombre, mujer y niño que habita la región. El comercio generado por estas actividades es enorme y reposa en la fuerza de trabajo agrícola disponible en la región.

Cuadro 1.1 Importancia de la agricultura en la economía de los países de América Latina y el Caribe.

PAIS	Población dedicada a la agricultura como % de la población total	Exportaciones agropecuarias como % de las exportaciones totales
Centroamérica y Caribe:		
Barbados	7	28
Belize	34	56
Costa Rica	26	58
Cuba	20	85
Rep. Dominicana	38	45
El Salvador	35	64
Guatemala	52	68
Haití	61	29
Honduras	58	69
Jamaica	31	25
México	31	12
Nicaragua	40	92
Panamá	26	39
Sudamérica		
Argentina	11	62
Bolivia	43	10
Brasil	26	28
Chile	14	13
Colombia	29	47
Ecuador	32	28
Guyana	23	39
Paraguay	48	91
Perú	38	10
Suriname	17	15
Uruguay	14	42
Venezuela	11	1

Fuente: FAO (1988)

La lista de países del Cuadro 1.1 indica que 9 países dependen de la agricultura para generar más de la mitad de sus divisas. Podría buscar sobre su propio país mayor información sobre la importancia de la agricultura en la economía.

Cuadro 1.2 Volumen de producción de los principales productos agropecuarios en 1989. (Miles de Toneladas Métricas).

Producto	Mundo	América Latina y el Caribe	% Población Mundial
Cereales, total	1870161	105772	5.66
Tubérculos	591062	48231	8.16
Cítricos	71796	26719	37.22
Bananas	44313	17901	40.40
Aceite de Soya	107056	33766	31.54
Azúcar	104495	27028	25.87
Café Verde	5657	3463	61.22
Cacao en Grano	2411	684	28.37
Algodón, fibra	17460	1523	8.72
Tabaco	7175	754	10.51
Carne, total	168260	18090	10.75
Leche, total	533652	43347	8.12
Huevos	35487	3504	9.87
Lana, graso	3192	317	9.93

Fuente: FAO (1991)

El volumen total de la producción agropecuaria que es generada por la región (Cuadro 1.2), es otro factor que debemos considerar detalladamente. Las cifras tabuladas demuestran que es una industria inmensa que tiene que mantenerse como una base fundamental de la economía que deberá permitir el desarrollo socio económico de la región. Por lo tanto, una carrera profesional no constituye sólo una actividad técnica al participar en la producción de carne, leche y cultivos etc. Ella participa además en una obra socio-económica mucha más grande que repercute sobre el bienestar de toda la población de la región.

1.4. Agricultura y ecología de la región

El tema de la agricultura y su efecto sobre el medio ambiente no es nuevo. Por su naturaleza la agricultura implica la manipulación e intervención en el ecosistema del planeta por el hombre. Es evidente entonces que la agricultura inevitablemente causaría cambios y disturbios en el contorno natural. Aplicar riego en áreas áridas, sembrar nuevas

especies de pastos en las praderas naturales, cambiar el cauce de los ríos y aplicar sistemas de drenaje a los pantanales son ejemplos de modificaciones que el hombre ocasiona, al perseguir la agricultura y que sin lugar a duda afectan la ecología.

Las preocupaciones de muchas personas en los últimos años son debidas a que los cambios que el hombre es capaz de provocar hoy en día son mucho más fuertes y profundos que antes. Además de la aceleración de nuevas tecnologías tanto mecánicas como químicas en combinación con la demanda creciente por productos agropecuarios, están impulsando la apertura de nuevas zonas agrícolas en regiones donde los recursos naturales no aguantan las modificaciones. Aunque creemos que la agricultura es una gran industria al servicio del hombre, no podemos ‘tapar el sol con un dedo’. Donde existe peligro de cambios irreversibles en el medio ambiente que a lo largo dejarán áreas que no servirán para la agricultura ni para otro propósito hay que admitir que tales intervenciones son injustificables, ilógicas y no merecedoras de llevar el título de “agricultura” (minería de los recursos naturales sería una expresión más adecuada).

Cuadro 1.3 Uso de la tierra en América Latina y el Caribe, y cambios 1970 – 1985. (Miles de hectáreas).

Categoría de Tierra	1970	1985	Cambio (%)
Arable y cultivable permanente	145151	177894	+23
Pastos permanentes	529695	560565	+6
Bosques	1040424	973436	-6
Superficie regada	10173	14857	+46

Fuente: FAO (1988)

El Cuadro 1.3 muestra la enorme cantidad de tierra que dedicamos a la agricultura y ganadería en la región. También se observa cómo estamos acabando con los bosques al paso de los años.

La intención de este texto no es entrar en detalles sobre la destrucción irreversible del bosque tropical en la región. Cada lector sabrá la historia de la expansión de la frontera agrícola en su propio país. No obstante, algunos datos nos sirven para pensar. Según el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (Tolba 1983), el mundo pierde 12 millones de hectáreas de bosque cada año y 9 países tropicales habrán destruido todos sus bosques antes del año 2002. Antes del año 2025, se calcula que 13 países adicionales podrán agregarse a la lista. El problema es que en la mayoría de los casos estos terrenos después de 2 a 3 años de cultivo se convierten en praderas para la ganadería. Sin embargo, en estas zonas donde los suelos no son aptos para la ganadería la productividad cae rápidamente por causa de pérdida de fertilidad del suelo, erosión e invasión de malezas. Cuando llegan a tal punto la ganadería resulta antieconómica, las tierras son abandonadas, pero difícilmente puede regenerarse nuevamente el bosque natural.

Nuestra meta, como personas responsables dedicadas a la agricultura racional, es tratar de asegurar que esta actividad humana no cause daños irreversibles al medio ambiente. Debemos practicar nuestra especialidad con cautela y hasta buscar soluciones y sistemas nuevos donde sea necesario. Un excelente texto sobre este enfoque que vale la pena estudiar detenidamente es Preston y Murgueitio (1992).

1.5. Productividad del sector pecuario

El sector pecuario juega un papel crucial en la agricultura de la región. No solamente debido a la necesidad de proteína de origen animal en la dieta de la población, sino también porque los animales, sobre todo los rumiantes, tienen la capacidad de convertir alimentos de muy baja calidad como forrajes fibrosos y sub-productos agrícolas en productos de alta calidad nutritiva. Los rumiantes pueden aprovechar áreas donde las características de suelo o la topografía no permiten la agricultura mecanizada. Además, en zonas muy lejanas sin infraestructura caminera los productos pecuarios pueden salir hacia el mercado 'caminando'. La presencia de animales en fincas comerciales permite el uso de rotaciones de cultivos con gramíneas y leguminosas. Además proveen fuentes de abono orgánico natural. En sistemas de los pequeños productores el componente animal tiene múltiples propósitos como alimentación, fuerza y trabajo, cuenta de ahorro, fuente de abono orgánico y otros.

Cuadro 1.4 Aumento en producción de los principales productos pecuarios en América Latina Tropical (% por año).

	1961–1969		1970–1979		1980–1989	
	Producción Total	Producción por Cabeza	Producción Total	Producción por Cabeza	Producción Total	Producción por Cabeza
Carne Bovina	+3.2	+0.3	+2.6	-0.9	+1.0	-0.4
Leche	+4.7	+1.5	+3.3	-0.4	+2.2	+0.6
Avícolas	+10.1	+6.6	+10.1	+3.0	+4.4	+1.0
Carne de Cerdo	+3.1	+1.2	+2.8	+0.9	-0.6	-1.0
Crecimiento Población Humana	+2.8		+2.4		+2.2	

Fuente: CIAT (1993).

Durante los últimos 30 años la producción total de los principales productos pecuarios ha aumentado en la región (Cuadro 1.4). No obstante, este aumento es el resultado de la expansión de la actividad pecuaria tanto en el número de animales como en el área total de terreno que se ocupa. Esto quiere decir que la producción por animal, o en otras palabras, la eficiencia en que usamos los recursos, casi no ha cambiado. Es más, desde 1970 la

producción por cabeza de ganado de carne ha bajado en una tasa anual de 0.6% (Cuadro 1.4). Sólo en los casos de leche y aves la producción total ha aumentado a un ritmo superior al crecimiento de la población.

Cuadro 1.5 Consumo aparente por persona y nivel de autosuficiencia de carne bovina en América Latina Tropical, 1961 – 1989

	1961 – 1969		1970 – 1979		1980 – 1989	
REGION	Consumo (kg/persona/año)	Indice de auto suficiencia	Consumo (kg/persona/año)	Indice de auto suficiencia	Consumo (kg/persona/año)	Indice de auto suficiencia
América Central	11.8	119.8	12.8	138.4	10.4	125.5
Caribe	15.8	76.6	14.5	70.8	13.7	68.1
Región Andina	15.9	104.6	16.0	103.6	15.8	100.2
América Latina Tropical	15.2	101.9	16.9	104.2	14.6	105.7

Notas: Índice de autosuficiencia = (producción doméstica/consumo total) × 100
Fuente: CIAT (1993).

Cuadro 1.6 Consumo aparente por persona y nivel de autosuficiencia de leche en América Latina Tropical, 1961 – 1989

	1961 – 1969		1970 – 1979		1980 – 1989	
REGION	Consumo (kg/persona/año)	Indice de auto suficiencia	Consumo (kg/persona/año)	Indice de auto suficiencia	Consumo (kg/persona/año)	Indice de auto suficiencia
América Central	84.6	90.5	94.8	91.5	79.7	83.9

Caribe	61.4	64.0	85.6	62.6	89.0	67.4
Región Andina	89.5	87.5	90.8	86.8	91.2	85.1
América Latina Tropical	80.0	90.7	88.1	90.1	93.1	89.1

Notas: Índice de autosuficiencia = (producción doméstica/consumo total) × 100
Fuente: CIAT (1993).

A pesar del aumento en la producción de carne bovina la gente consume per cápita menos carne ahora que en la década de los 60. Los datos del (Cuadro 1.5) son promedios generales; en realidad, el consumo de carne varía mucho entre los diferentes estratos socio-económicos de la población. La gran mayoría de las personas está muy por debajo de las cifras dadas porque los sectores de la población con mayor poder adquisitivo consumen mucho más carne que el promedio general.

En el caso de la leche (Cuadro 1.6) el consumo per cápita ha aumentado en todas las regiones con excepción de América Central donde ha bajado en un 16% entre las décadas de los 70 y 80. Además el índice de autosuficiencia ha empeorado desde los años 60 (Cuadro 1.6) que implica el gasto de aún más divisas en importaciones o más probable, mayores reducciones en el consumo per cápita. Las tendencias no son muy alentadoras, cada día los sectores de la población más necesitados de una nutrición adecuada tienen menos acceso a las fuentes de proteína animal para suplementar su dieta. Por lo tanto es imprescindible que la región aumente la eficiencia de producción pecuaria para abastecer a la población, para aumentar las exportaciones y para reducir las importaciones.

Con motivo de pensar un poco acerca de las posibilidades y factibilidad de aumentar la producción consideremos la situación en otras partes del mundo (Cuadros 1.7 y 1.8)

Cuadro 1.7 Producción de carne bovina e inventario de ganado de carne en varias regiones, 1991.

	Producción Anual		Inventario		Promedio Producción
	Miles de Toneladas	%	Miles de Cabezas	%	(kg/cabeza/año)
MUNDO	51452	100.0	1294605	100.0	40

América del Norte	11410	22.2	111265	8.6	103
Europa	10961	21.3	120453	9.3	91
América Latina	9915	19.3	324328	25.1	31
Asia	5011	9.7	399274	30.8	13
Africa	3648	7.1	187771	14.5	19

Fuente: CIAT (1993)

Cuadro 1.8 Producción de leche e inventario de ganado lechero en varias regiones, 1991.

	Producción Anual		Inventario		Promedio Producción
	Miles de Toneladas	%	Miles de Cabezas	%	(kg/cabeza/año)
MUNDO	464468	100.0	226711	100.0	2047
América del Norte	74713	16.1	11349	5.0	6583
Europa	162660	35.0	42985	19.0	3784
América Latina	42232	9.1	38056	16.8	1109
Asia	55041	11.9	56191	24.8	979
Africa	15196	3.3	32487	14.3	468

Fuente: CIAT (1993)

La región de América del Norte cuenta con sólo 8.6% del ganado de carne mundial, sin embargo contribuye en un 22.2% de la producción mundial de carne. Mientras en América Latina tenemos 25% de la población mundial de ganado de carne y producimos sólo 19.3% de la producción global. En términos de eficiencia por cabeza de inventario, América del Norte es tres veces más eficiente que América Latina (103 contra 31 kg carne/cabeza/año Cuadro 1.7). La situación con respecto a la producción de leche es aún peor con una

eficiencia por cabeza 6 veces mayor que en América Latina (6583 contra 1109 kg leche/cabeza/año Cuadro 1.8).

Desde luego esta comparación no es exactamente justa porque entre regiones existen enormes diferencias en cuanto a recursos, manejo, sistemas de producción etc. Sin embargo, estos datos subrayan el hecho de que estamos muy lejos de toparnos con un techo biológico. Hay casos de productores de carne y leche en América Latina quienes tienen sistemas de producción tan eficientes como sus contrapartes de Estados Unidos, Canadá y Europa. Entonces la tarea de aumentar la eficiencia de producción en nuestra región no es imposible, tampoco debemos ilusionarnos que ésta será tarea fácil.

1.6. Síntesis

La vida de cada habitante del mundo está íntimamente relacionada con la agricultura y la ganadería, en forma directa o indirecta por el simple hecho de que todos tenemos que comer. Nuestra región de América Latina y el Caribe depende de la agricultura como base de su economía en términos de trabajo, comercio interno y generación de divisas a través de las exportaciones. Frente al creciente peligro de un deterioro catastrófico del medio ambiente la agricultura responsable representa la única solución para contrarrestar las tendencias negativas que atentan contra el desarrollo socio-económico de las generaciones futuras. Por estas y otras razones, dedicarse a la agricultura es una decisión tanto vocacional en pro de la humanidad como algo meramente técnico.

Nuestra tarea inmediata, como profesionales responsables, es el desarrollo, manejo, implementación y fomento de sistemas agropecuarios con las siguientes características:

- Económicamente rentables.
- Biológicamente eficientes.
- Ecológicamente sustentables.

A través de sistemas de este tipo se espera lograr ciertas metas como por ejemplo:

- Aumentar la producción de alimentos para abastecer las necesidades de la población a precios alcanzables por todos.
- Aumentar la generación y ahorro de divisas por medio de exportaciones y sustitución de importaciones.
- Aumentar la eficiencia del uso de los recursos naturales de la región.
- Reducir el daño al medio ambiente y proveer un futuro más seguro para las futuras generaciones.
- Reducir el movimiento de personas hacia las ciudades donde los problemas sociales ya han llegado a niveles críticos.
- Contribuir al desarrollo socio-económico de la región en términos generales y mejorar el bienestar de toda la población.

CAPITULO 2. EL PAPEL DEL SECTOR AGROPECUARIO

Los sistemas agropecuarios son extremadamente complejos y difíciles de conceptualizar y comprender. Al analizarlos debemos tomar en cuenta un sinnúmero de factores biológicos, químicos, sociales, económicos, históricos, políticos y hasta éticos, para tratar de entender cómo las partes actúan en conjunto para formar el sistema. El análisis de sistemas es un desafío constante a nuestras creencias preconcebidas. No se puede utilizar este enfoque sistemático sin mantener una mente abierta, una inquietud constante para saber el “por qué” de las cosas y la determinación de considerar cada idea por sus propios méritos sin recurrir a las “recetas de cocina”. El análisis de sistemas nos reta a pensar por nosotros mismos y cuestionar todos nuestros conocimientos y creencias agropecuarias. Desde luego, el conocimiento técnico es importante pero es el entendimiento y comprensión los que nos permiten aplicar los conocimientos técnicos en la práctica.

Uno de los propósitos de este libro es estimular el pensamiento y cuestionamiento de cosas tan comunes que las damos por un hecho, sin considerar la complejidad implícita en toda interacción biológica.

Empezamos pues, con una pregunta que imagino que todos debemos poder contestar.

2.1 ¿Qué es la agricultura?

Esta pregunta solía hacer a sus estudiantes el Profesor Colin Spedding quien es uno de los pioneros en la aplicación del enfoque de sistemas en agricultura. Su propósito era obligarlos a pensar y razonar.

Al buscar en el diccionario encontramos que la agricultura es “El arte de cultivar la tierra”. *¿Usted cree que esto conteste la pregunta con suficiente detalle?* Para entender bien en qué consiste la agricultura hay que saber más sobre quién, cómo y por qué se practica. O sino la definición queda académicamente correcta, pero sin utilidad en la práctica. Pensando un poco, tal vez llegaríamos a una contestación como la siguiente:

“La agricultura es una actividad llevada a cabo por el hombre que a través de cultivar la tierra produce alimentos para la población humana.”

Esta definición resalta el papel que juega el hombre en la agricultura. Sin la intervención del hombre no existiría la agricultura y es probablemente verídico decir que, sin la agricultura no existiría el hombre (por lo menos al nivel de civilización que conocemos hoy en día).

También hemos introducido el concepto del propósito de proveer alimento para la población, como objetivo primordial de la agricultura. *Es cierto esto, o estamos equivocados?* Si el propósito de la agricultura fuera tan sencillo y claro ¿cómo podríamos explicar los siguientes hechos?:

- En algunos países la sobre producción agropecuaria es un gran problema.
- En algunos países mueren miles de personas diariamente por falta de comida.

- En algunos países los agricultores reciben incentivos del gobierno para dejar sus terrenos sin cultivar.
- En algunos países millones de hectáreas son dedicadas a la producción de cosas que nadie puede comer.
- En algunos países el productor recibe más en forma de subsidios e incentivos del gobierno que este recibe por la venta de sus productos.
- En algunos países los efectos directos de la agricultura insustentable están degradando la tierra a tal velocidad que dentro de pocos años enormes áreas serán convertidas en desiertos sin valor ninguno.

Estos puntos nos deben hacer pensar y reflexionar. Esta gran industria mundial que llamamos con tanta facilidad “La agricultura” **no** solamente trata con la producción de alimentos, sino que es una actividad que tiene que cumplir con varios propósitos dentro del contorno comercial global. O sea, los sistemas agropecuarios sólo pueden funcionar si obedecen a las leyes de la economía y consideraciones de rentabilidad.

Desgraciadamente, guste o no, las reglas imparciales de la economía dicen que si alguien no puede pagar, tampoco puede comprar. Si de alimentos se trata, esto quiere decir que el que no paga no come, aunque él, su mujer y sus niños estén muertos de hambre.

No debemos engañarnos, en nuestros propios países de América Latina se aplican las mismas leyes. Esta es una razón muy fuerte para adoptar el enfoque de sistemas, para ver no sólo la parte biológica sino también las implicaciones económicas. Solamente al desarrollar y manejar sistemas de producción eficientes en todo sentido será posible que los alimentos básicos estén al alcance de toda la población.

2.2 ¿Cuál es el propósito de la agricultura?

Quizás ahora tengamos más respeto por las preguntas que parecen fáciles pero no lo son. Existen muchos diferentes propósitos, según el punto de vista. El agricultor o ganadero no daría una contestación igual a la del consumidor, político o gobernante. El agricultor de subsistencia, quien cultiva media hectárea de arroz, no tendría el mismo propósito como el dueño de una empresa multinacional con plantaciones de palma africana, caucho, cacao y café en cuatro continentes. Los propósitos dependen de las personas involucradas; o mejor dicho, según los deseos y necesidades de los diversos individuos. Entonces podemos concluir en palabras muy sencillas que el “propósito de la agricultura es satisfacer necesidades o deseos del hombre”.

Los agricultores y ganaderos tienen por objetivo la satisfacción de sus deseos personales, en cuanto a la producción de alimentos para su propio consumo (subsistencia) y/o productos para la venta (agricultura comercial). A nivel nacional, desde el punto de vista del gobierno, también hay necesidades que satisfacer a través de la agricultura; como por ejemplo la seguridad alimenticia, exportaciones para la generación de divisas y la reducción de importaciones.

Hoy en día escuchamos más y más sobre los problemas de los gases de invernadero, el fenómeno del calentamiento del globo, la degradación de las tierras agrícolas y la contaminación del medio ambiente. Existen otras preocupaciones mundiales ligadas a la agricultura, pero estas sirven para demostrar el punto. La población del mundo hoy en día no sólo demanda la satisfacción de las necesidades individuales y nacionales por medio de la agricultura, sino que también busca la satisfacción de las necesidades de las futuras

generaciones, de los hombres y mujeres que habitarán este planeta que llamamos 'tierra' dentro de 50, 100, 200 y más años. La agricultura ya no tiene simplemente que producir para hoy, tiene que ser también el guardián de los recursos naturales para su uso sostenible futuro. Como vemos, la agricultura es compleja y merece de una consideración profunda.

2.3. ¿Qué produce la agricultura?

Esta pregunta parece muy obvia porque ya hemos dicho que la agricultura produce alimentos para el hombre. Cierto, pero también produce fibras como algodón, lana, caucho, cuero y henequén que hasta hace relativamente pocos años han sido imprescindibles para el desarrollo de las civilizaciones humanas. El cultivo de plantas medicinales, tabaco, coca y opio también juega un papel muy importante en la agricultura y vida cotidiana de casi toda la población mundial.

El combustible para cocinar y calentar los hogares también es producto de la agricultura en muchos países, debido al uso de leña, pajas, estiércol seco, etc. Otro 'producto' de la agricultura son los paisajes agradables y posibilidades de paseos, caminatas y deportes campestres que las poblaciones urbanas crecientes necesitan para relajarse como antídoto a las múltiples presiones psicológicas de la vida de ciudad. Entonces debemos tomar en cuenta no solamente la "producción de alimentos" en nuestra definición de la agricultura, sino muchas otras cosas más.

2.4. ¿Cómo es realizado el propósito de la agricultura?

Al principio dijimos que la agricultura es simplemente una cuestión de cultivar la tierra. *¿Entonces sería correcto decir, que la producción de cerdos en confinamiento sobre pisos de cemento no constituye una actividad agropecuaria?* El porcicultor no cultiva la tierra, sino que alimenta sus cerdos con concentrados balanceados comprados. Aquí tenemos la respuesta; el producto se obtiene debido al agricultor que produce los cereales (trigo, maíz, soya, etc) por medio del cultivo de la tierra. Entonces en forma indirecta la porqueriza ocupa mucho más tierra que el área cubierta por cemento y galpones.

El uso de lombrices para producir abono orgánico o el manejo de gusanos de seda también son tipos de cultivo de la tierra en forma indirecta. Aún así, existen algunas excepciones y con el desarrollo de los llamados procesos de 'bio-ingeniería' seguramente en el futuro habrán más excepciones a nuestra regla. Por ejemplo, el sistema intensivo de producción de hortalizas y hasta forraje de cebada para ganado lechero sin uso de la tierra; *¿o sea el sistema hidropónico constituye parte de la agricultura?* El uso de bacterias y protozoos para la producción de proteína de origen animal en enormes cámaras de fermentación que se parecen más a una fábrica de químicos industriales que una propiedad agropecuaria. *¿Lo debemos considerar parte de la agricultura?* Hay que pensarlo bien.

2.5. ¿Quién controla el proceso de producción agropecuaria?

Esto es otro punto clave, el verbo 'cultivar' requiere de alguien (un sujeto) que lo lleve a cabo, en este caso el que cultiva es el hombre. Si el proceso de agricultura no fuera controlado y manejado no sería agricultura sino simplemente la recolección y caza de

plantas y animales silvestres. Este sistema sirvió al hombre durante miles de siglos pero fue reemplazado por la agricultura cuando el hombre primitivo se dió cuenta de los beneficios de asentamientos permanentes.

Por supuesto, el nivel de control entre diferentes sistemas es muy variable. Por ejemplo, una vaca en una lechería en los Estados Unidos vive bajo un control completo, su nutrición es planificada por computadora, su medio ambiente, horario, sus hábitos reproductivos son controlados por hormonas, su salud está bajo control estricto, etc, mientras una vaca en los llanos de Colombia está bajo muy poco control, tal vez sólo tiene contacto con el hombre una vez por año en el rodeo anual. Casi todas las funciones están bajo control de la naturaleza y no bajo control del hombre.

No es una coincidencia que, de todos los miles de especies de mamíferos que viven en el mundo, solamente 5 especies principales son utilizadas en la industria pecuaria. Por tradición el hombre ha utilizado los animales más fáciles de domesticar y controlar porque sin el concepto de control no hay producción ganadera solamente cacería de animales silvestres.

El control y manejo de plantas y animales por el hombre toma 4 formas principales:

- Control de la ubicación.
- Control de la nutrición.
- Control de la reproducción.
- Control del método y forma de aprovechar el producto.

Entonces podemos ahora definir la agricultura con más confianza y exactitud, según la sugerencia de Spedding (1979) de la siguiente manera:

“La agricultura es una actividad del hombre; primeramente para producir alimentos y fibras por medio de la utilización, control y manejo de los animales y plantas”.

Podemos agregar además, que el propósito primordial de la agricultura es la satisfacción de los deseos y necesidades de la humanidad de hoy y las generaciones futuras. La sostenibilidad económica y ecológica son dos factores que son interdependientes. Hoy en día con la creciente población humana, es más importante que nunca asegurar que la satisfacción de los deseos a corto plazo no comprometan las necesidades de la población humana a largo plazo.

2.6. Producción animal

¿Cuáles son los productos principales de los sistemas pecuarios? Piénselo un momento. Es seguro que su lista contiene los productos más comunes como: carne, leche, huevos y lana. En realidad existen muchos productos más como se ve en el Cuadro 2.1

Cuadro 2.1 Los productos principales de la producción animal. (Según Spedding 1979)

Tipo de Producto	Producto
------------------	----------

Alimentos	Leche Carne Pescado Miel de abeja Sangre
Fibra	Lana Pelos Seda Piel Cuero Plumas
Fertilizante	Estiércol Hueso Plumas Cuerno
Trabajo	Transporte Tracción Fuerza

Los productos incluidos en el Cuadro 2.1, están en la forma que el hombre los utiliza; cabe mencionar otros productos que no son tan obvios, por ejemplo, la venta de animales vivos. Cualquier animal puede ser el producto de un sistema de producción sin necesariamente tener que matarlo primero.

Ejemplos:

- Toretos reproductores
- Vaquillas
- Novillos listos para el engorde
- Cerditos destetados
- Huevos fértiles para ser incubados
- Pollitos recién nacidos
- *¿Ud podría sugerir más?*

Hasta ahora hemos mencionado los productos principales de los sistemas agropecuarios más comunes. No obstante, no se deben olvidar otros productos que aunque no sean el objetivo principal del sistema, contribuyen significativamente a la producción total de ciertos sistemas.

Ejemplos:

- Gallinaza de pollos para alimentar rumiantes

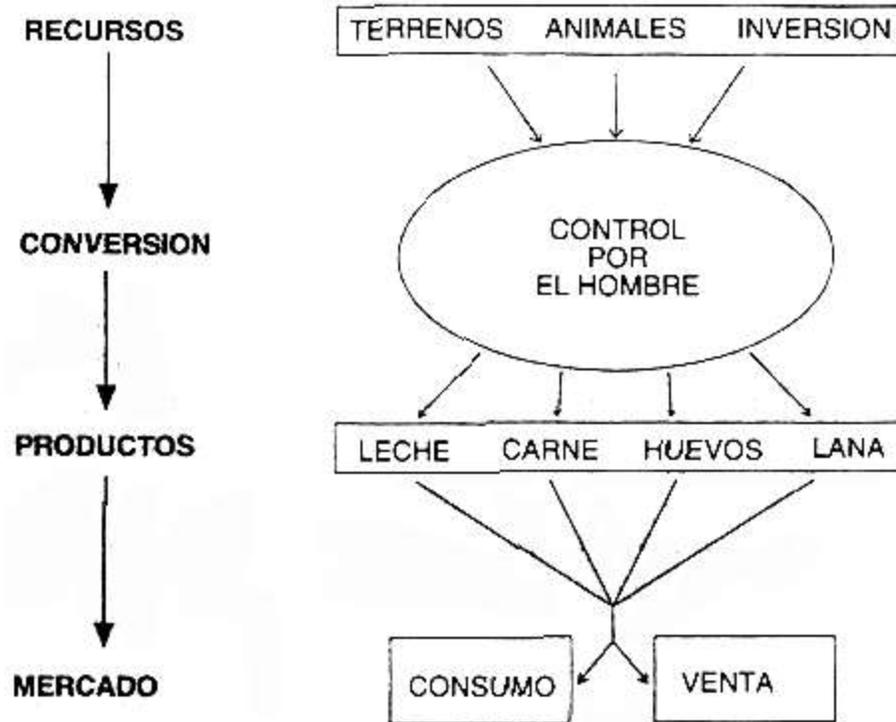
- Estiércol de porcinos para lagunas de peces
- Estiércol para producir biogas.
- Semen de reproductores superiores
- Embriones de hembras superiores
- Alquiler de animales de trabajo
- y hasta alquiler de toros de lidia (Costa Rica)
- *¿Ud. podría sugerir más?*

2.7. Resumen

Este capítulo ha tratado de desafiar al lector en cuanto a sus ideas predeterminadas que a veces aceptamos sin pensar mucho. Una de las grandes ventajas del enfoque por sistemas es que nos ayuda a formular las preguntas relevantes para expandir y profundizar nuestra comprensión de algún proceso. En este capítulo hemos hecho varias preguntas sobre la agricultura y la producción animal. Aunque este texto trata principalmente sobre sistemas pecuarios nunca debemos olvidar que esta actividad queda dentro del entorno global que llamamos la agricultura.

Hay una broma que dice que un sacerdote estaba hablando con el jardinero que cuidaba los jardines de la iglesia y la parroquia y éste le decía: “Felicidades Jaimito, con la ayuda de Dios has hecho de estos jardines una belleza” y el jovencito respondió “has debido verlos cuando los cuidaba El solo”. Aunque gracioso, esto nos subraya el hecho de que el control por el hombre es la clave de la agricultura y de las empresas agropecuarias. La Figura 2.2 ilustra como los recursos son sometidos a un proceso de conversión por el hombre. Este proceso de conversión resulta en los productos que entran al mercado para satisfacer los deseos del consumidor.

Figura 2.1 La producción pecuaria como un proceso que convierte recursos en productos.



CAPITULO 3. DEFINICION DE UN SISTEMA

3.1. ¿Qué es un sistema?

Utilizamos la palabra “sistema” con mucha frecuencia y en relación a muchas diferentes cosas y actividades. Parece que nos sentimos muy cómodos con esta palabra al hablar sobre sistemas de producción, sistemas de ordeño, sistemas de pastoreo, sistemas de contabilidad, sistemas bancarios, el sistema político de un país, el sistema cardiovascular etc.. Existen tantas diferentes ‘cosas’ que llamamos sistemas que cualquier persona tendría toda la razón de imaginar que la palabra ‘sistema’ está bien entendida por todo el mundo, y especialmente por los lectores de este libro. *¿Usted podría definir exactamente qué quiere decir cada vez que Ud. utiliza la palabra “sistema”?*

De diversos puntos de vista podemos describir a muchas diferentes cosas sistemas. Por ejemplo; un automóvil, una finca, una fábrica, una célula y hasta su propio cuerpo humano. Es una tentación entonces querer decir que cualquier artefacto o cosa representa un sistema. Sin embargo no es así. Si así fuera, el concepto de reconocer sistemas y la aplicación de un enfoque por sistemas no tendría mucho sentido. Debemos comprender claramente la diferencia entre un sistema y algo que no constituye un sistema. Esta diferencia encierra la propiedad esencial que define un sistema verdadero. La característica más importante que tiene un sistema, según Spedding (1979), es que:

“...puede reaccionar como un todo al recibir un estímulo dirigido a cualquiera de sus partes.”

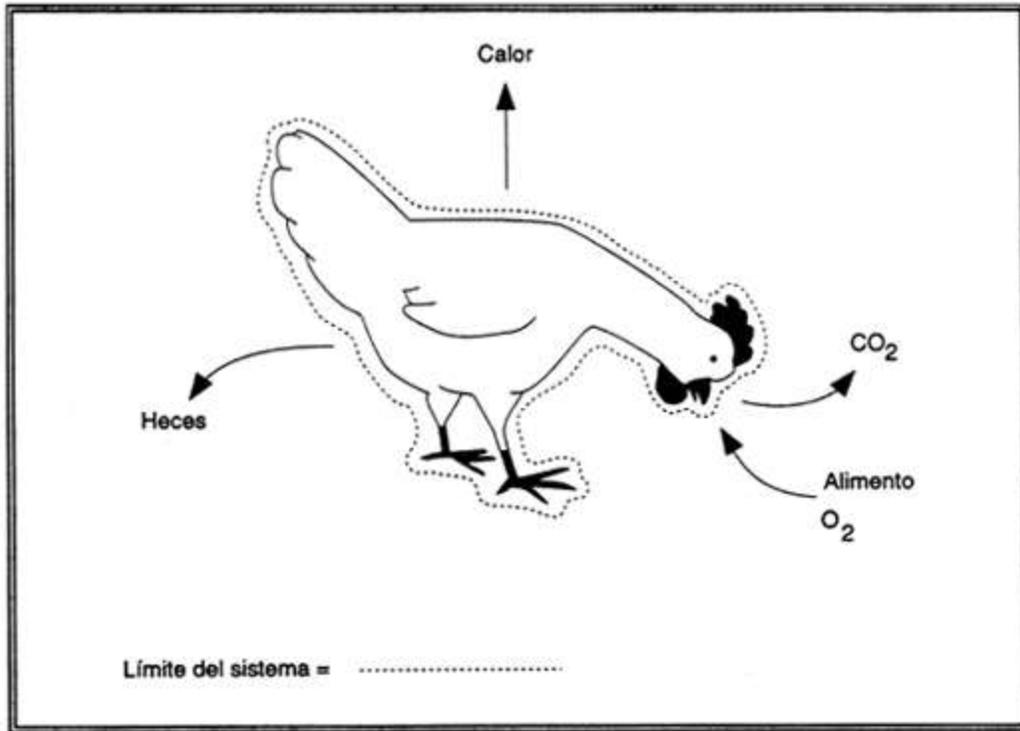
Para que un conjunto de objetos puedan actuar como un sistema, tienen que existir relaciones o conexiones de alguna forma u otra entre las partes individuales que constituyen el sistema. Por ejemplo un saco de aislantes, un rollo de alambre, una batería y un controlador de pulsaciones y voltaje, no constituyen un sistema hasta que la cerca eléctrica esté armada. Antes de esto no existe conexión alguna entre los componentes, entonces no es un sistema porque no puede “reaccionar como un todo”, cuando uno de sus componentes recibe un estímulo. Sin embargo, cuando la cerca eléctrica está armada y funcionando entonces sí constituye un sistema verdadero. Si uno de los aislantes fuera dañado tal vez por deterioro natural debido a sol y lluvia, empieza a perder corriente en este punto. Automáticamente el controlador aumentaría el voltaje para contrarrestar la pérdida, y esto tendría el efecto de descargar la batería más rápido. En el corto plazo el sistema puede seguir funcionando al reaccionarse al estímulo recibido de afuera.

3.2. Los límites del sistema

Al estudiar sistemas, es de suma importancia saber hasta donde llega el sistema. Esto define lo que se encuentra dentro y fuera del sistema. También define directamente cuáles son las entradas y salidas del sistema. Sin poder identificar con exactitud los límites del sistema conceptual, es imposible analizar el sistema.

Un ejemplo de un animal vivo, pensemos en una gallina. Tiene una estructura física entonces es fácil identificar los límites. Es capaz de reaccionar como un sistema al ser estimulado.

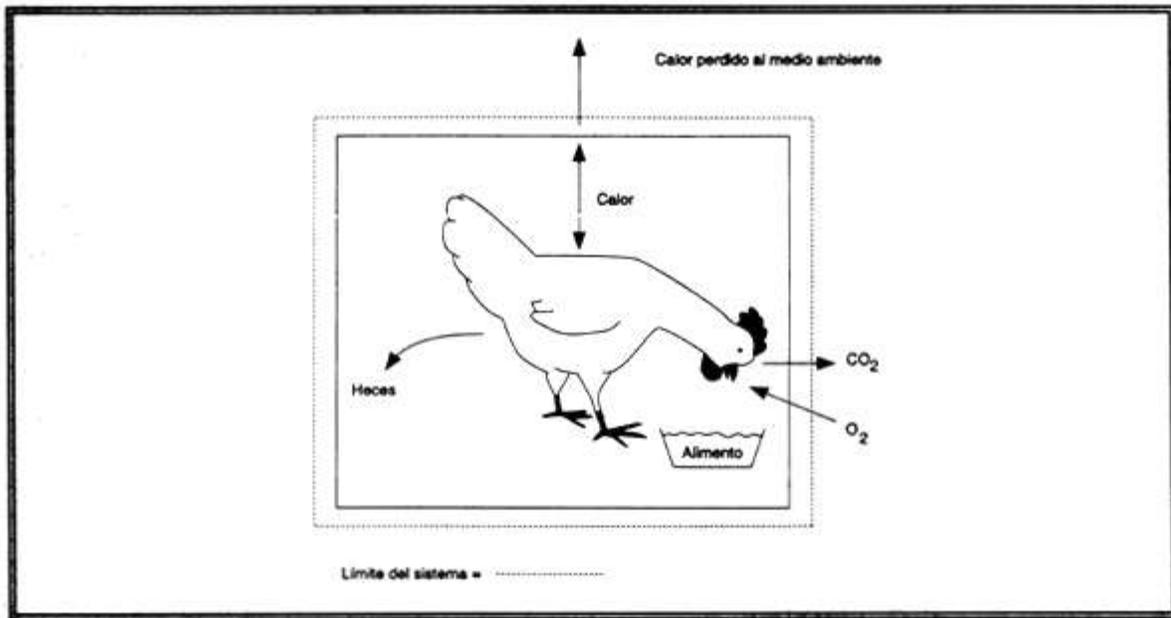
Figura 3.1 Una gallina como un sistema biológico. (Spedding 1979).



La gallina (Figura 3.1) es un sistema vivo y el límite del sistema está apenas fuera de las plumas. En el dibujo se pueden notar las entradas principales (alimento, agua, O₂) y las salidas (heces, calor, CO₂). Note bien que las entradas constituyen cosas que cruzan el límite entrando y que las salidas cruzan el límite saliendo del sistema. Ahora bien, generalmente el medio ambiente es tan enorme que la producción de calor de la gallina no influye en ella de ninguna manera; tampoco el CO₂ producido. O sea, la gallina no tiene influencia significativa sobre el contorno dentro del cual se encuentra.

Supongamos ahora que metemos a la gallina en una caja pequeña con los huecos apenas necesarios para permitirle suficiente oxígeno. (Figura 3.2).

Figura 3.2 El sistema “gallina en caja”. (Spedding 1979)



El ambiente dentro de la caja es rápidamente calentado e inmediatamente afecta a la gallina y a su tasa de producción de calor. Esto se llama un “mecanismo de retroalimentación” y es de suma importancia porque si se ignora la retroalimentación, resultaría equivocado como el sistema (la gallina), reacciona a ciertos estímulos.

Ahora, la gallina no es suficientemente independiente para ser considerada como un sistema, sino como una parte del sistema “gallina en caja” y se debe poner el límite del sistema alrededor de la caja. La posición correcta del límite es donde se define exactamente el contenido del sistema que queremos estudiar. Si no se concibe el límite se pierde mucho del valor de un enfoque sistemático.

Este ejemplo, nos presenta la oportunidad de mostrar cómo las entradas y salidas del sistema cambian según la posición del límite que nosotros definimos de acuerdo a nuestros fines analíticos (Cuadro 3.1)

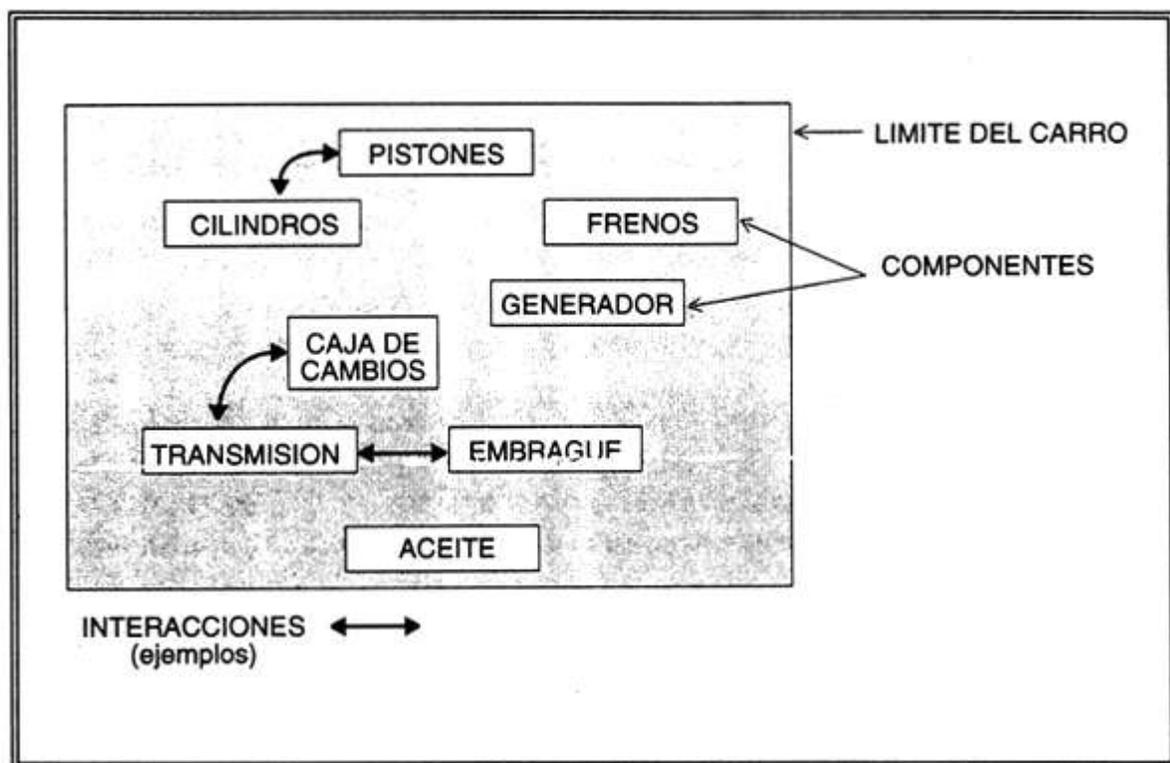
Cuadro 3.1 Entradas y salidas de dos sistemas

	SISTEMA	
	Gallina	Gallina en caja
Entradas	Alimento O ₂	O ₂
Salidas	Calor Heces CO ₂	Calor (reducido) CO ₂

3.3. Los componentes del sistema

Imagine que estudiáramos cada parte de un auto aisladamente (ej. frenos, pistones, marchas, luces, etc.). Hasta cierto punto podríamos comprender cómo funciona cada parte. Sin embargo, no se podría comprender jamás cómo funciona el auto como un todo, ni las funciones de las diferentes partes cuando son unidas y están trabajando conjuntamente en el auto. En realidad las partes no pueden funcionar solas porque son dependientes en la presencia de otras partes o componentes. Es precisamente la comprensión de las interrelaciones entre los componentes que son de suma importancia y el objetivo primordial de un enfoque sistemático (Figura 3.3).

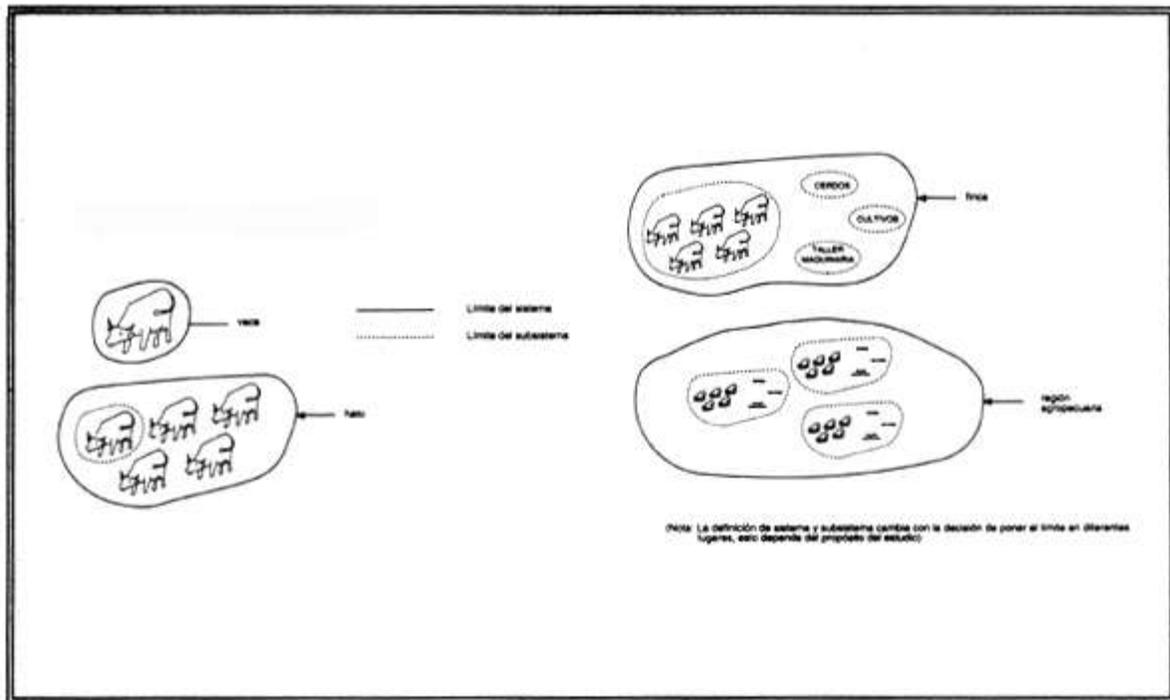
Figura 3.3 Representación de un automóvil como sistema y varias partes como componentes.



3.4. Subsistemas

A veces se pueden considerar los componentes como subsistemas del sistema entero. En ese caso se considera un subsistema como un componente del sistema entero que podría funcionar como un sistema solo, si no fuera parte del sistema entero. Por ejemplo se puede considerar a una vaca como un sistema completo biológico, sin embargo, un grupo de 100 vacas será considerado como un sistema entero llamado "el hato" y cada vaca representará un subsistema del hato (sistema entero). Igualmente un hato de vacas lecheras en una finca con otras actividades (ej. caña, carne, cerdos, etc.) podrá ser considerado como un subsistema y la finca entera como el sistema (Figura 3.4).

Figura 3.4 Relación de subsistemas y sistemas



La definición de sistema y subsistema cambia según nuestra decisión de ubicar el límite del sistema. Esto depende del propósito de nuestro análisis y afectará la utilización de la misma. Entonces es muy importante saber cuando estamos considerando un sistema, un subsistema, o un componente, y sus relaciones jerárquicas.

3.5. Definición

Escribir la definición de “un sistema” puede resultar ser un arma de doble filo. Sin lugar a duda una definición precisa y clara puede ayudar a cristalizar nuestra comprensión. Sin embargo, al mismo tiempo existe el peligro de que algunos lectores la memoricen y luego se engañen a sí mismos creyendo que entienden cuando en realidad no es así. Por lo tanto, se incluye esta definición con la advertencia de que no debe ser sometida a la memoria sin la debida comprensión.

“Un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común. Son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas. El sistema no está afectado por sus propios egresos y tiene límites específicos en base de todos los mecanismos de retroalimentación significativos” (Spedding 1979).

CAPITULO 4. CONCEPTUALIZACION DE SISTEMAS

Los sistemas agropecuarios son complejos y sólo a través de una metodología con ciertos pasos lógicos y ordenados es posible empezar a entenderlos. Para poder intercambiar ideas y apoyarnos mutuamente en el proceso de aprendizaje es necesario usar un vocabulario común. En otras palabras debemos contar con la habilidad de usar ciertos instrumentos para conceptualizar un determinado sistema.

Spedding (1975) sugiere nueve consideraciones que deben ser tomadas en cuenta para realizar la conceptualización de un sistema; estas son:

1. El propósito
2. El límite
3. El contorno
4. Los componentes
5. Las interacciones
6. Los recursos
7. Los ingresos o insumos
8. Los egresos o salidas
9. Los subproductos

4.1. Ejemplo de un generador de electricidad

El objetivo aquí es poder construir el concepto de un sistema en nuestras mentes, principalmente por medio de 9 preguntas básicas, las cuales automáticamente nos llevan paso a paso hasta la comprensión completa de la función del sistema conceptual.

Por ejemplo, tomemos un sistema llamado “Una máquina” (Figura 4.1).

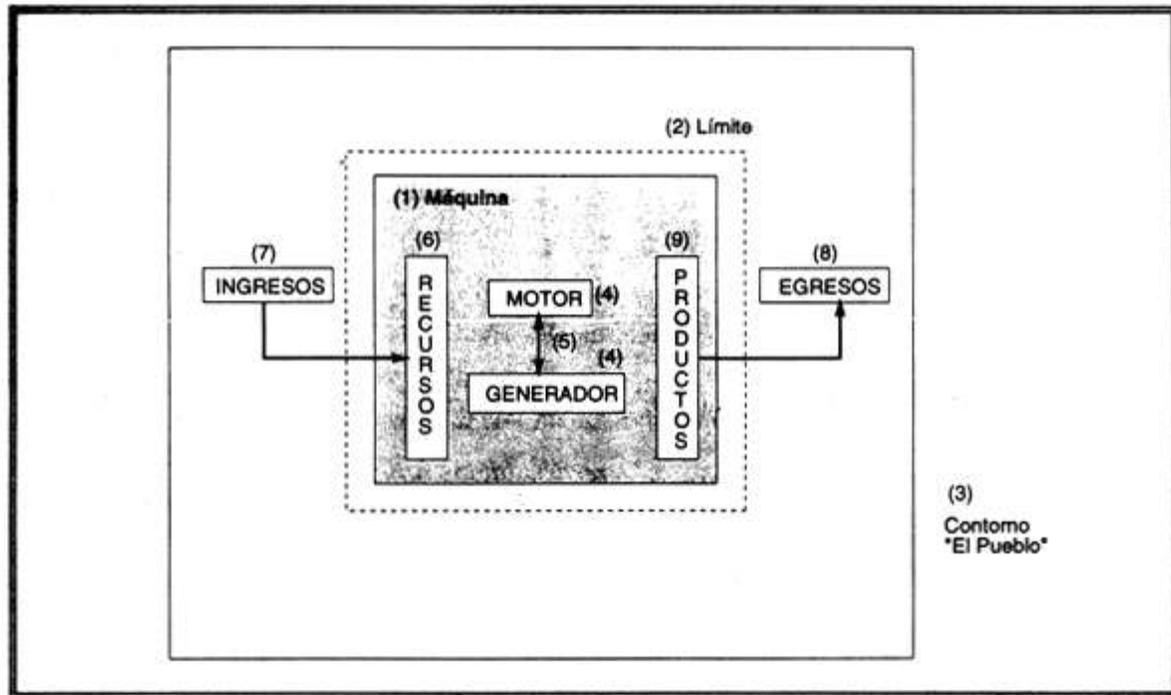
1. Pregunta - *¿Cuál es el propósito de la máquina?*
Respuesta - (Producir electricidad).

Ahora sabemos mucho acerca del sistema; por lo menos podemos descartar una inmensidad de sistemas posibles.

2. Pregunta - *¿Dónde queda el límite del sistema?*
Respuesta - (Alrededor de la máquina completa).

Como siempre el límite define lo que hay que considerar como parte del sistema, lo que queda afuera y cuáles son las entradas y salidas.

Figura 4.1 Ejemplo de un sistema “Una máquina”



3. Pregunta - ¿Cuál es el contorno de la máquina?

Respuesta - (En un pueblo de 500 personas).

Ahora tenemos la información sobre la posible capacidad de la máquina, las necesidades mínimas, etc.

4. Pregunta - ¿Cuáles son los componentes principales?

Respuesta - (Un motor gasolinero y un generador de electricidad).

Al conocer los componentes principales se puede empezar a comprender cómo funciona la máquina. En este ejemplo se puede descontar el uso de un motor diesel, fuerza de agua o molino de viento.

5. Pregunta - ¿Cuáles son las interacciones principales?

Respuesta - (Varias).

Para contestar sobre las interacciones principales hay que estudiar con mucho detalle los componentes y sus relaciones uno con el otro. En términos sencillos es posible decir que el carburador regula la gasolina; la combustión de gasolina produce la fuerza, la fuerza mueve los pistones, los pistones mueven una rueda, la rueda mueve el cinturón, el cinturón hace girar al generador, el generador produce electricidad por causa de fuerzas electromagnéticas.

Las interacciones deben ser explicadas con los detalles necesarios para el estudio. A veces se requieren muchos detalles y en otras ocasiones una explicación breve es suficiente.

6. Pregunta - *¿ Cuáles son los recursos principales?*
Respuesta - (Motor, generador, gasolina, aceite, grasa, etc.)

Para saber cómo funciona y cómo podría funcionar, es importante tener en mente los recursos que el sistema tiene a su disposición.

7. Pregunta - *¿ Cuáles son los ingresos (entradas) principales?*
Respuesta - (Gasolina, mantenimiento, aceite, etc.)

Para poder cuantificar las cantidades de los varios ingresos del sistema.

8. Pregunta - *¿ Cuáles son los (egresos) salidas principales?*
Respuesta - (Electricidad, también calor, aceite quemado, ruido).

Los egresos son las cosas que salen del sistema.

9. Pregunta - *¿ Cuáles son los subproductos?*
Respuesta - (En este caso no hay subproductos).

Un subproducto es un producto del sistema que no sale del sistema, sino que vuelve a formar parte de los recursos del sistema (las salidas o egresos son los productos que salen del sistema). Esto es de suma importancia en sistemas agropecuarios porque indican mucho sobre cómo funciona el sistema y su manera de operar.

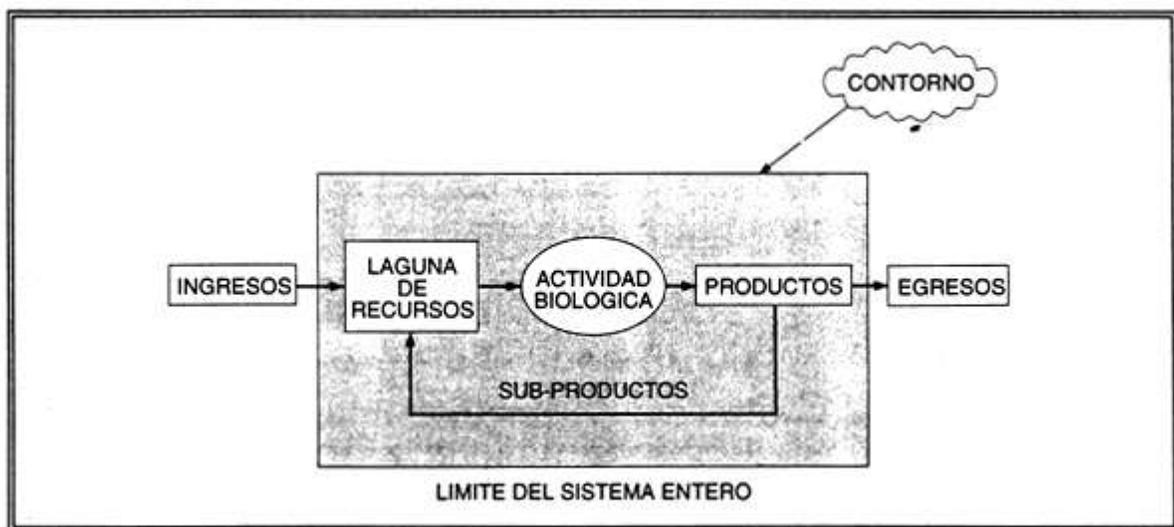
4.2. Descripción generalizada

Para hacer descripciones de sistemas y tratar de comprenderlos, se utilizará el esquema general de la Figura 4.2 y el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Consideraciones mínimas para conceptualización de sistemas

Característica	Información dada
Propósito:	Define egresos principales, de manera general, del funcionamiento.
Límites:	Define extensión, partes relevantes para el estudio.
Contorno:	Ambiente externo, físico y económico. Limitantes factores externos.
Componentes:	Partes principales (pueden incluir subsistemas).
Interacciones:	Consecuencias y efectos de interacción entre componentes. Estudio llevado a nivel de complejidad necesaria.
Recursos:	Encontrados dentro del sistema (incluye entradas).
Salidas:	Productos que salen del sistema.
Subproductos:	Productos de la actividad biológica que quedan dentro del sistema por el uso y/o posible conversión en otro proceso.

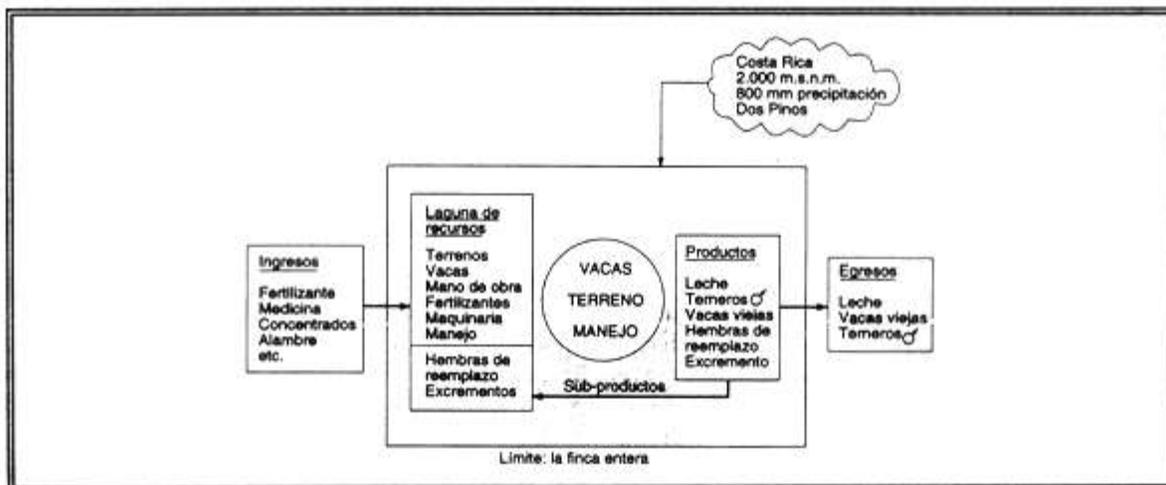
Figura 4.2 Concepto general de cualquier sistema



4.3. Ejemplo de una lechería

Tomemos una finca especializada en la producción de leche como ejemplo, para mostrar el uso de los conceptos generales presentados en la Figura 4.2 y Cuadro 4.1. Estos principios, al ser aplicados a un caso concreto, nos ayudan a comprender sistemas específicos (ej. diferentes fincas) y entender exactamente como funcionan. En este caso el análisis da como resultado las relaciones contenidas en la Figura 4.3 y Cuadro 4.2.

Figura 4.3 Representación de un sistema “lechería” usando el formato de la Figura 4.2



Cuadro 4.2 Respuestas a las nueve preguntas para caracterizar el sistema representado en la Figura 4.3

PREGUNTA	RESPUESTA	INFORMACION DADA
1. PROPOSITO	Producción de leche rentabilidad	Uso de recursos, razas. Sistema comercial
2. LIMITES	Perímetro de la finca	Cantidad y tipo de recursos disponibles, ej. terreno, suelo etc.
3. CONTORNO	Volcán Poás, Costa Rica	Medio ambiente; precipitación, altura, temperatura, evapotranspiración. Mercado, disponibilidad de insumos.
4. COMPONENTES	50 ha de terreno, pasto kikuyo, hato de 80 vacas, hato de 30 novillas (para reemplazo)	Alternativas factibles.
5. INTERACCIONES	Biológicas, zootécnicos, económicos	Carga animal, estrategia de alimentación, fertilidad, mano de obra, inversión etc.
6. RECURSOS	Naturales y comprados	Maquinaria, instalaciones, capital. Alternativas, recursos subutilizados.
7. INGRESOS	Toda entrada al sistema	Tipo y cantidad alimentos, semen, mano de obra, etc.

8. SALIDAS	Todo lo que sale del sistema productos principales	Leche, terneros, queso, vacas viejas.
9. SUBPRODUCTOS	Productos que no salen del sistema	Generación propios recursos ej. novillas, compost, etc. Alternativas de manejo

Con fines de practicar y acostumbrarse a esta metodología es una buena idea tomar un lápiz y papel y crear la Figura 4.3 y Cuadro 4.2 con referencia a una finca que Ud. Conoce bien. No debe requerir más que 20 minutos y sería un tiempo bien aprovechado, antes de continuar con su lectura.

4.4. Recursos y entradas

Con referencia a la Figura 4.3, se nota que la laguna de recursos es formada por tres diferentes tipos de recursos:

- Recursos naturales de la finca ej. Terreno.
- Entradas (compras) ej. Fertilizantes.
- Recursos producidos en la finca ej. Hembras de reemplazo.

La laguna de recursos se puede considerar como un gran almacén que incluye todos los factores de producción. Sin embargo, para evitar confusión hay que aclarar que en la realidad estos 3 tipos de recursos son dependientes del plazo de tiempo que se emplea en su consideración. Por ejemplo, la bodega de concentrado en una finca lechera, representa un recurso. Al sacar un quintal de concentrado implica la utilización de un recurso (corto plazo, día por día). No obstante, al momento de recargar la bodega con la compra de concentrado, significa una entrada al sistema y por lo tanto, se considera el concentrado como un ingreso (medio plazo mes por mes). De esta manera, se dará cuenta de que en corto plazo todos los suministros se pueden considerar como recursos (con la posible excepción de agua y electricidad), mientras que a largo plazo (25 años) todo se considera como entradas, incluso los animales y el terreno (Cuadro 4.3)

Cuadro 4.3 Consideración de los componentes del sistema como entradas o como recursos dependientes en el plazo de tiempo

	CORTO PLAZO (Día por Día)	MEDIO PLAZO (Año por Año)	LARGO PLAZO (25 años)
ENTRADAS	Agua Electricidad	Agua Electricidad Mano de Obra, Concentrado Fertilizante Medicinas	Agua Electricidad Mano de Obra Concentrado Fertilizante Medicinas Vacas

			Terreno Capital Habilidad de Manejo
RECURSOS	Mano de obra Concentrado Fertilizante Medicinas Vacas Terreno Capital Habilidad de Manejo Calidad Suelo	Terreno Vacas Capital Habilidad de Manejo	Calidad Suelo

4.5. El recurso principal: dinero

El recurso fundamental de la mayor parte de los sistemas de producción animal (sin tomar en cuenta sistemas de subsistencia que operan fuera de la economía comercial), es el dinero. Es por eso que todo ganadero tiene que tomar en cuenta las consideraciones financieras. No obstante, el objetivo de la maximización de rentabilidad no siempre es el objetivo número uno. En ciertos sistemas, los objetivos como; orgullo personal, facilidad de trabajo, minimización de riesgo, animales bonitos, etc., pueden ser los objetivos más importantes.

El Cuadro anterior (4.3) muestra cómo en el largo plazo los recursos no son fijos, todo se puede conseguir con dinero. El dinero es el denominador común que nos permite intercambiar los recursos. En sistemas comerciales, el dinero es el recurso fundamental sobre el cual se basa el sistema de producción. A largo plazo, ningún sistema puede funcionar sin tomar muy en cuenta las consideraciones económicas. Debemos desarrollar y utilizar sistemas que son económicamente sustentables a largo plazo y no contemplar solamente ganancias a corto plazo. Esto implica, que los sistemas también deben ser ecológicamente sustentables.

Como estudiantes de zootecnia, agronomía, veterinaria etc. concentramos mucho esfuerzo en los hechos científicos que tratan el funcionamiento de sistemas desde el punto de vista biológico. Tenemos la tendencia a olvidar que las interacciones biológicas tienen que funcionar en el mundo real comercial, donde el dinero es un factor importante. No es suficiente saber que tal dosis de cierto fertilizante aumentaría la producción de pasto en x %; también hay que poder traducir esto en costo, valor de producción y beneficio adicional.

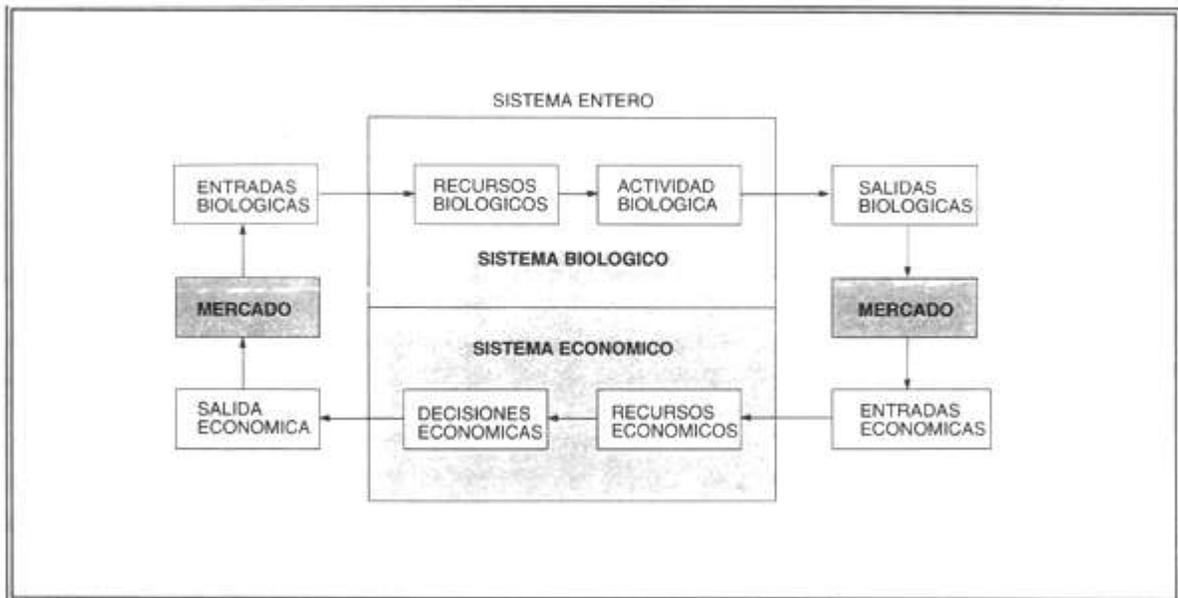
Podemos considerar el dinero como el lubricante del sistema (como aceite en un motor). Imaginemos que el sistema biológico tiene un contraparte que es el sistema económico. Las salidas biológicas (ventas) se convierten en dinero que forma la entrada del sistema económico (Figura 4.4). Luego este dinero es utilizado para conseguir las entradas requeridas por el sistema biológico. Entonces existe una constante actividad de

conversión al borde del sistema donde las salidas biológicas se convierten en entradas económicas y las salidas económicas en entradas biológicas.

Entonces:

- El dinero es el medio para conseguir todos los recursos necesarios.
- El dinero es la base del sistema y todas las consideraciones siguientes deben tomarse en cuenta.

Figura 4.4 Representación de un sistema en términos del sistema biológico y sistema económico.



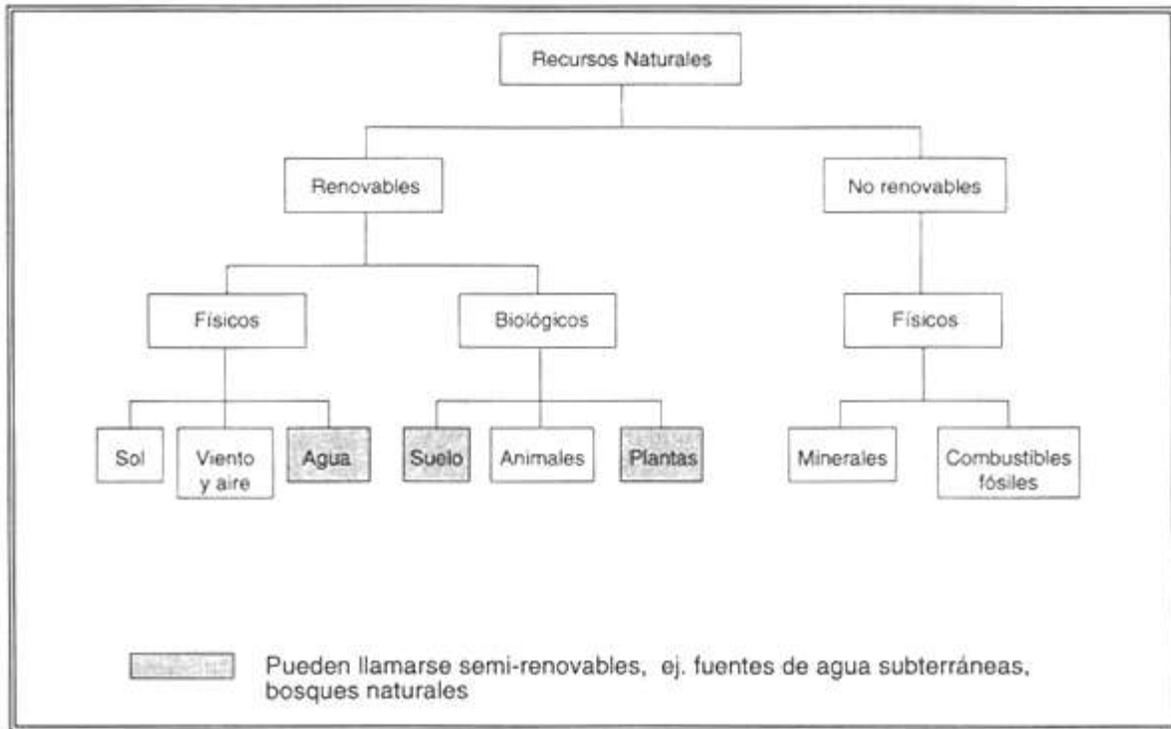
(Nota: El mercado representa la conversión de: Salidas Biológicas en Entradas Económicas y Salidas Económicas en Entradas Biológicas.

4.6. Recursos naturales

En las secciones anteriores hemos considerado los recursos desde el punto de vista de la finca como un sistema. Hemos empleado la suposición que el contorno o ambiente alrededor es tan inmenso que las salidas del sistema no lo afecta y que las entradas no disminuyen la disponibilidad de los recursos globales. Este es un enfoque micro y es el nivel de análisis que concierne mayormente a los administradores de fincas. No obstante, no podemos ignorar las consideraciones a nivel macro ya que varios cambios hoy en día demuestran la importancia de tomarlas en cuenta.

Cuando un productor individual requiere más terreno, lo puede comprar; si le falta agua, puede invertir dinero en la perforación de un pozo profundo y en un equipo de riego, pero ¿Sería igual al considerar una región o un país?. Claro que no, a nivel macro no es tan fácil comprar recursos con dinero. La Figura 4.5 muestra una clasificación general de los recursos naturales y hace la distinción entre los recursos renovables y los no renovables.

Figura 4.5 Clasificación de recursos naturales (según de Graaff 1993)



La agricultura depende de todos los recursos naturales indicados en la Figura 4.5, para su existencia y funcionamiento. Generalmente suponemos que el sol, como fuente de radiación solar, es un recurso infinito que nunca acabará (aunque técnicamente sabemos que esto es falso y que algún día, en un futuro muy lejano, se apagará). Asimismo, tomamos el aire y viento como recursos renovables que nunca faltarán, sin embargo, en los últimos años se han observado cambios significativos en la composición de la atmósfera.

El agua, debido al ciclo hidrológico de precipitación, filtración, transpiración y evaporación se considera como un recurso natural renovable, no obstante en algunas regiones áridas, ya no es así. En varios países de Africa y del Medio Oriente, e inclusive en partes de los Estados Unidos, los reservorios naturales subterráneos se están acabando y no se sabe si podrán recuperarse con el tiempo, por lo cual sería mejor llamar el agua un recurso natural semi-renovable bajo ciertas circunstancias. De la misma manera, el recurso de germoplasma vegetal ya no podemos considerarlo totalmente renovable, debido a la pérdida de biodiversidad en varios ecosistemas tropicales.

Tal vez el suelo es el recurso natural renovable que causa más problemas en nuestra clasificación. Con un buen manejo es factible mantener y mejorar, tanto la fertilidad como las características físicas y químicas del suelo. En este sentido, el suelo es un recurso renovable, en términos de su calidad y profundidad de los estratos utilizados en agricultura. En cambio, cuando existe erosión y se pierde el suelo físicamente, o en sistemas de mono cultivo, que extraen nutrientes sin reponerlos, el deterioro del suelo puede ser irreversible.

En casos severos de desertificación el suelo resulta ser usado como un recurso natural no renovable (minería).

La definición de un recurso natural no renovable tiene que ver con la relación entre el tiempo que necesitó su formación, comparado con la rapidez de su extracción y aprovechamiento. En el caso del petróleo por ejemplo, este recurso fue producido por un proceso que duró millones de años, sin embargo, algunos depósitos han sido descubiertos, explotados y abandonados en un lapso de 10 años o tal vez menos. Estos son recursos finitos que tarde o temprano se acabarán.

Es importante distinguir entre los recursos naturales renovables, semi renovables y no renovables, tanto a nivel micro (de la finca) como a nivel macro (región).

Para lograr el desarrollo socio-económico sostenible, es esencial utilizar los recursos de una manera que aseguren su renovación. En otras palabras, no debemos gastar nuestros recursos naturales a una velocidad más rápida que su regeneración natural.

Lamentablemente las ganancias a corto plazo generalmente toman prioridad sobre la sostenibilidad a largo plazo; esta tendencia nociva es compartida por los políticos, ganaderos, agricultores, campesinos y empresarios. Quizás con mayor énfasis en el enfoque de sistemas sería posible tomar en cuenta varios factores al evaluar costos y beneficios, y no sólo el saldo financiero del año fiscal.

CAPITULO 5. MANEJO DE LOS RECURSOS

Como ya hemos visto en el capítulo anterior, los recursos son los medios o elementos que se emplean en el proceso productivo. A veces se los llama “factores de producción”. También hemos considerado cómo el dinero es el común denominador de los recursos que nos permite cambiar un recurso por otro.

La actividad agropecuaria de una región o de un país es la suma de los esfuerzos de miles de productores individuales y distintos. Sin embargo, tienen algo en común, todos están tratando de satisfacer sus propios deseos por medio de la utilización de los recursos materiales que poseen. Esto implica el manejo de los recursos disponibles. El concepto de manejo es fundamental para la creación de empresas agropecuarias biológicamente y económicamente eficientes que serán sostenibles a largo plazo sin degradación del medio ambiente.

5.1. Manejo como un recurso

El conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas tanto físicas como intelectuales, de la persona que administra una explotación agropecuaria (dueño o empleado), representa el nivel de manejo aplicado. El manejo, o mejor dicho la habilidad de manejo, es difícil (pero no imposible) de comprar con dinero, pero es el recurso que determina cómo funciona el sistema entero.

El manejo tiene 3 papeles que están interrelacionados:

- Define y prioriza los objetivos del sistema (los deseos por satisfacerse).
- Escoge los medios o recursos escasos para ser usados.
- Determina la mejor combinación y forma de emplear los recursos.

Por lo tanto, la tarea del manejo, (o la persona que maneja el sistema), es la de distribuir los recursos escasos entre los distintos usos posibles, para dar la mejor combinación según los deseos estipulados.

5.2. Objetivos y metas de manejo

Desde el punto de vista económico, el productor tiene que compatibilizar dos metas fundamentales que a veces parecen estar en conflicto. La primera, es la sobrevivencia económica de la empresa a largo plazo, y el segundo objetivo es la maximización de rentabilidad a corto plazo.

Además, debido a la íntima relación entre el productor pecuario, su familia, su casa, su tierra, sus animales, su orgullo y satisfacción personal, no es posible considerar las explotaciones agropecuarias como cualquiera otra actividad comercial o industrial. Por ejemplo, hay muchos ganaderos que podrían ganar más dinero vendiendo la finca y sus animales, depositando el capital en el banco, y vivir de los intereses, que vivir de su explotación pecuaria. No obstante, estos ganaderos siguen trabajando sus fincas porque les agrada la vida del campo y no quieren mudarse a la ciudad.

Algunos productores manejan sistemas de producción que a simple vista no son los más rentables y que podrían volverse más rentables si se combinaran los recursos diferentemente. Un ejemplo clásico es el de los ganaderos que siembran pastos en partes de su propiedad donde sería factible producir cultivos de más alto valor. Si en la zona existen maquinarias, insumos y mercado que permitan estos cultivos, el no hacerlo representa una pérdida de venta potencial, y en términos económicos es ineficiente. Sin embargo, el ganadero tal vez tenga sus razones al no querer “complicarse la vida” con actividades adicionales a la ganadería. En este caso, el objetivo de explotar “sólo ganado” tiene mayor prioridad que la maximización de rentabilidad para el individuo. Sin embargo, después de satisfacer el deseo “sólo ganado”, es posible que el siguiente objetivo, en orden de prioridad, sea la maximización de la rentabilidad.

Entonces podemos decir, como regla general, que el manejo tiene la responsabilidad de planificar y administrar el sistema, para que los recursos disponibles trabajen conjuntamente de manera a satisfacer los deseos y objetivos tanto económicos y no económicos, del dueño de la explotación.

Cuando se planifica una explotación por un largo período futuro, a veces es necesario dejar de lado el objetivo de maximización de renta a corto plazo, para asegurar el buen desarrollo y crecimiento de la explotación. Esto no quiere decir que el objetivo de alta rentabilidad ha sido abandonado, sino que el énfasis es a largo plazo y con maximización de beneficios futuros. Por ejemplo, un ganadero quizás pueda comprar terreno de un vecino aún faltándole capital para aprovecharlo a corto plazo temiendo perder la oportunidad de comprar ese terreno específico en el futuro. Aunque esta acción resultaría en una disminución de la rentabilidad a corto plazo, esto toma menos importancia en comparación con las posibilidades de ganar aún más renta a largo plazo.

5.3. Escasez de recursos

Cualquier objeto o servicio de valor, automáticamente es sometido a las leyes de la economía comercial. Al descubrir que alguien está dispuesto a pagar para conseguir más de un determinado recurso, se establece su valor monetario, tanto para el vendedor como para el comprador. El precio *en sí* del bien varía según las relaciones entre oferta y demanda. En este sentido, y por definición, todos los recursos son escasos. Aún si hablamos de los recursos que son aparentemente gratis, como el aire, la radiación solar, las precipitaciones y el viento, existe escasez. En zonas áridas, falta agua y el ganado puede sufrir altos índices de mortalidad, durante períodos de sequía, mientras que en zonas pantanosas con 2500 mm de precipitación por año, la tierra firme es escasa y los animales corren el riesgo de morir ahogados debido a un exceso de lluvia.

En los países del norte de Europa, la radiación solar es escasa durante gran parte del año y los productores pecuarios tienen que invertir en edificios, hasta con calefacción artificial, para proteger a sus animales en invierno. Por otro lado, en el Medio Oriente, es necesario construir instalaciones con diseños especiales para disipar el calor intenso producido por un exceso de radiación solar, en este sentido el recurso “sombra” es escaso.

Entonces debemos aceptar como regla general, que los recursos que requiere la industria agropecuaria son limitados. Los productores compiten uno con el otro para conseguir los recursos necesarios a cada uno de ellos. Obviamente, la escasez de terreno es importante en este respecto. Por ejemplo, si un ganadero quiere ampliar su propiedad a

traves de la compra de más terreno, sólo existe un número limitado de propiedades colindantes con su finca. Si los dueños no requieren vender, la escasez de terreno es aguda para el comprador. En este caso, no importa si existe abundante terreno en venta a 50 km el recurso “terreno colindante” simplemente no existe.

De igual manera sucede con la mano de obra. Aún cuando hay un excedente de mano de obra en zonas rurales, no es siempre posible encontrar empleados con las habilidades y experiencias necesarias para cumplir determinado trabajo. Como individuo, cada ganadero tiene una restricción en cuanto al capital, por lo tanto, aún si hubiera abundancia de terreno o mano de obra, el ganadero tendría un límite en la cantidad de terreno que podría comprar, o en el número de empleados que podría mantener, por falta de capital propio.

Otro problema es la distribución de recursos. El desequilibrio entre la disponibilidad de diferentes recursos puede causar cuellos de botellas, que limitan el aprovechamiento de los recursos que existen en cantidades suficientes. Por ejemplo, un ganadero con suficientes empleados puede tener problemas en comprar suficiente terreno para utilizar la mano de obra eficientemente. Por otro lado, un ganadero con bastante terreno puede encontrar dificultades en contratar suficiente mano de obra en los períodos necesarios para aprovechar el terreno al máximo. Los dos casos muestran cómo el problema de distribución de recursos puede ser más importante que el simple “total” de capital disponible.

La naturaleza de los recursos que solamente se pueden conseguir en cantidades predeterminadas, es otro problema de escasez de recursos en las fincas. Por ejemplo, la mano de obra fija se contrata “por hombre” y no por hora, las máquinas se compran de tamaños capaces de lograr cierta cantidad de trabajo anualmente; de igual manera el terreno, que tal vez se considera lo más divisible, generalmente se compra en términos de “una finca” y no por hectárea. Por ejemplo, un ganadero que quiere comprar 10 hectáreas junto a su finca, le ofrecen una finca de 100 ha, y el vendedor no está dispuesto a vender solo 10 ha.

Otro ejemplo es el de un ganadero con una lechería y un equipo capaz de ordeñar 60 vacas. Tal número representa demasiados animales para un hombre solo, pero no suficientes para mantener dos hombres totalmente ocupados. Lo ideal es cuando todos los recursos de la finca son aprovechados al máximo, esto es una tarea muy difícil de lograr y representa la función de un manejo muy bien planificado.

CAPITULO 6. DESCRIPCION Y CLASIFICACION DE SISTEMAS

6.1 ¿Por qué describir y clasificar?

El propósito de este manual no es hacer descripciones cualitativas de sistemas, ni clasificar sistemas en categorías detalladas. Sin embargo, para poder hablar de diferentes tipos de sistemas con el objetivo de investigar las ventajas o desventajas de ciertos sistemas en lugares específicos, es necesario poder clasificar sistemas en varios grupos o clases. Eso es necesario por dos razones fundamentales:

- Existen miles de diferentes sistemas y miles más por desarrollarse.
- El número de diferentes sistemas que un ser humano puede recordar es limitado.

6.2. Diferencias entre sistemas

La clasificación de distintos sistemas en grupos comunes depende del propósito de estudio. Además, el número de grupos o “tipos” de sistema que la clasificación determina será en función del nivel de precisión y detalle que se incluye en la clasificación.

Por ejemplo, en una clasificación muy general de producción de bovinos se podrían clasificar sistemas en tres categorías grandes según el producto principal:

- Carne solamente
- Leche solamente
- Doble propósito (leche y carne).

Por otro lado, en una clasificación muy detallada de sistemas de producción de carne, dos sistemas idénticos en todos los aspectos, con excepción de la edad al destete, podrían ser clasificados como dos sistemas distintos:

- Destete tardío.
- Destete precoz.

Al hacer la clasificación de los sistemas entre categorías según sus características sobresalientes es necesario lograr suficientes detalles para el propósito del estudio. Si clasificamos con demasiados detalles es probable que resulten miles ‘diferentes’ sistemas lo cual dificultaría la comparación y el análisis de diferencias entre sistemas. Por otro, una clasificación muy simplista corre el riesgo de no diferenciar sistemas fundamentales distintos.

Como ejercicio mental Ud. podría contemplar las siguientes preguntas referentes a la clasificación de un grupo de 50 estudiantes:

- a. *¿Clasificarlos en dos grupos a base de su género?*
- b. *¿Cuántos grupos tendríamos si los clasificáramos de la siguiente manera y orden: género (hombre, mujer), facultad (agronomía, veterinaria), procedencia (zona rural,*

urbana), fuente de financiamiento (propio, becado) y cual podría ser el propósito de tal clasificación?

Podemos clasificar sistemas de varias maneras para luego identificar los factores importantes que afectan el manejo, la producción y la rentabilidad del sistema. Nuestro propósito es entender cómo funcionan los diferentes sistemas y las partes del sistema y no clasificarlo como ejercicio académico nada más.

6.3 Ejemplo demasiado detallado

Considerando los 5 parámetros en el Cuadro 6.1, *¿cuántos sistemas diferentes son posibles si cada sistema contiene uno de cada grupo de los parámetros?*

Cuadro 6.1 Parámetros posibles para construir “diferentes” sistemas de producción de carne.

Parámetro	Posibilidad
Carga animal	Baja, mediana, alta
Edad al destete	5 meses, 6m, 7m, 8m, 9m.
Raza	Brahman, Brangus, Híbridos
Suplementación	Nada, Ensilaje, Heno, Melaza
Política de venta	El destete, 18 meses, al sacrificio

Pensando solamente en los 5 parámetros del Cuadro 6.1, resultan 540 diferentes sistemas posibles. Obviamente son demasiado numerosos para ser útiles. Sin embargo, cada opción de cada parámetro resultaría de diferentes características del sistema, por ejemplo, inversión, nivel de productividad de los animales, costos de operación, etc.

Es cierto que cada uno de estos 540 “sistemas” necesitarían un manejo distinto, debido a las variantes. Aunque en la realidad cada finca representa un sistema único en el mundo, es imposible para una persona como Ud. o como yo, conocer y entender cada uno individualmente. Lo único que podemos esperar comprender son ciertas características que los distintos tipos de sistemas a grandes rasgos, tienen en común. Al entender los principios de análisis de sistemas podemos acomodarnos a cualquier situación específica en el momento en que se presenta.

Figura 6.1 Clasificación de sistemas agropecuarios por sus productos principales (Spedding 1979)

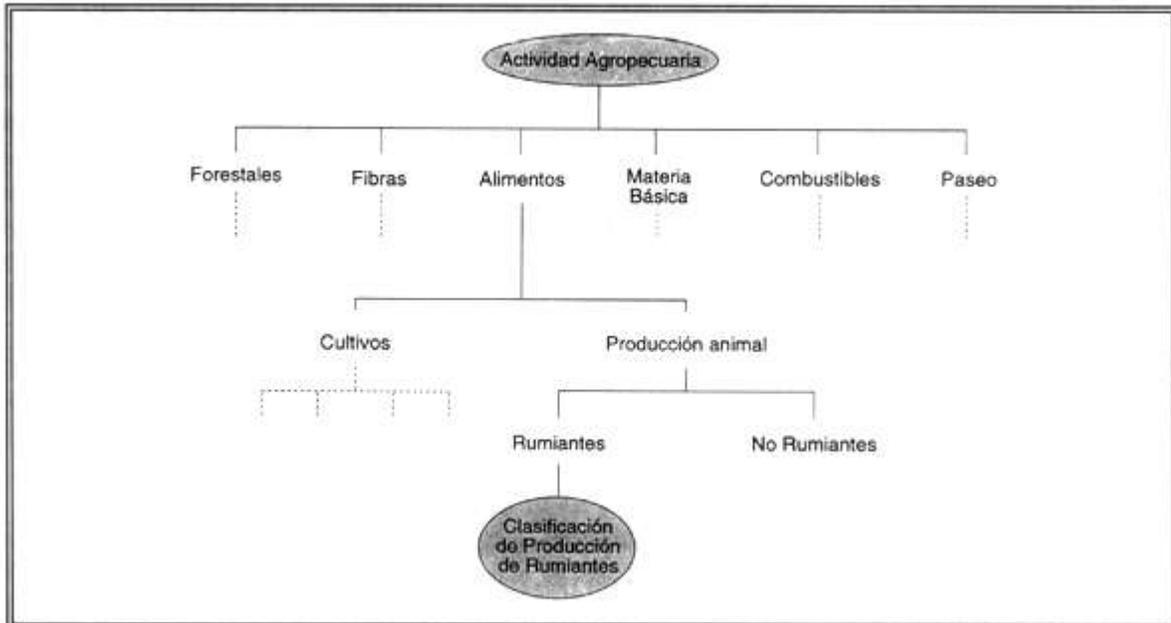
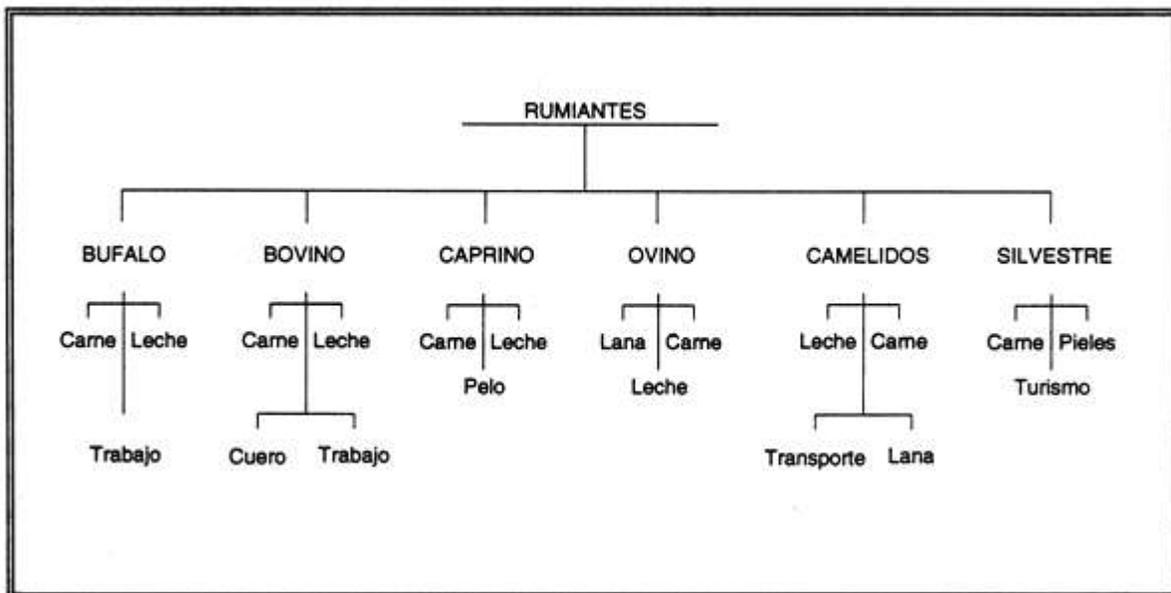


Figura 6.2 Clasificación de sistemas de producción de rumiantes por sus productos principales



6.4 Maneras de clasificar sistemas según propósito

Las Figuras 6.1 y 6.2 dan ejemplos de cómo se puede clasificar por producto. Igualmente se podrían clasificar sistemas por zona ambiental, nivel de inversión, tamaño de finca,

número de cabezas, etc. Todo depende desde el punto de vista del propósito de clasificación.

Como ejercicio mental (o mejor con papel y lápiz), Ud. podría pensar en las principales zonas agro-ecológicas de su país y clasificar los sistemas de producción animal predominantes en cada zona. Es posible que se de cuenta que no sólo los factores climáticos, topográficos, suelos etc. de cada zona, afectan a los sistemas, sino que también otros factores como, distancia de las ciudades, infraestructuras de transporte, densidad de población etc. influyen en los sistemas utilizados.

El hecho de clasificar sistemas nos obliga a pensar en cómo funcionan y las razones de las diferencias entre distintos tipos de sistemas. Al poder llevar a cabo este proceso de clasificación, análisis y razonamiento, sólo entonces estaremos en condiciones de determinar cómo se puede mejorar, corregir y diseñar sistemas más eficientes.

Figura 6.3 Clasificación de sistemas de producción de leche en Costa Rica. (Wadsworth 1984).

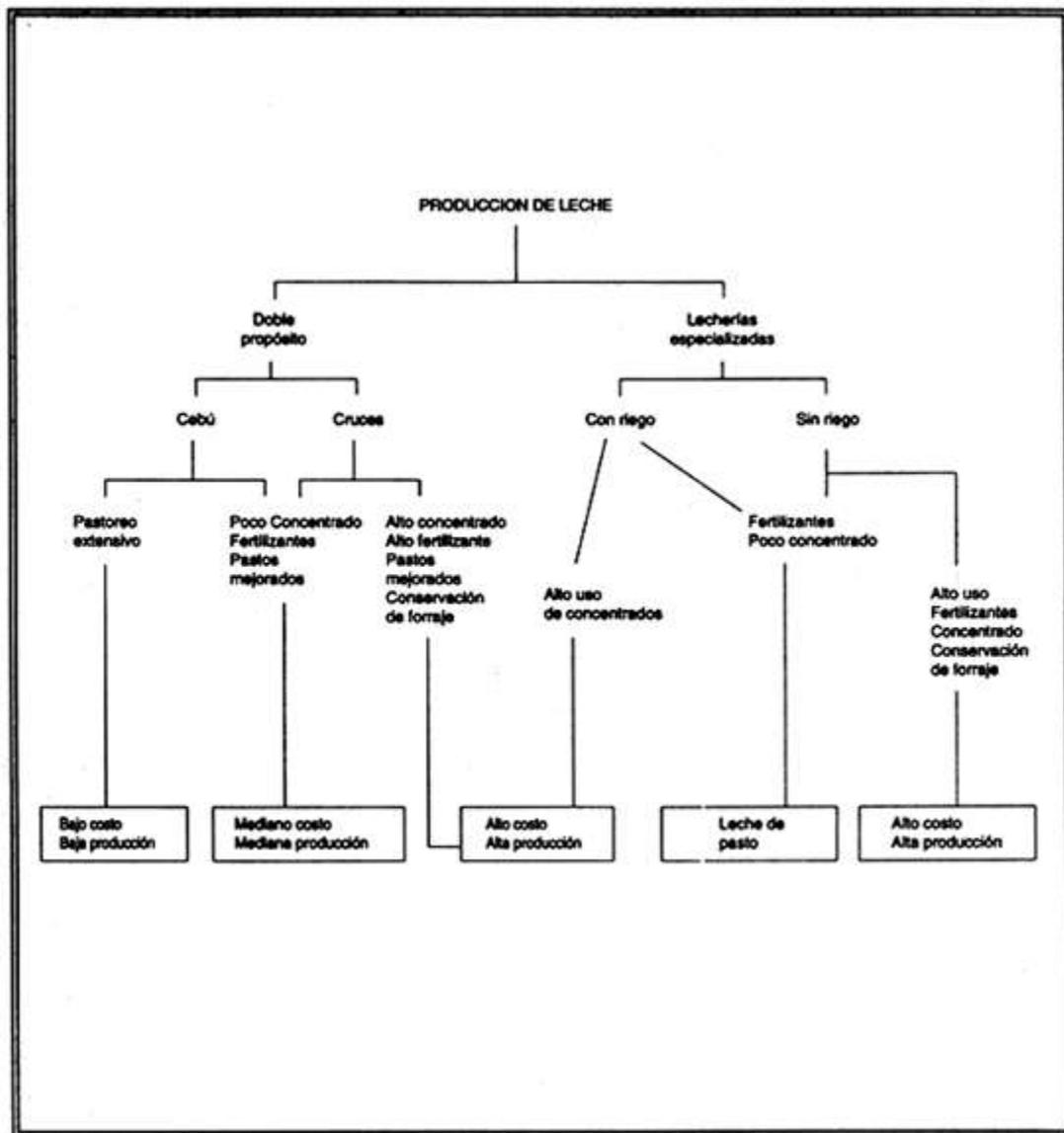
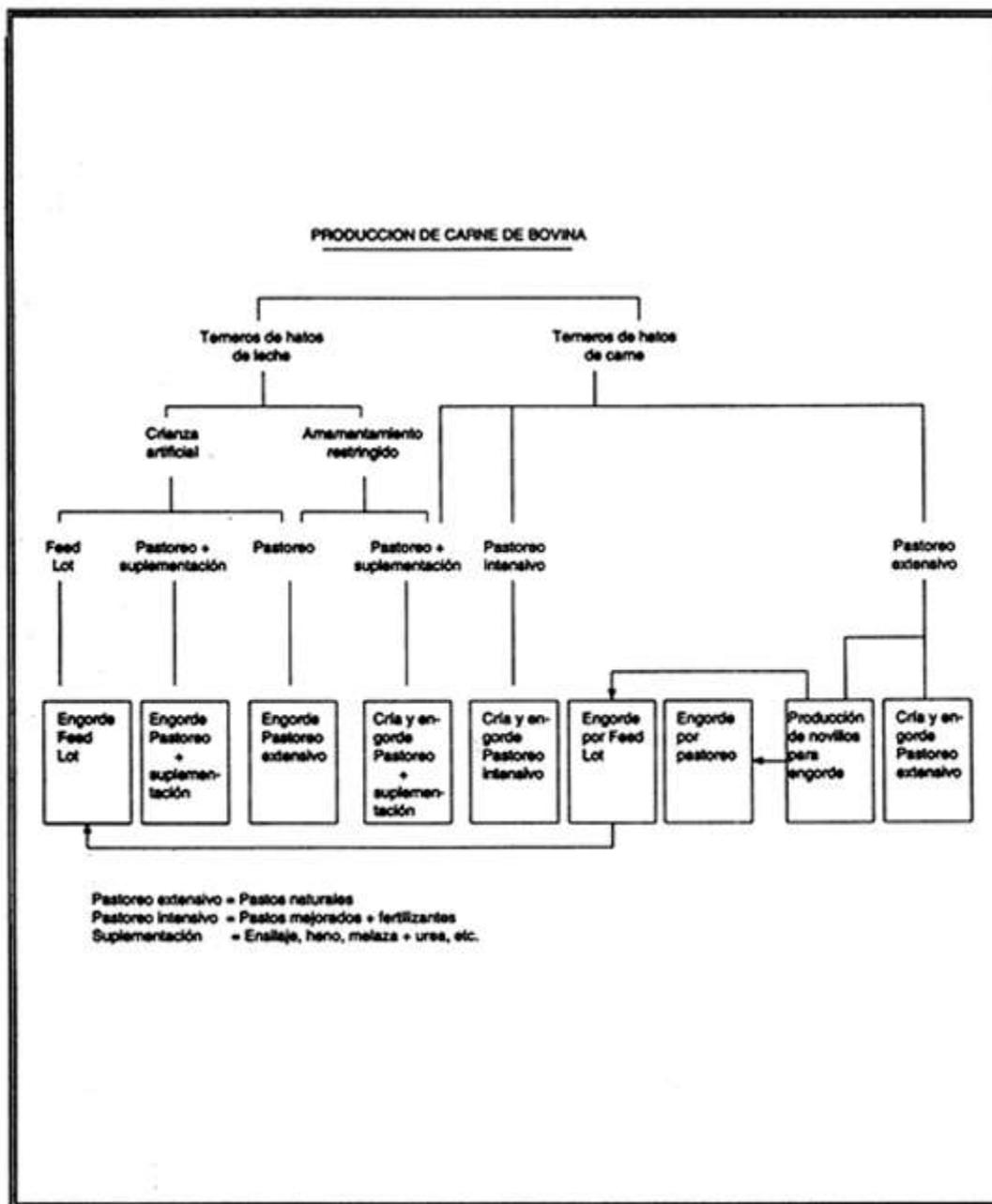


Figura 6.4 Clasificación de sistemas de producción de carne bovina en Costa Rica (Wadsworth 1984).



Las Figuras 6.3 y 6.4 dan ejemplos de la clasificación de sistemas de leche y carne en Costa Rica, llevado a cabo hace una década. El análisis dió 5 sistemas de leche y 8 de carne. Estos dibujos no sólo tienen una aplicación educativa para iniciar el proceso de reflexión sobre el funcionamiento de diferentes sistemas, sino que también pueden servir para determinar prioridades de investigación y extensión agrícola al cuantificarlos en términos del número de productores, extensión de terreno y aporte a la producción nacional de cada tipo de sistema.

En la Figura 6.4 la clasificación de sistemas de leche se hizo en el siguiente orden:

- Productos (Leche, carne).
- Recursos (Razas, riego).
- Insumos (Pasto, fertilizantes, concentrados).

En el caso de sistemas de carne (Figura 6.5.) el orden fue:

- Recursos (Procedencia de terneros).
- Manejo (Tipo de crianza hasta el destete).
- Insumos (estrategias de alimentación).

El orden de introducir los parámetros de clasificación varía según el propósito y caso específico de la clasificación, no se puede, y no se debe tratar de imponer recetas inflexibles a esta actividad.

Ahora bien, la única manera de aprender a clasificar sistemas (a veces se dice caracterizar) es la de ponerlos en práctica. Al principio se cometen errores, pero esto es necesario para perfeccionar la metodología. Como sugerencia, Ud podría clasificar los sistemas más comunes de producción pecuaria en su país, tal vez por zona ambiental y/o especie; luego, toma un producto (ej. leche, huevos, carne de cerdo etc.) e intenta una clasificación que defina entre 5 a 10 sistemas comunes. Trate de explicar el significado de las distintas categorías y el orden de su clasificación. Para aprovechar el esfuerzo, sería una magnífica ayuda discutir estos ejercicios con un grupo de colegas.

CAPITULO 7. DIVERSIDAD DE SISTEMAS

Empezaremos con una pregunta que ya hemos estado contemplando pero que todavía no hemos contestado detalladamente:

“¿Por qué existen diferentes sistemas?”

Quizás Ud. cree que esta es una pregunta muy corta y de respuesta obvia. Bueno antes de continuar leyendo, ¿por qué no toma Ud. dos minutos para redactar su respuesta?.

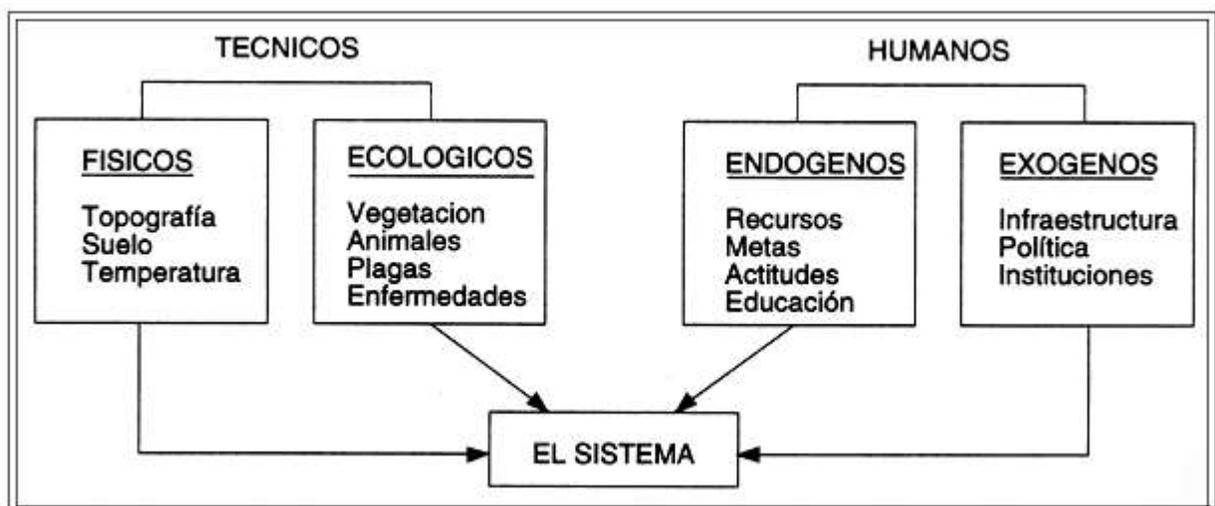
Para ayudarle a contestar la pregunta anterior, se podrían considerar las razones por las cuales existen tantas marcas diferentes, estilos, modelos y colores de automóviles. O por qué algunas personas viven en condominios, en mansiones y otras en chozas y tugurios. Las respuestas serían parecidas aunque se trata de temas muy distintos.

Existen tantos sistemas diferentes de producción, debido a las diferencias entre productores, en cuanto a sus habilidades, recursos, gustos, preferencias y objetivos en la vida, que determinan la elección del sistema más apropiado en cada caso particular.

7.1. Los factores de producción

Ya hemos visto que la función principal de manejo es la implementación de un sistema de producción que aproveche al máximo todos los recursos de una propiedad agropecuaria para lograr ciertos objetivos económicos. La Figura 7.1 muestra los factores principales que determinan el sistema óptimo según las condiciones.

Figura 7.1 Interacción de factores que definen el sistema de producción



7.2. Nivel de control

Vale destacar que no todos los factores mencionados en la Figura 7.1 están igualmente bajo el control del productor. Algunos están completamente fuera de su control, mientras otros pueden ser practicados fácilmente con un manejo adecuado.

Cuadro 7.1 Nivel de control de los factores que definen el sistema de producción

Nivel de Control	Factor
Ninguna	Temperatura - min, max y variación Lluvia - cantidad total por año Lluvia - distribución a través del año Radiación solar - intensidad, fotoperíodo Topografía Precios - productos e insumos Crédito - disponibilidad y costo Políticas gubernamentales Infraestructura regional - caminos, mercados, electricidad, teléfonos. Extensión - tamaño de la finca, suelo, características químicas y físicas Vegetación "natural"
Difícil o imposible de controlar a corto plazo	Fuentes de agua Caminos de acceso Animales - genética, tipo, calidad Habilidades de manejo Habilidades de mano de obra Objetivos de manejo
Fácil de controlar	División de potreros Estrategia de manejo - combinación de recursos y modo de emplearse.

El Cuadro (7.1) muestra que la mayoría de los factores que afectan el sistema son imposibles o difíciles de modificar a corto plazo. Sin embargo, esto no implica que el productor deba cruzarse de brazos y aceptar su destino. El factor más fácil de controlar es la estrategia de manejo, que combina los recursos y tecnologías disponibles para el bien del sistema. Por ejemplo, se sabe que las ovejas de zonas templadas (altas latitudes) empiezan su actividad ovárica según el estímulo de cambios en el fotoperíodo. Cuando los días se vuelven más cortos en el invierno, ocurre la época de empadre natural. La preñez dura todo el invierno, los corderos nacen en la primavera que coincide con la mayor disponibilidad de forraje y de clima más favorable. El productor no puede cambiar

el fotoperíodo. Sin embargo, por medio de galpones oscuros con luz artificial controlada, es posible estimular la actividad ovárica en cualquier mes del año.

En otras palabras, aunque no podemos afectar el factor en sí, es posible en algunos casos controlar su efecto. Por ejemplo riego en períodos secos, aplicación de cal a suelos ácidos y hasta establos con aire acondicionado para vacas lecheras en Arabia Saudita.

Definir las diferencias entre distintos sistemas no quiere decir que un sistema sea mejor que otro, solamente determina el sistema más apropiado u óptimo tomando en cuenta todos los factores disponibles y evaluando diversas opciones. El análisis de sistemas es una actividad dinámica, porque los factores cambian con el tiempo. Por ejemplo, una finca que hoy en día se dedica al engorde de novillos como sistema óptimo y más eficiente, sería ineficiente y sub-óptima si el día de mañana el gobierno construyera una carretera y la cooperativa local estableciera un centro de acopio de leche a 5 km de la propiedad.

7.3. Tres sistemas más comunes de América Latina

El enfoque de sistemas en la investigación agrícola ya había sido establecido como un principio importante durante los últimos años 70. Su introducción fue el resultado directo de la brecha aparentemente cada vez más amplia entre los rendimientos de cultivos en las estaciones experimentales y la producción agrícola en las granjas de los agricultores comunes y corrientes. Aún cuando los productores utilizaban las nuevas tecnologías e insumos no podían acercarse a los rendimientos extraordinarios que lograban los técnicos y científicos. Para contestar la pregunta “¿Por qué existe esta brecha de rendimiento?”, los investigadores empezaron a prestar atención a lo que pasaba en las parcelas de los agricultores día a día. Se dieron cuenta casi inmediatamente, que la “realidad” de un agricultor es mucho más compleja que el manejo de ensayos en la estación experimental. Además, la agricultura es sólo una parte integral de la vida, familia, cultura y organización social de muchos agricultores. Los técnicos encontraron muchos factores que pueden afectar a la producción agrícola y que el rendimiento no es sólo una cuestión de unas pocas variables tecnológicas, como por ejemplo, variedad, tipo de suelo, fecha de siembra, densidad de plantas, etc.. En fin, los técnicos de los centros de investigación empezaron a estudiar sistemas completos y no sólo componentes aislados.

Durante varios años, los técnicos ignoraban los subsistemas y componentes pecuarios, probablemente debido a su relativa complejidad. Además, es mucho más fácil hacer experimentos con una tarea de arroz, que con animales vivos que son más difíciles de mantener bajo el control estrictamente experimental, en las fincas de los productores. Por lo tanto, la producción pecuaria fue sometida relativamente tarde al enfoque de sistemas. No obstante, dos individuos afrontaron el reto y elaboraron algunos estudios comparativos de sistemas mixtos agropecuarios. Mucho del contenido de esta sección se debe a los esfuerzos pioneros de Robert McDowell y Peter Hilderbrand (1978).

Cuadro 7.2 Sistemas Agropecuarios más comunes en Centro y Sudamérica (McDowell y Hilderbrand 1978)

SISTEMA	Cultivos Importantes	Animales Importantes	Alimentación de Ganado
1. MEZCLAS PERENNES	Coco	Bovino	Pasto natural

(fincas grandes, animales sin mucha importancia)	Café Cacao Banano Plátano Palmeras Caña de azúcar Caucho	Porcino	Subproductos Desperdicios
2. CULTIVOS ANUALES COMERCIAL (fincas medianas a grandes, ganado moderadamente importante)	Arroz Maíz Sorgo Soya	Bovinos Porcinos Aves	Pasto Rastrojos de cultivos Granos
3. GANADERIA COMERCIAL a) Extensivo (grande a enorme ganado dominante)	Ninguna importante	Bovino (carne)	Pastos naturales Ramoneo (bosques)
b) Intensivo (medio a grande ganado dominante)	Pastos mejorados Algunos cultivos de granos Forrajes	Bovino (leche y carne) Porcinos Aves	Pastos naturales y mejorados Forrajes Granos Subproductos
4. CULTIVOS MIXTOS a) Fincas pequeñas en sitios establecidos b) Fincas medianas en las fronteras agrícolas (Comercial o de subsistencia, ganado subsistema importante)	Arroz Maíz Sorgo Frijol Trigo Cacao Plátano Café Tabaco	Bovino Aves Cabras Ovinos Burros Caballos Porcinos	Pasto natural Desperdicios Subproductos Pasto y forraje de corte

El Cuadro 7.2 intenta resumir a cuatro los sistemas agropecuarios más significativos de Centro y Sudamérica. Aunque este continente cubre una zona muy extensa con un amplio espectro de suelos y zonas agro-ecológicas, al nivel de análisis aplicado en esta clasificación (Cuadro 7.2) las 4 categorías representaron la gran mayoría de sistemas de la región. ¿Ud. conoce alguna finca o sistema que no se encuentre en ninguna de las

categorías mencionadas? ¿Segun la base de esta clasificación donde entrarían los sistemas predominantes de su país?

7.3.1. Sistema de las mesetas Centro Americanas

Este sistema corresponde al tipo número 2 en el Cuadro 7.2. Está representado gráficamente en la Figura 7.2, es practicado por pequeños productores y tiene las siguientes características:

Ambiente: Ocurre a más que 1000 m de altura, 1200 a 2000 mm de precipitación anual, período seco Enero a Mayo.

La combinación de temperatura y lluvia permite la selección de cultivos alternativos entre los de subsistencia (comer) y los comerciales (vender).

Sin embargo, hay zonas donde la temperatura mínima llega hasta cero grados C°, durante varios meses, lo cual no permite la siembra. Generalmente la fertilidad del suelo no es limitante, sino la topografía.

Extensión: Cada familia cultiva entre 1 y 2 ha a mano, o a veces utilizando tracción animal.

Cultivos: El maíz es de mayor importancia, sin embargo, las variedades tradicionales usadas requieren hasta 9 meses para madurarse. Junto con el maíz es común encontrar 3 a 5 cultivos adicionales sembrados.

Animales: En una finca típica, se encuentran 2 chanchos, 4 o 5 ovinos y una vaca. Cada 3 o 4 fincas hay un caballo.

Manejo: Las mujeres y los niños trabajan en la finca y si es posible los hombres consiguen trabajo afuera como fuente de dinero.

Estas zonas están lejos de los mercados, entonces los fertilizantes son caros y por eso no se usan. El ciclo de nutrientes es entonces de suma importancia.

Fertilidad: La mayoría de las fincas tienen "gran cantidad de abono compuesto" donde se mezcla estiércol y desperdicios de cultivos.

Alimentación de animales: Generalmente pastorean a las orillas de los campos de cultivo y en los bosques. La única manera de control es el amarre con sogas.

Producción: La lana de los ovinos es de mala calidad, sin embargo, se fabrica ropa y artesanía para vender.

Los chanchos son vendidos a los 9 – 12 meses. Los terneros quedan hasta el sacrificio (4.5 – 5.0 años).

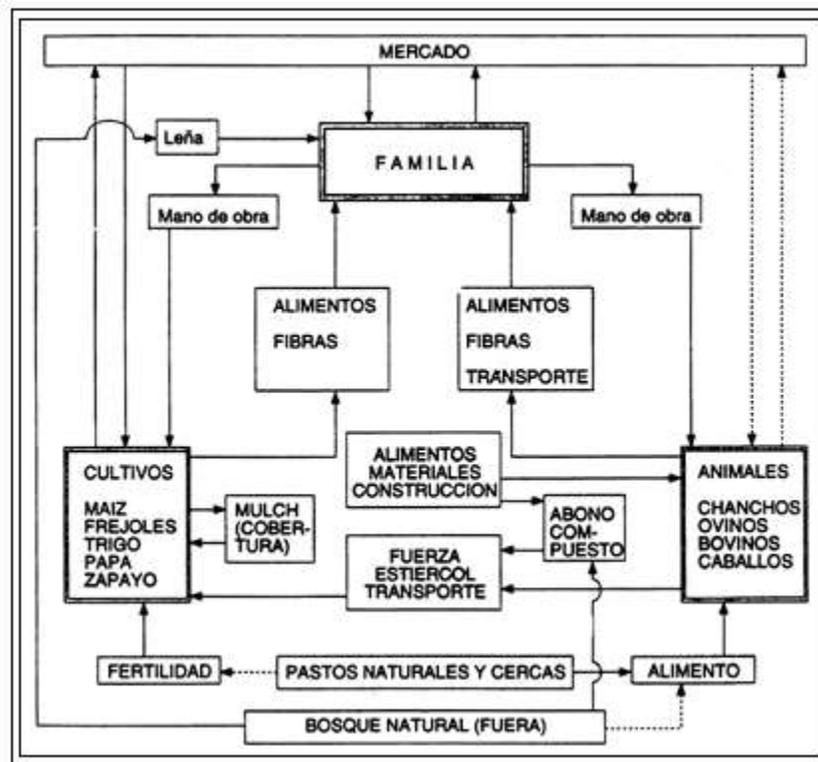
Propósito de Animales: La familia no aprovecha mucho la nutrición en forma de productos de origen animal, sin embargo, los animales son esenciales para el funcionamiento del ciclo de fertilidad del suelo.

Problemas: Falta de capital, tamaño de las fincas, ninguna disponibilidad de nuevos terrenos. Gran diferencia estacional entre la disponibilidad y la necesidad de mano de obra.

Distancia de los mercados, carreteras pésimas que hacen imposible vender productos frescos.

Posibles mejoras: Más tecnificación de la producción de maíz, nuevas variedades, etc. Solución ólo a corto plazo. Educación y problema político.

Figura 7.2 Sistema “de las Mesetas Centroamericanas” (Tipo 2, Cuadro 7.2)



7.3.2. Sistema de ganadería extensiva

Este sistema es representativo del tipo 3a (Cuadro 7.2) y se muestra en la Figura 7.3

General: La mayor parte de los dueños no viven en las fincas. Las fincas son manejadas por Administradores, capataces o por los trabajadores. La relación hectárea por hombre es muy grande lo cual es una ventaja para el dueño, pero una desventaja para los trabajadores.

Este sistema representa un caso de “oportunidades perdidas”, por no aprovechar más la integración entre animales y cultivos.

Extensión: Generalmente grande de 100 hasta 5000 ha.

Ambiente: La lluvia entre 1200 y 2400 mm por año durante una época de 6 a 8 meses.

Suelos: Los suelos son ácidos y de baja fertilidad. La capacidad de los suelos en cuanto a retención de agua es baja. Por eso, debido a las lluvias erráticas hay mucho riesgo en la siembra de cosechas.

Manejo: Pastoreo extensivo, varios niveles de control de los animales.

Producción: La producción de carne/ha es baja, debido a la baja carga animal de los pastos nativos.

La reproducción es baja y los animales crecen lentamente por causa del bajo valor nutricional de los pastos y de la falta de nutrición (calidad y cantidad) en ciertas épocas del año.

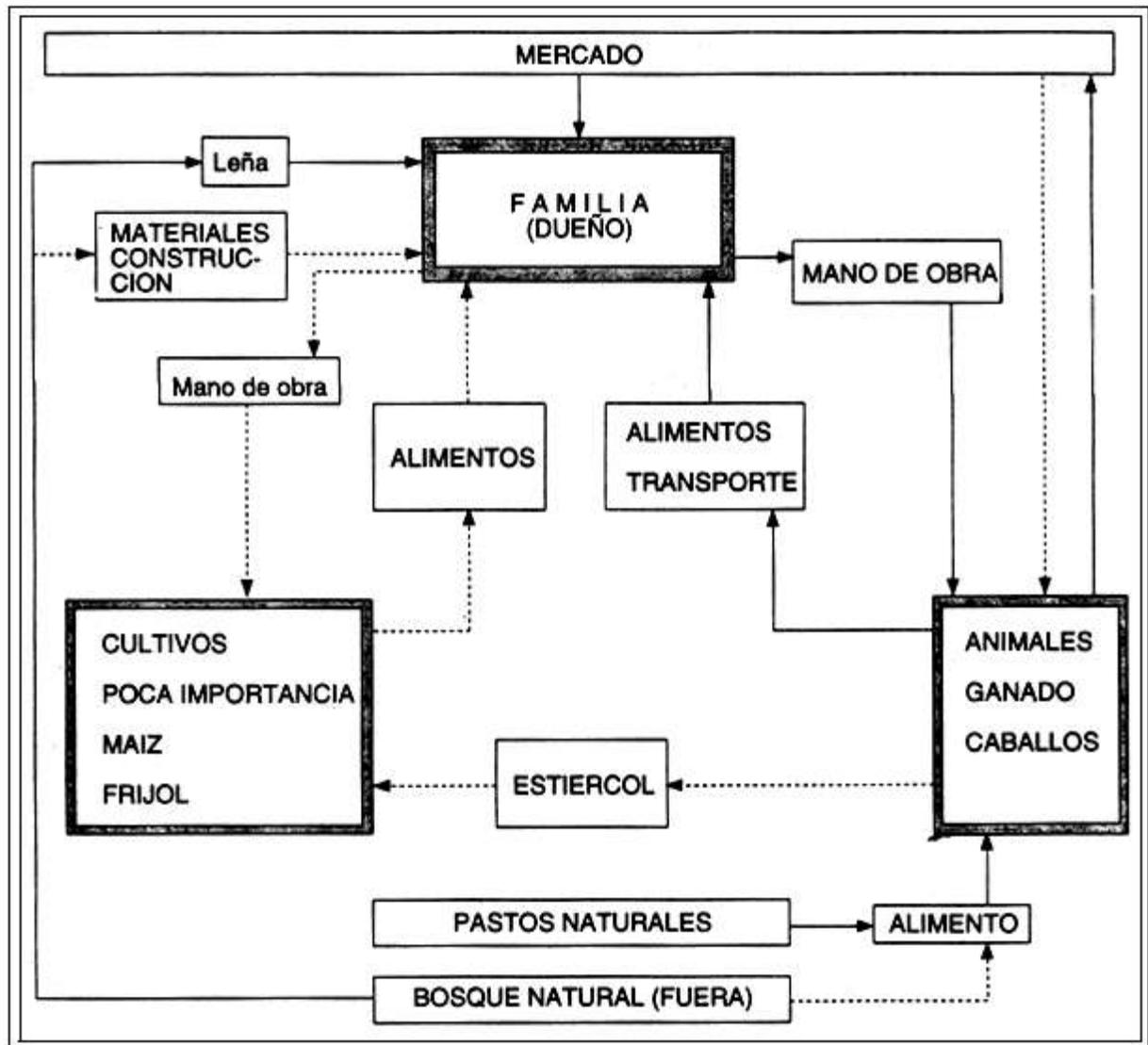
Otros Factores: Poca disponibilidad para invertir, distancia del mercado, sistema de tenencia de la tierra, falta de mano de obra.

Posibilidad de mejorar: Mejorar la disponibilidad de nutrientes con la introducción de pastos y leguminosas mejoradas y adaptadas a los suelos ácidos e infértiles.

Utilizar estiércol para producir cosechas de “subsistencia”. (Ej. meter muchos animales en una parcela pequeña por varias noches, luego sembrar).

Utilización de rumiantes pequeños (ej. cabra y oveja) para producir “paquetes pequeños” de proteína para la población del lugar.

Figura 7.3 Sistema “Ganadería Extensiva” (Tipo 3a, Cuadro 7.2)



7.3.3. El sistema hondureño

Aunque se refiere a Honduras, este ejemplo tipo 4a, (Cuadro 7.2) se encuentra en muchas partes de Centro y Sud América, donde el componente pecuario juega un papel de suma importancia en los sistemas mixtos de producción (Figura 7.3)

General: Se emplea en zonas con 1000 a 1400 mm de precipitación anual y con un período seco de 4 a 6 meses. Los agricultores no cuentan con riego.

Topografía: No es un factor limitante aunque este sistema predomina en lugares con pendientes importantes.

Extensión: Variable, pero generalmente no cuenta con más de 6 ha cultivables, de las cuales, 4 ha se dedican a cultivos anuales durante la estación de lluvias; 1.5 ha es pasto o forrajes perennes y 0.5 ha se dejan en descanso (barbecho).

Cultivos: Maíz principalmente, frijoles, sorgo.

Animales: Los animales juegan un papel esencial en el funcionamiento del sistema y contribuyen hasta con la mitad de los ingresos monetarios de la finca.

- Bovinos - leche, carne y trabajo
- Equinos - transporte
- Gallinas - carne y huevos (autoconsumo)
- Cerdos - carne (venta y autoconsumo).

Manejo: Los terneros nacidos en la finca son generalmente criados y vendidos cerca de la finca al peso de sacrificio entre 4 y 6 años de edad. La leche se procesa y se vende en forma de queso, natilla, crema y en algunos casos, se vende leche entera fresca.

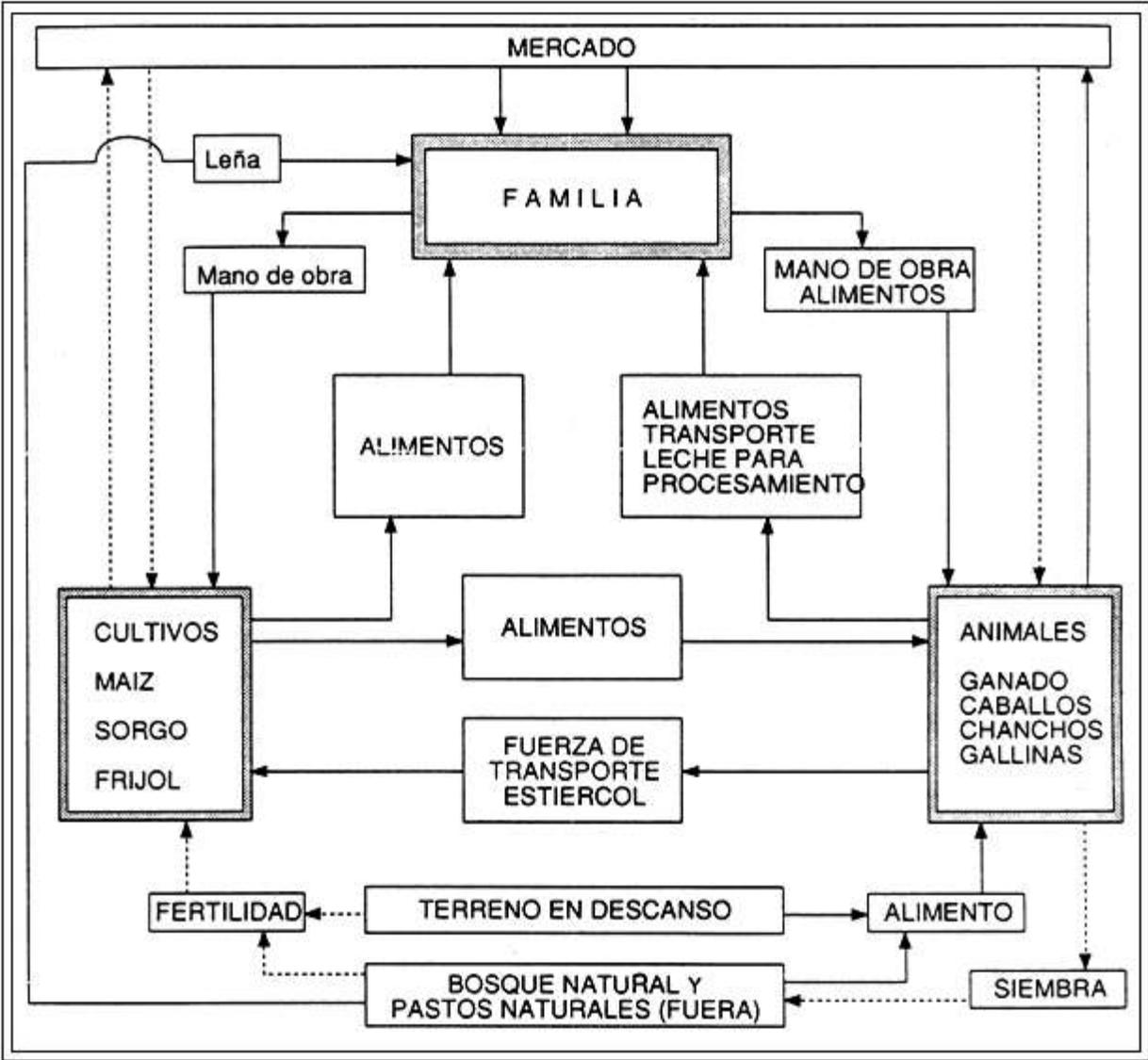
Los cerdos se alimentan con los subproductos de leche procesada, subproductos agrícolas (cascarilla de maíz), y sorgo en grano.

Problemas: Escasez estacional de alimentos para los animales; la carga animal factible en la época seca determina la cantidad de ganado del sistema. Existen desperdicios de forraje durante la época de lluvias. Relativamente alta la mortalidad de terneros, y el rendimiento de cultivos es bajo debido a la tecnología tradicional.

Mejoras: Elevar el rendimiento de los cultivos con nuevas variedades y prácticas culturales mejoradas.

Siembra de pastos mejorados y leguminosas, adopción de sistemas agropastorales para el mejoramiento y la conservación del suelo.

Figura 7.4 Sistema "Hondureño" (Tipo 4, Cuadro 7.2).



CAPITULO 8. SUBSISTEMAS

El concepto de subsistemas es muy importante, sobre todo cuando estudiamos sistemas grandes y complejos. Los subsistemas nos permiten dividir el sistema entero en partes más manejables y fáciles de entender. El análisis de subsistemas no tiene ningún misterio si tomamos en cuenta la siguiente definición.

8.1. Definición de subsistemas

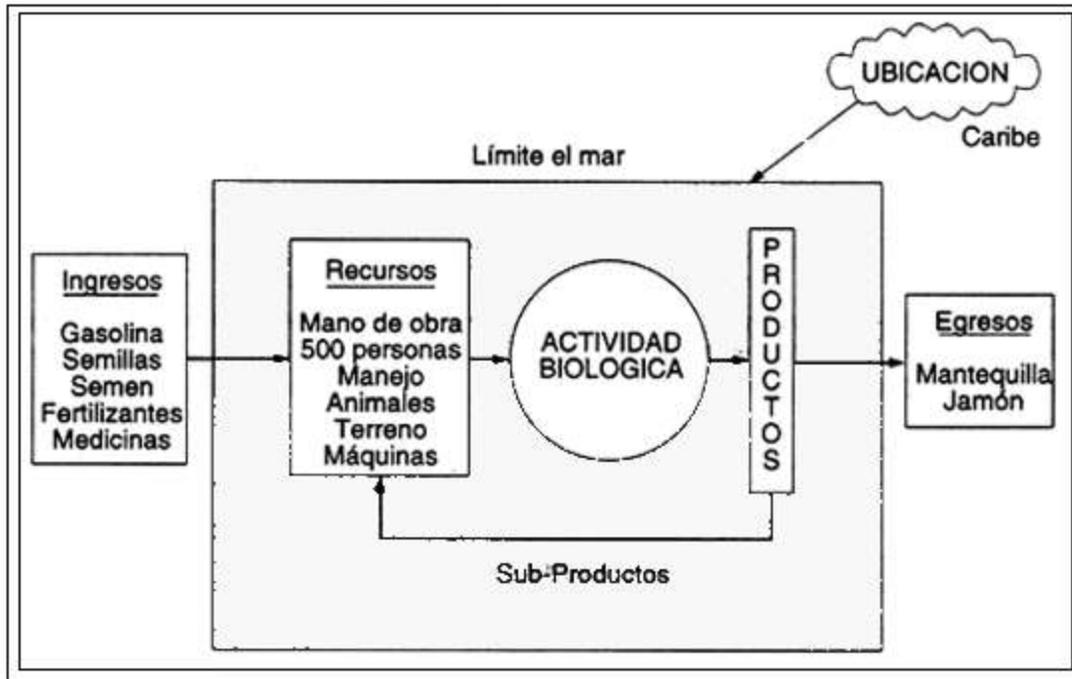
En el Capítulo 4 hemos visto cómo un sistema puede ser conceptualizado según 9 consideraciones o preguntas (propósito, límite, contorno, componentes, interacciones, recursos, ingresos, egresos y subproductos). Los subsistemas también tienen estas nueve características; si no las tienen no se pueden clasificar como un subsistema (sino como componentes). Gran parte de la diferencia entre un sistema y un subsistema depende de nuestro punto de vista y de donde fijamos el límite del sistema según nuestro propósito de análisis (ej. Sección 3.4).

Otra determinante de un subsistema es la habilidad de funcionar como un sistema propiamente dicho, si no se encuentra dentro de un sistema más grande que es el objetivo de nuestro análisis. De esta manera se puede imaginar cómo un hato de carne puede ser conceptualizado comprendiendo tres subsistemas (cría, desarrollo y engorde). Las salidas de un subsistema se convierten en las entradas de otros subsistemas.

8.2. Ejemplo de una Isla

Con el fin de ver la utilidad de separar un sistema grande en subsistemas, y para entender las relaciones entre cada uno, consideraremos una isla imaginaria. Digamos que es una Isla tropical del Caribe, con una población de 500 personas y los ingresos (importaciones) y egresos (exportaciones) indicados en la Figura 8.1

Figura 8.1 Consideración de una Isla como sistema



¿ Qué es lo que se nota al querer comparar los ingresos de la Isla (el sistema) con los egresos?

Bueno, lo más impresionante es que las importaciones no guardan ninguna relación aparente con las exportaciones. Los ingresos han cambiado mucho a través del proceso de producción o conversión. A simple vista, es totalmente imposible analizar la eficiencia de la producción de jamón por ejemplo, por que todos los ingresos y recursos están mezclados. No sabemos cómo el sistema funciona con suficiente detalle, entonces su análisis resulta imposible. El primer paso es la identificación de los subsistemas relevantes.

8.3. Identificación de subsistemas

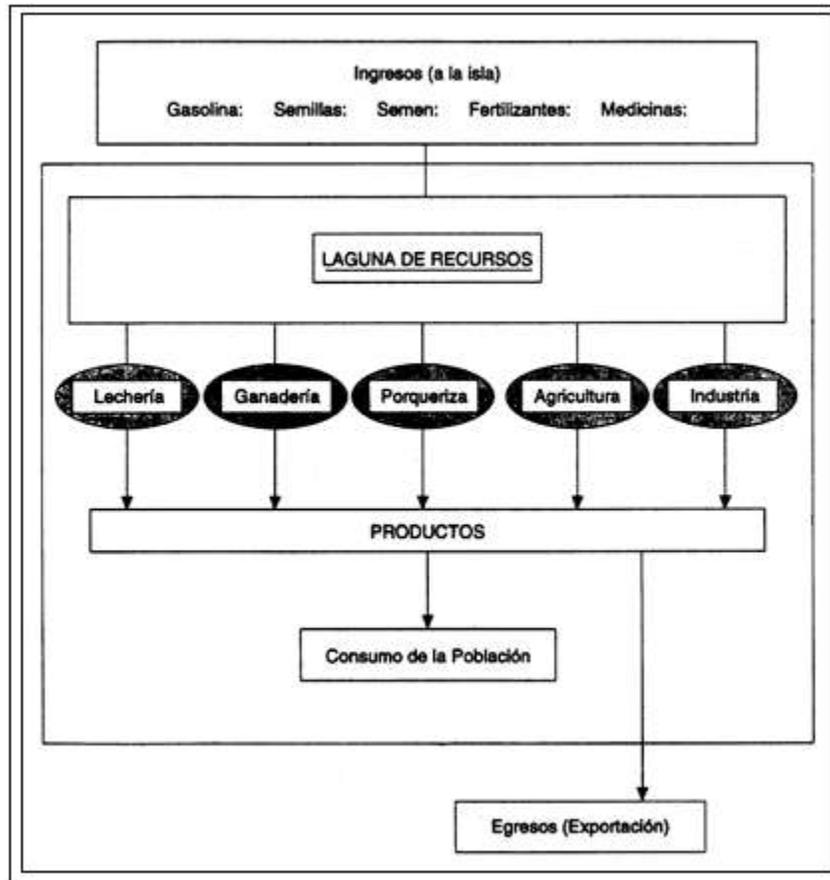
Con acceso a información más detallada sobre nuestra Isla imaginaria (Figura 8.1), digamos que hemos logrado determinar que existen cinco subsistemas importantes:

- Lechería en las alturas.
- Ganadería de carne.
- Porquerizas.
- Agricultura.
- Industria de procesamiento de alimentos.

Ahora es obvio que en este ejemplo, la mayoría de los egresos de los subsistemas no son egresos del sistema, sino que forman ingresos a otros subsistemas. Esto es importante porque a veces los egresos importantes de cierto subsistema nunca salen del sistema en sí.

¿ Podría Usted sugerir los ingresos y egresos esenciales de los 5 subsistemas según el esquema indicado en la Figura 8.2?

Figura 8.2 “La Isla” con subsistemas



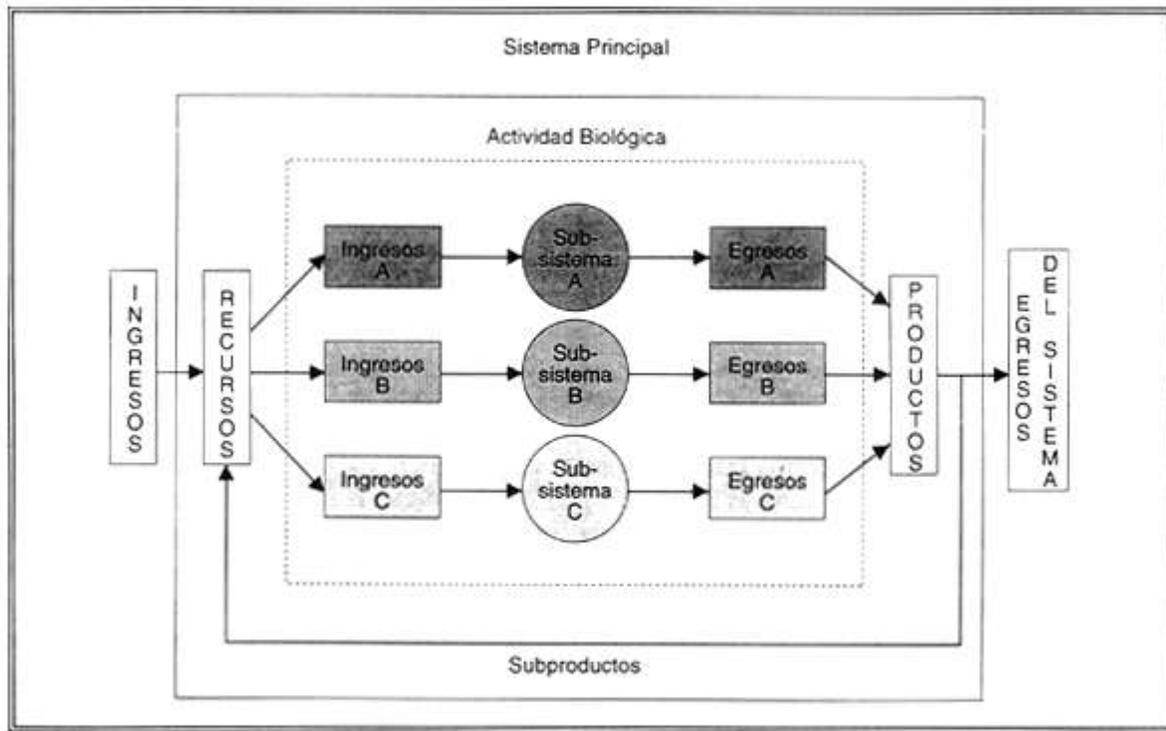
Por ejemplo, los egresos de las lecherías podrían ser: leche, queso, vacas viejas, terneros machos, novillas excedentes, estiércol, etc. Ninguno de éstos sale de la Isla, entonces ¿ qué les pasa? Algunos forman ingresos a la agricultura (ej. estiércol), otros a la ganadería (ej. terneros machos) y algunos a la industrialización de alimentos (ej. vacas viejas de descarte). También hay egresos del subsistema “Lechería” que la población de la Isla consume directamente (ej. leche y queso).

Sería muy instructivo hacer listas de todos los ingresos que Ud. imagina importantes de cada uno de los 5 subsistemas (Figura 8.2). Luego, tratar de indicar las relaciones entre subsistemas en cuanto a los ingresos y egresos. Una idea sería copiar la Figura 8.2 en un papel grande e indicar los flujos con líneas y flechas.

En términos generales, las funciones y relaciones entre subsistemas están ilustradas en la Figura 8.3. Todos los egresos de los subsistemas son productos de la actividad biológica del subsistema correspondiente. Conceptualmente, algunos vuelven a la “laguna de recursos” donde son disponibles para formar ingresos a otros subsistemas, aunque en la práctica pasan directamente de un subsistema a otro, y la diferenciación entre su estatus

de egreso e ingreso puede ser difícil. También hay egresos de subsistemas que pasan a formar egresos del sistema entero.

Figura 8.3 Esquema generalizado de la relación entre subsistemas, ingresos, egresos y subproductos



8.4. Subsistemas a nivel de finca

Para determinar los subsistemas que comprende un sistema, que equivale a una finca, es necesario hacer lo siguiente:

- Asegurarse que el subsistema tenga las 9 características esenciales para determinar un sistema (Capítulo 4).
- Enterarse si el subsistema podría funcionar como un sistema propiamente dicho si no estuviera dentro del sistema completo, y bajo cuales circunstancias podría comprender un sistema solo.

Al imaginar una finca o hacienda grande con varias actividades, sería relativamente fácil identificar subsistemas por unidades de producción, como por ejemplo, la lechería, el hato de carne, la porqueriza, el campo agrícola etc. Según el propósito del análisis, hasta el taller mecánico podría considerarse como un subsistema que brinda servicios a los demás subsistemas.

Un paso esencial en el análisis de un sistema complejo, es la identificación de los subsistemas. Esto ayuda a entender cómo se interacciona el funcionamiento del sistema. Por ejemplo, en una finca de producción de carne de ciclo completo de muy baja

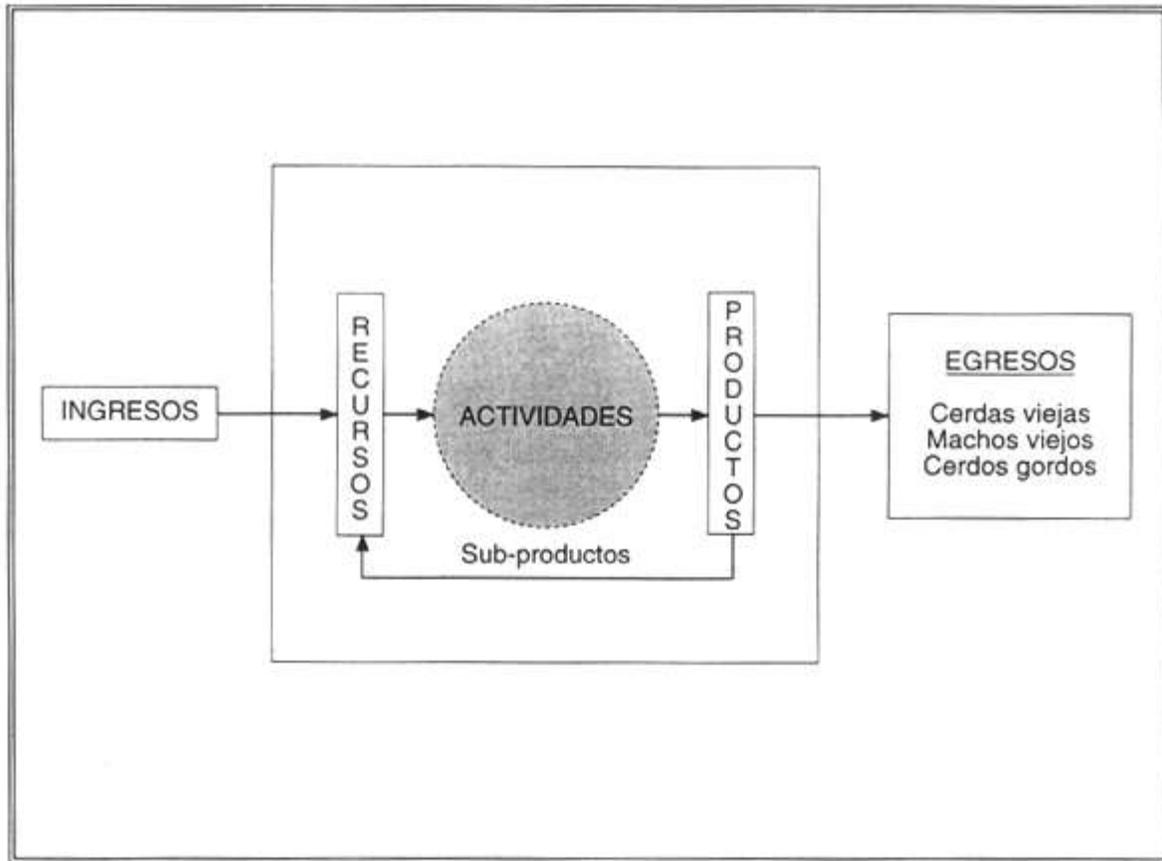
rentabilidad, sería difícil o imposible, determinar las causas y rectificarlas sin analizar por separado los tres subsistemas importantes que son cría, desarrollo y engorde.

En muchos casos, cada subsistema podría existir como un sistema (finca) propiamente dicha. En el caso de un hato de carne, esto es cierto. Sin embargo, existen subsistemas que únicamente pueden funcionar en conjunto con otros subsistemas por causa de los factores externos al sistema. Por ejemplo, en algunas zonas alejadas de los mercados, se practica el sistema mixto de producción de maíz y cerdos. En este sistema la producción de maíz para la venta no sería rentable debido a los altos costos de transporte del grano. Por otro lado, no sería posible engordar cerdos sin producir maíz, porque los alimentos balanceados no están disponibles o tienen un precio muy alto. Entonces, el sistema de producción de cerdos a base de maíz producido en la misma propiedad, representa dos subsistemas en simbiosis; uno no podría existir sin el otro.

8.5. Subsistemas - Ejemplo de una porqueriza

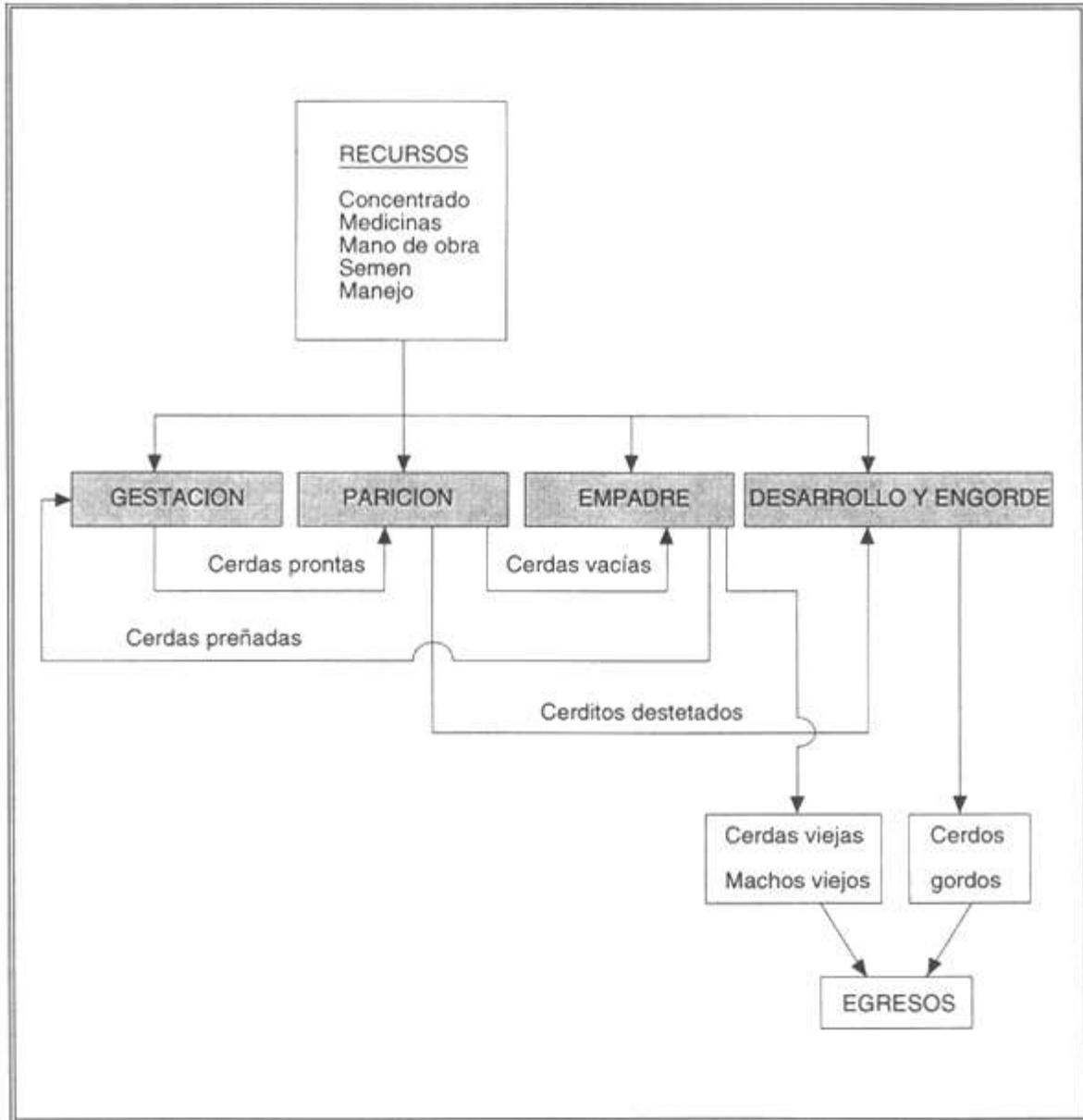
En el caso de una porqueriza es fácil identificar las diferentes actividades o unidades de producción. La Figura 8.4 muestra el sistema entero de una porqueriza. *¿ Cree Ud. que sería posible identificar la causa de baja eficiencia (ej, kg de alimento por cada kg de carne vendida) usando este nivel de análisis?* Desde luego que no es posible, primero debemos extraer y analizar los subsistemas (Figura 8.5)

Figura 8.4 Ejemplo de un sistema entero, porqueriza



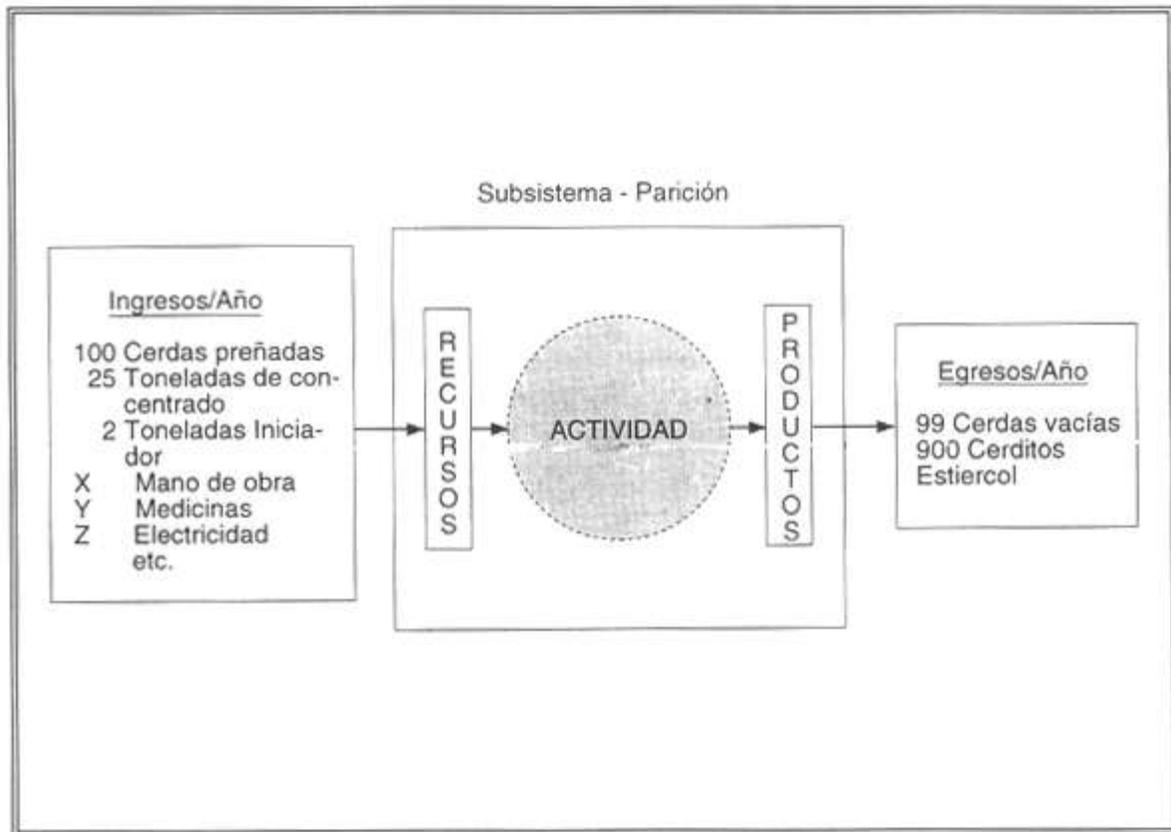
Algunas porquerizas modernas tienen edificios distintos para cada actividad (gestación, parición, empadre, desarrollo y engorde), que hace aún más fácil el análisis de cada subsistema. Si extraemos el subsistema de parición, tendríamos un esquema como se ve en la Figura 8.6. En este caso hemos cuantificado los ingresos y egresos importantes. Esto ayuda a comprender cómo funciona el sistema. Se puede calcular la eficiencia biológica y económica de cada subsistema. Sin embargo, no hay que tomar este enfoque de una manera aislada al sistema entero. Por ejemplo, en la Figura 8.6 no sabemos si la porqueriza cuenta con 100 cerdas que paren una vez por año cada una, o si existen 50 hembras que paren 2 veces por año cada una. No sabemos cuántos días pasan las cerdas dentro de la unidad de parición, lo cual determina el número de jaulas de parición necesarias, etc. Entonces, hay que tomar el enfoque por subsistemas como una parte del análisis del sistema entero.

Figura 8.5 Ejemplo de subsistemas de una porqueriza



Como ejercicio, con papel y lápiz, trate de cuantificar los ingresos y egresos de los otros subsistemas indicados en la Figura 8.5 (Gestación, empadre, desarrollo y engorde). Luego tratar de juntarlos para que formen el sistema entero.

Figura 8.6 Cuantificación del subsistema de parición



8.6. Subsistemas - Ejemplo de ganado de carne

Como ya hemos visto, un subsistema no tiene necesariamente que ser definido por un edificio aparte (como en el ejemplo de los cerdos). En un hato de cría, desarrollo y engorde, aunque todos los animales estén mezclados en un potrero grande se puede identificar diferentes subsistemas.

Tomemos por ejemplo una finca de carne de ciclo completo (cría, desarrollo, engorde). Al analizar el sistema entero encontramos que la producción (o rentabilidad) es muy baja. No sabemos de inmediato por qué. El Cuadro 8.1 da algunas razones posibles.

Cuadro 8.1 Características de los subsistemas en un hato de carne que podría resultar en baja producción o baja rentabilidad.

	SUBSISTEMA CRIA	SUBSISTEMA DESARROLLO	SUBSISTEMA ENGORDE
Caso 1	Bajo % Parición	Crecimiento rápido	Crecimiento rápido
Caso 2	Alta Mortalidad de Terneros	Crecimiento rápido	Crecimiento rápido

Caso 3	Alto % Parición Baja Mortalidad	Crecimiento lento	Crecimiento rápido
Caso 4	Alto % Parición Baja Mortalidad	Crecimiento mediocre	Crecimiento lento
Caso 5	Alto % Parición Baja Mortalidad	Crecimiento rápido Alta Mortalidad	Crecimiento lento Alta Mortalidad
Caso 6	Alto % Parición Alto Costo de Suplementación	Crecimiento rápido Alto Costo de manejo de pasturas	Crecimiento rápido Alto Costo de alimentación establecida

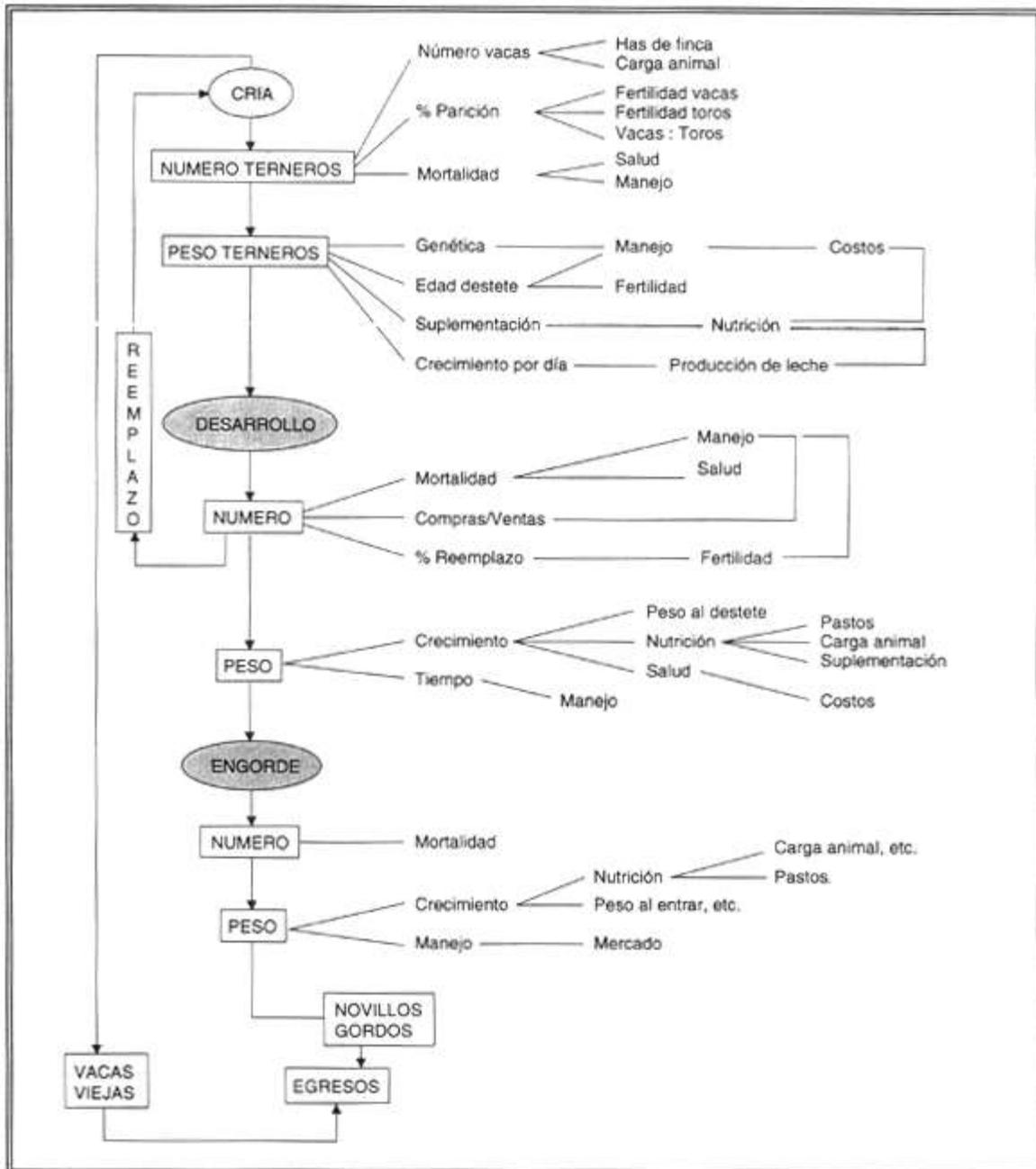
El ejemplo presentado en el Cuadro 8.1 es muy simple, pero sirve para demostrar un punto importantísimo. Es necesario atacar los problemas más graves y urgentes primero, para lograr el máximo efecto como respuesta al esfuerzo de manejo gastado. En otras palabras, en el sistema representado por el caso 1 (Cuadro 8.1), *¿Cuál subsistema está fallando?* Para mejorar la eficiencia del sistema entero, *¿Cuál subsistema debe ser mejorado?* La respuesta a las dos preguntas es el subsistema de cría. Según la información que tenemos en el Cuadro 8.1 (caso 1) no vale la pena introducir mejoras en los subsistemas de desarrollo y engorde, porque el comportamiento biológico es óptimo comparado con el subsistema cría.

También en el caso 2 (Cuadro 8.1) es el subsistema cría que requiere atención, aunque por otras razones distintas a las del caso 1.

Ud. podría considerar los otros casos presentados en el Cuadro 8.1 y priorizar el subsistema que más requiere intervención por parte del administrador de la finca y cuáles aspectos técnicos deberían ser mejorados.

Ahora bien, en el mundo real las cosas raramente son tan sencillas. El administrador tiene que considerar y comparar los diversos parámetros de cada subsistema antes de juzgar la factibilidad, costo y posible beneficio del sistema entero de cualquier cambio de manejo. La Figura 8.7 ilustra algunos de los factores que afectan a los tres subsistemas en un hato de carne con ciclo completo.

Figura 8.7 Factores que afectan los subsistemas de Cría, Desarrollo y Engorde

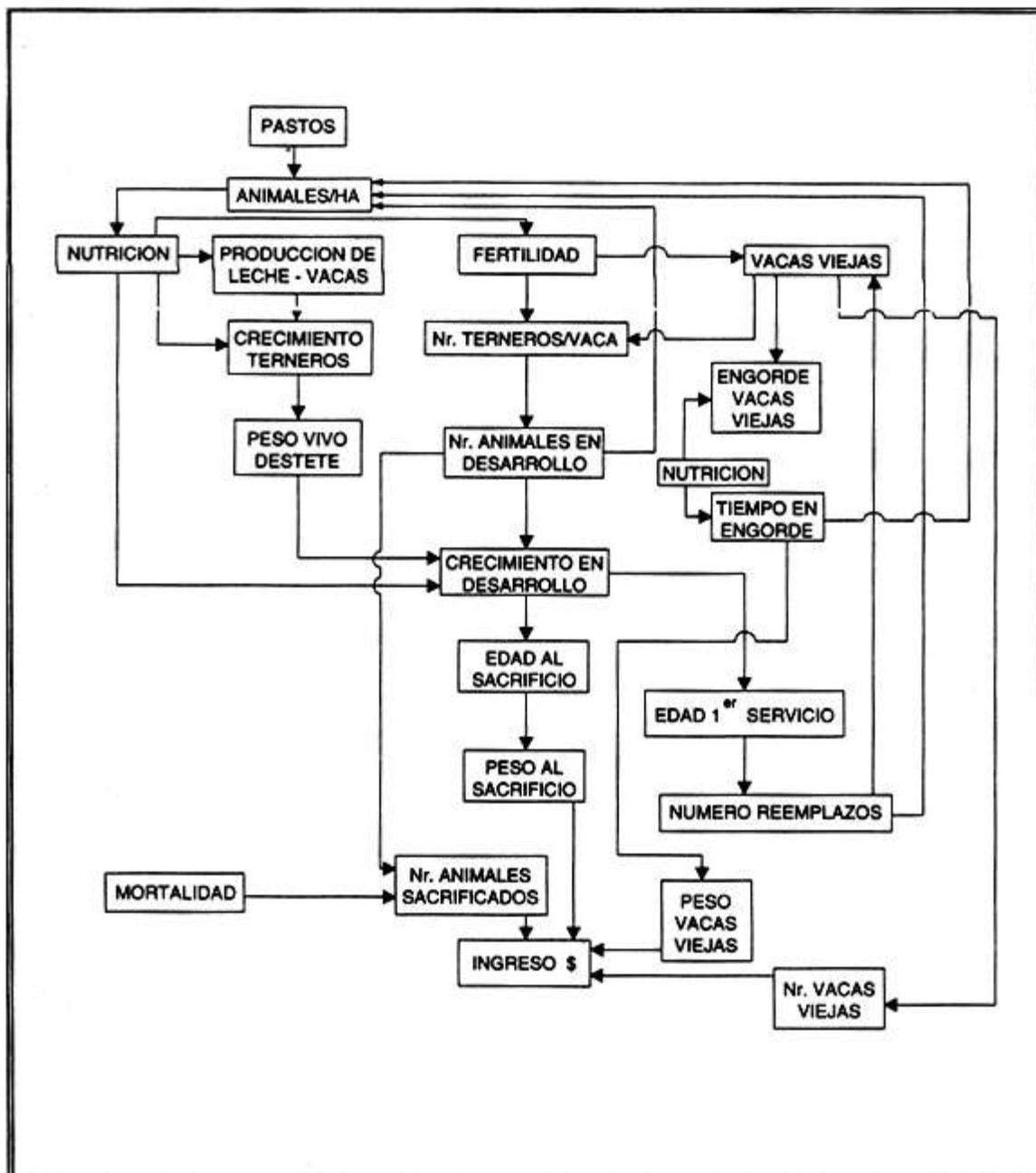


Al considerar la Figura 8.7 se dará cuenta que ciertos factores son comunes a todos los subsistemas, por ejemplo, mortalidad, carga animal, régimen nutricional etc. Es posible que en alguna finca el mismo factor esté fallando en todos los subsistemas, por ejemplo si existe alta mortalidad en todas las clases de ganado. En tales casos, podemos conceptualizar otro tipo de subsistema que llamamos un subsistema integral. Hasta ahora hemos tomado subsistemas como unidades de producción o actividades distintas (como las diferentes habitaciones en una casa). Los subsistemas integrales son diferentes porque están presentes en todo el sistema (como el sistema eléctrico, tubos de agua y

sistema de calefacción están presentes en todas las habitaciones de una casa). La conceptualización de esta manera es un poco difícil, sin embargo, la determinación de los subsistemas integrales como subsistema salud, subsistema nutrición, subsistema genética, nos ayuda a entender el funcionamiento del sistema entero.

En la vida real los recursos siempre son limitados, la decisión de invertir en cierta parte de un sistema implica que no se puede invertir en otra parte. Por esta razón es necesario entender el efecto de los cambios en el subsistema salud, sobre el sistema entero, para luego compararlo con el efecto debido a una modificación en el subsistema nutrición o subsistema genético por ejemplo. Al final, el productor o administrador sabe cuáles son las inversiones que más provecho le brindarán. La Figura 8.8 indica los efectos del subsistema “utilización de pastos” en un hato de carne.

Figura 8.8 Subsistema "Utilización de Pastos"



CAPITULO 9. EL PROPOSITO DE UN ENFOQUE DE SISTEMAS

Esta es la última sección en este primer tomo sobre análisis de sistemas de producción animal. Ud. queda perdonado si se cuestiona la lógica de tratar el propósito al final y no al principio del texto. Aunque parece ilógico, existe un razonamiento.

Explicar precisamente en qué consiste el “enfoque por sistemas” no es cosa fácil de lograr. Desde luego, es posible dictar definiciones abstractas y explicar su significado en términos académicos. Sin embargo, no es posible captar la esencia del enfoque por sistemas sin primero experimentar, aunque superficialmente, algunas de las técnicas utilizadas en el enfoque. Por estas razones se cree conveniente presentar el concepto de un “enfoque por sistemas” al final de este texto cuando el lector ya habrá captado mucho del significado por sí mismo.

De igual manera, presentar un discurso sobre el propósito y beneficios de este enfoque antes de desarrollar una comprensión funcional de la misma, tampoco sería muy convincente. La intención de terminar este primer texto de esta manera, es para dar la oportunidad a que este enfoque “hable” por sí mismo. Si los conceptos y metodologías presentadas anteriormente no tienen suficiente mérito sin recurrir a una gran campaña de persuasión, entonces no merecen ser tomados en serio. Por lo tanto, terminamos donde quizás la ‘lógica’ diría que deberíamos haber comenzado. Esto confirma una vez más que lo ‘correcto’, ‘incorrecto’, ‘lógico’ e ‘ilógico’ dependen de su punto de vista y que nuestras capacidades de analizar y cuestionar sin prejuicios, son facultades merecedoras de ser desarrolladas por cada uno de nosotros.

9.1. General

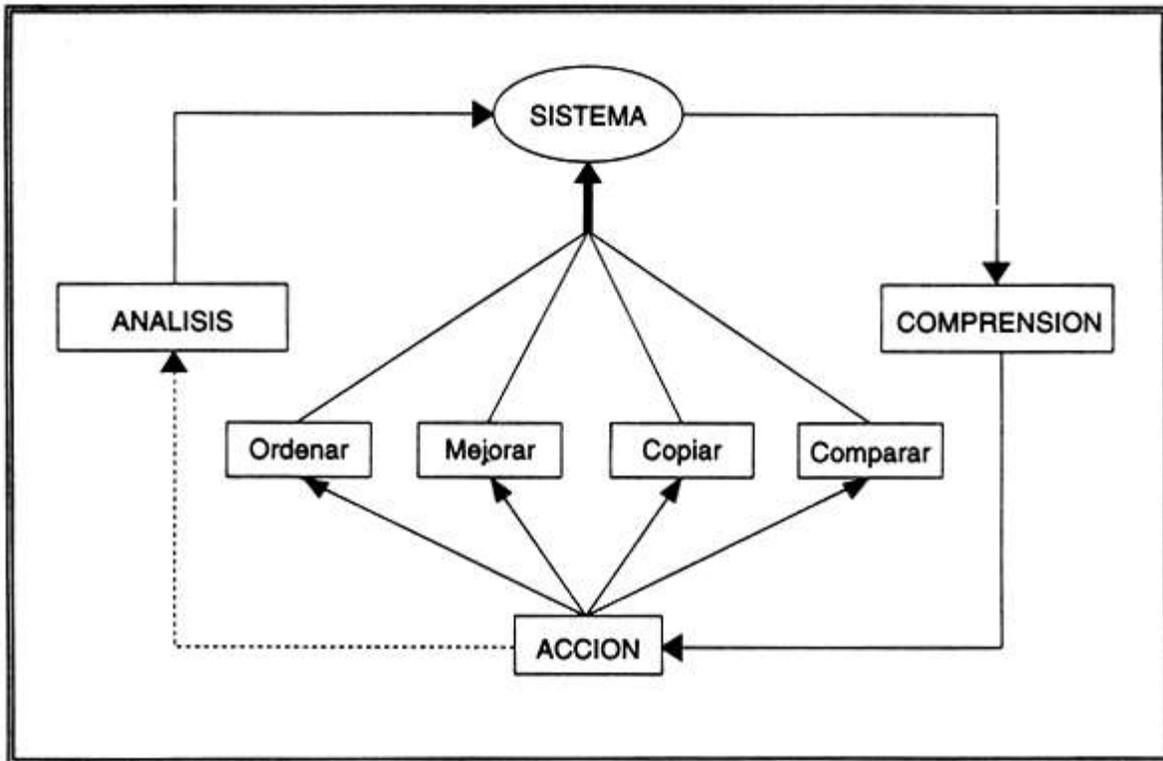
El propósito del enfoque por sistemas no es nada nuevo. Aunque en las ciencias biológicas de los últimos años hemos visto una verdadera explosión del uso del término “sistema”, no es una cuestión de haber descubierto la pólvora. Los pensadores han empleado este enfoque desde los tiempos antiguos.

Aristóteles, el gran filósofo griego, está acreditado con el dicho profundo y verdadero que dice:

“El todo es mucho más complejo que la suma de sus partes”

El objetivo fundamental del enfoque por sistemas es ayudarnos a comprender y utilizar este concepto. Nuestra meta al emplear este enfoque, es entender todo lo posible sobre el funcionamiento de un determinado sistema, con fines de reparar, copiar, comparar y mejorar sistemas de producción animal. Para lograr esto hay que perfeccionar los métodos de identificar, clasificar, desagregar y analizar los sistemas que nos interesan. La Figura 9.1 muestra el significado y la meta de un enfoque por sistemas para el productor, administrador o investigador de sistemas agropecuarios.

Figura 9.1 Metas de un enfoque por sistemas



Aunque el enfoque por sistemas no es un concepto nuevo, su aplicación en la ciencia moderna es una tendencia reciente y creciente. Debemos preguntarnos por qué los científicos, investigadores, profesores, catedráticos y técnicos han puesto más énfasis en este enfoque durante las últimas décadas. Para contestar la pregunta hay que pensar un momento sobre el enfoque básico de la ciencia moderna, el reduccionismo.

9.2. El reduccionismo

Durante el siglo 17 se inició una revolución en las ciencias naturales con la invención de un nuevo aparato llamado el microscopio. Esta herramienta abrió un mundo completamente nuevo para los científicos de ese entonces, y por consecuencia creó nuevas disciplinas científicas.

Sin lugar a dudas, el microscopio aceleró los avances científicos y el conocimiento científico aumentó en una tasa anteriormente inconcebible. Los botánicos, biólogos, fisiólogos y muchos otros científicos pudieron empezar a comprender y explicar el funcionamiento de fenómenos naturales a base de estructuras, componentes y factores microscópicos.

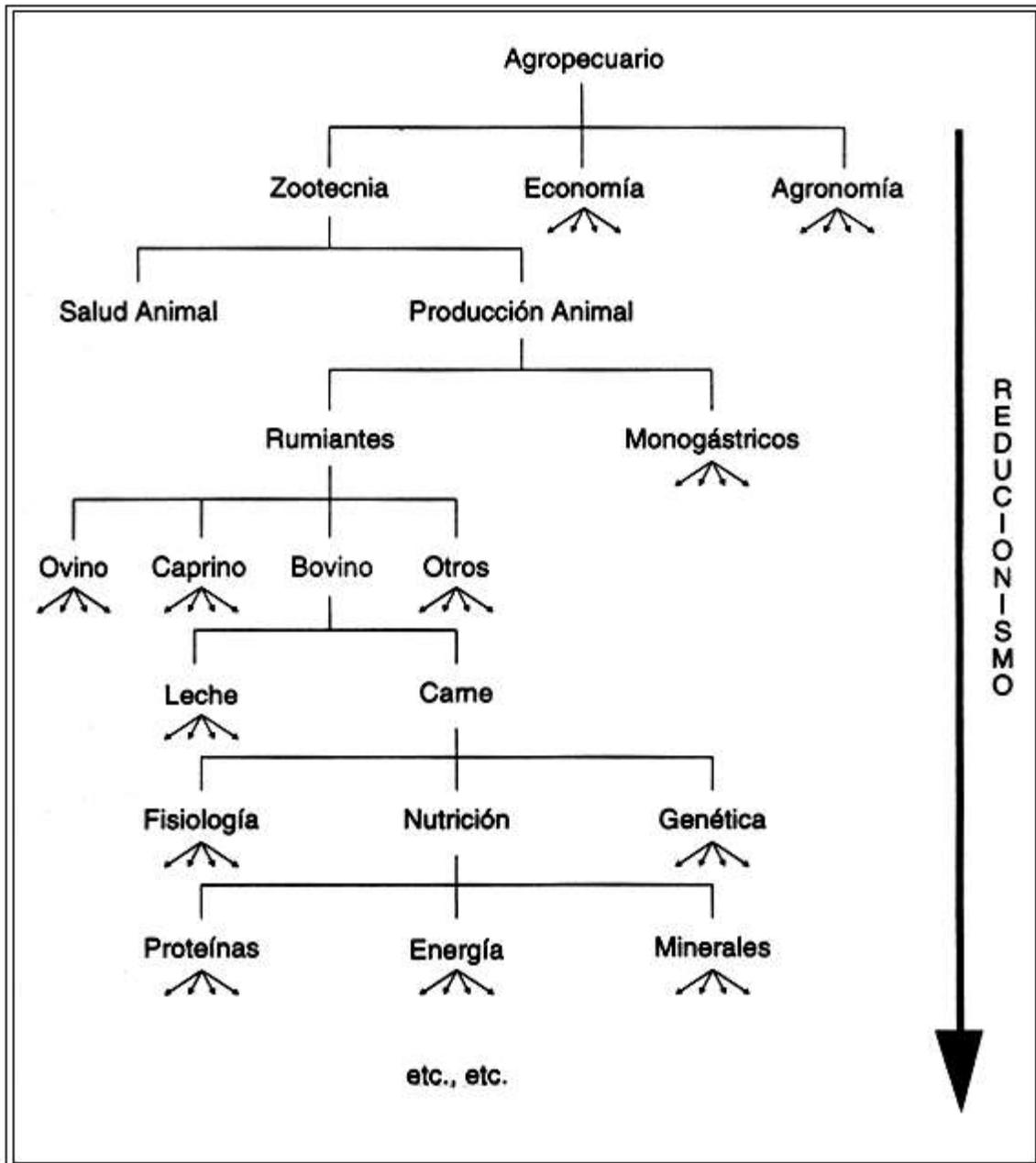
Estos cambios bruscos en la metodología científica no sólo amplió la base del conocimiento sino también afectó la manera en que los científicos practicaban su oficio. Mejorando las técnicas de construcción de microscopios, cada vez más poderosos, los científicos estudiaron las partes del organismo, luego las partes de las partes. Y así

siguieron buscando respuestas a sus preguntas sobre el mundo natural reduciendo la realidad en partes cada vez más pequeñas. A este enfoque lo llamamos el Reduccionismo por razones obvias.

No tenemos por qué criticar el enfoque reduccionista, porque durante siglos y hasta el presente, esta manera de llevar a cabo la investigación científica, ha brindado beneficios innumerables para el hombre y el mundo como por ejemplo, la microbiología y la virología. Debido a su éxito muy obvio y fácilmente palpable en varios campos de la ciencia, el reduccionismo se incorporó como reglón general en todas las áreas de investigación científica, incluso en aspectos donde el reduccionismo no es el mejor enfoque como en los estudios socio-económicos, ecológicos y financieros.

La filosofía del reduccionismo ha sido responsable de la especialización progresiva de casi todas las áreas científicas, y las vinculadas con la agricultura no pueden no incluirse. Esta realidad es una de las razones por las cuales se ha desarrollado el curso que dió lugar a este libro. Hoy en día tenemos muchas especialidades con sus respectivos especialistas, quienes tienen conocimientos muy especializados y profundos referentes a un aspecto agropecuario bastante específico (Figura 9.2). Todos somos responsables de la perpetuación de esta situación al preguntar cuando nos presentan “¿Y, cuál es su especialidad?” o “Soy Fulano de Tal, soy zootecnista, mi especialidad es

Figura 9.2 Ejemplo de la especialización de profesiones en las ciencias agropecuarias.



En cierta manera esta situación es inevitable, y hasta necesaria. Mientras crece cada día más la cantidad de información y conocimientos nuevos, no es factible que estemos al corriente sobre todos los diversos aspectos de la agropecuaria. No obstante, es cierto que necesitamos personas con amplio conocimiento, quienes poseen la habilidad de conjugar las especialidades en sistemas de producción apropiados, como contra-pesos al reduccionismo. El problema en las últimas décadas ha sido que no existía este contra-peso, y todavía no existe o sigue siendo débil en muchas instituciones de educación e investigación agropecuaria en América Latina. El resultado de aplicar el reduccionismo

desenfrenadamente en varias ramas de la ciencia, notablemente la agricultura, es que se ha logrado relativamente poco progreso técnico, y como consecuencia lógica no hemos logrado grandes avances en el mejoramiento de la eficiencia productiva a nivel de finca. El reduccionismo ha dado auge a una proliferación de experimentos aislados, pero que no toman en cuenta el mundo real y el contorno habitual dentro del cual se lleva a cabo la producción agropecuaria. La mayoría de estos experimentos han tratado de examinar causas y efectos según el enfoque de la ciencia clásica. Sin embargo, sabemos que los sistemas agropecuarios son mucho más complejos que la simple suma de sus partes.

A buena hora entonces, la comunidad científica se dió cuenta de que sería imposible hacer más progreso sin modificar sus metodologías de investigación; y tal vez aún más importante, su manera de pensar y considerar el mundo. A este contra-peso en el pensamiento colectivo lo llamamos el expansionismo.

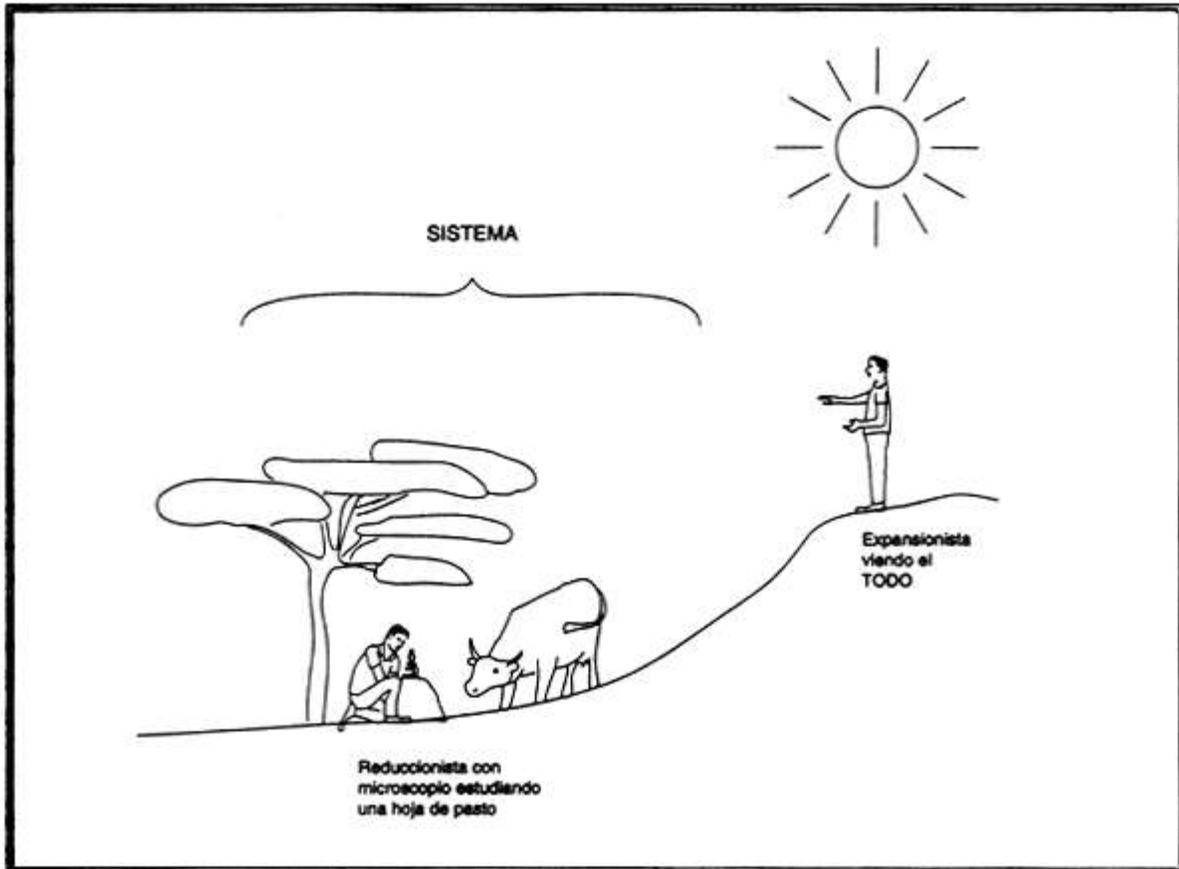
9.3. El expansionismo

El expansionismo es una ideología que es justamente lo opuesto al reduccionismo. Mientras el reduccionismo trata de separar un todo en unidades más y más pequeñas y estudiar cada micro-componente aisladamente. En cambio, el expansionismo utiliza un proceso de síntesis para comprender el mundo real en su contorno habitual y tomar en cuenta todas las complicaciones que esto implica.

El expansionismo toma más interés y pone más énfasis en la comprensión del todo y relativamente menos en las partes en sí. Aunque en muchos casos es necesario hacer investigaciones detalladas sobre ciertos componentes o partes de sistemas, esto es únicamente con la finalidad de incorporar la información descubierta en su lugar correcto dentro del funcionamiento del sistema entero. En otras palabras, la meta principal es el entendimiento del sistema entero, y cualquier estudio específico es el objetivo de definir interacciones entre componentes, siempre tomando en cuenta la estructura del sistema y el contorno dentro del cual funciona.

Para llevar a cabo el enfoque de sistemas en el marco agropecuario es necesario actuar a veces como reduccionista para poder apreciar el panorama global del expansionista (Figura 9.3).

Figura 9.3 Diferencia de enfoque entre el reduccionismo y el expansionismo.



Es muy posible que muchos lectores hayan recibido la mayoría de su formación profesional desde el punto de vista reduccionista y por disciplinas científicas específicas. La mayoría de los cursos universitarios son de este tipo, y tratan las varias disciplinas una por una. Por ejemplo, anatomía, fisiología, bacteriología, bioquímica, botánica, nutrición de rumiantes, nutrición de monogástricos etc. (sabemos la lista de memoria). Por esta razón, nuestro desafío es tratar de aplicar algo del expansionismo si queremos comprender verdaderamente el funcionamiento de los sistemas agropecuarios. No nos falta el reduccionismo, el sistema educativo ya se encargó de esto, sino que nuestro punto débil es la habilidad de pensar en el "todo", interesándonos en las partes únicamente como componentes del todo y no por sí mismos. Para que sea funcional el sistema, debe ser considerado indivisible y no simplemente la suma de sus partes. En este sentido el analista de sistemas agropecuarios debe entender muchas disciplinas y tener la habilidad y ganas de trabajar en actividades multidisciplinarias.

9.4. Análisis de sistemas

Cuando se oye la expresión "análisis de sistemas" o "analista de sistemas", es casi inevitable imaginar oficinas futuristas llenas de computadoras y ejecutivos de alta capacidad programando, descifrando fórmulas complicadísimas, habitando en un mundo literalmente cibernético. Tal vez hoy en día estas imágenes son asociadas con el análisis

de sistemas debido a las propagandas y mitos populares divulgados y estereotipados por los medios de comunicación. No obstante, no siempre fue así. La frase “análisis de sistemas” fue usada mucho antes de la invención de la computadora electrónica. Es más, no se originó en las suntuosas oficinas ejecutivas, sino el concepto fue desarrollado en medio del ruido, suciedad y sudor de las primeras fábricas industriales de América del Norte y Europa.

Durante la revolución industrial y después, existió un largo período de prosperidad económica para los pocos industriales capitalistas. Sus ganancias eran enormes, y los dueños de los medios de producción fueron garantizados con una buena recompensa como retorno a sus inversiones. Sólo con el paso del tiempo, cuando ya la industrialización estaba establecida como parte de la sociedad moderna, fue introducido el concepto de la eficiencia en los procesos industriales. El famoso fabricante de automóviles, Henry Ford, en 1910 estudió el proceso de producción en su fábrica e implementó uno de los primeros ejemplos de la producción en escala masiva por medio de una línea de ensamblaje movediza. Aún así, no fue hasta el año 1940 en adelante que el termino “análisis de sistemas” fue usado para describir la actividad comprendida en el conjunto de diseñar máquinas, procesos de apoyo, métodos de control de inventario, consideraciones lógicas e interacciones con los operarios (hombre) etc., con fines de optimización de la eficiencia en el alcance de ciertos objetivos pre-establecidos. En otras palabras, el análisis de sistemas es una metodología usado en el ambito industrial inicialmente, y que ahora está aplicada en diversos campos, incluyendo la agricultura.

Al comparar los procesos industriales con los agropecuarios es evidente que nuestra tarea es mucho más compleja porque existe un gran número de factores que está fuera del control del productor agropecuario, mientras el gerente de una fábrica domina casi todas las variables.

9.5. Análisis de sistemas agropecuarios

Nunca he tenido el gusto de ver, y no creo que jamás encontraremos un anuncio en la sección de empleos del periódico que diga “..se busca analista de sistemas agropecuarios”. No se utiliza el nombre “analista de sistemas agropecuarios” para describir ninguna profesión. No obstante cada ganadero, dueño de finca, administrador o gerente debe reconocer que gran parte de su responsabilidad es analizar el sistema de producción, y por lo tanto considerarse el “analista”, además de sus otros muchos títulos como vaquero, lechero, tractorista, contador, comerciante, peón, etc.

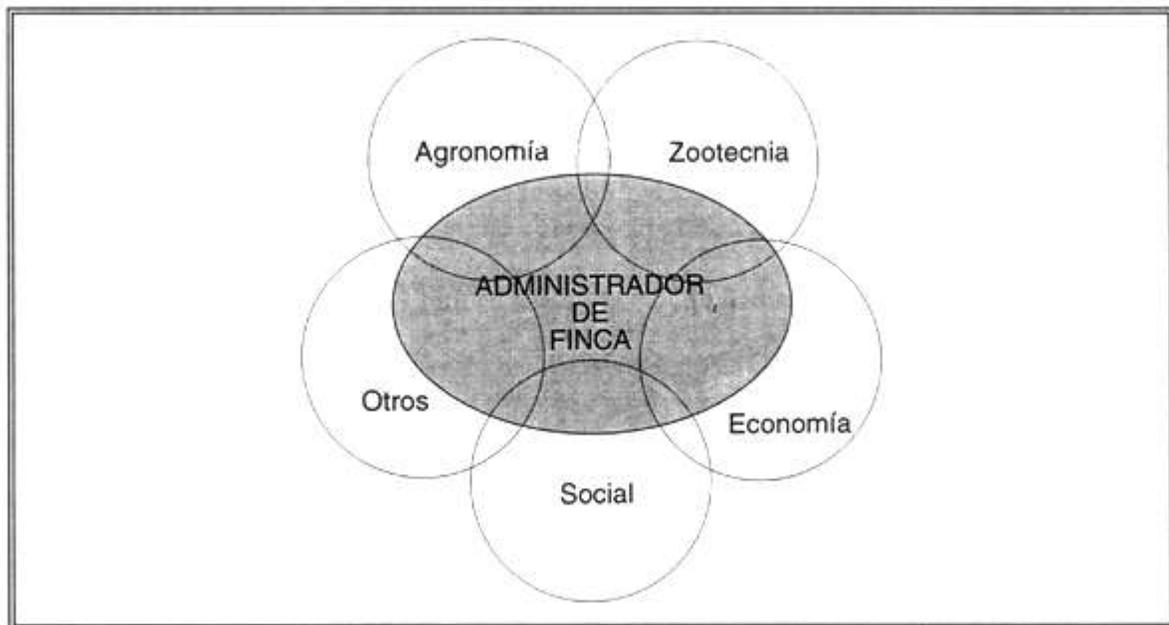
Ser analista de un sistema agropecuario no es simplemente hacer el balance al fin del año fiscal, sino que es una actividad continua y constante, que siempre debe formar una parte del mismo manejo de cualquier unidad de producción pecuaria.

Considerar la finca en términos de sistemas es aplicar cierta filosofía a nuestra forma de ver las cosas, en realidad es una nueva manera de pensar que facilita tomar las decisiones de manejo necesarias para asegurar que el sistema siga en la óptima eficiencia.

En los últimos años hemos visto cómo los objetivos de los sistemas de producción ya son más complejos y comprometedores que antes. Ahora existe aún mayor razón para aplicar el enfoque de sistemas en la tarea de administración. No sólo debemos considerar la

rentabilidad económica del sistema, sino también su sostenibilidad ecológica, ahora que es una factor de importancia creciente. Los administradores exitosos serán los individuos que no son especialistas. Más bien son los generalistas, los que pueden ver el sistema como un todo y comprenden las interacciones en el sistema, quienes manejarán las fincas en el futuro. Ellos, a través de su comprensión de sistemas, podrán adaptar y modificar los componentes en respuesta a cambios externos para mantener el equilibrio de la empresa. Los que no logran adaptarse a tiempo no tienen un futuro muy promisorio (*¿se acuerda lo que les pasó a los dinosaurios?*).

Figura 9.4 Enlace de disciplinas necesarias en un administrador de finca exitoso



9.6. Ejemplo de un enfoque no sistemático en una finca

Terminamos este primer tomo con un ejemplo, con la esperanza de que Ud. pueda agregar algunos ejemplos no sistemáticos que hayan dado resultados desilusionantes de su propia experiencia. El punto importante es recordar que cualquier cambio que se haga a una parte del sistema, tendrá efectos en otras partes que podrían desencadenar una serie de consecuencias mucho más grandes que el cambio en sí. Por ejemplo, el ganadero que trató de aumentar modestamente la rentabilidad de su hato para ahorrar unos pocos centavos, en su programa de vacunación contra la fiebre aftosa, perdió la mitad de sus vacas. Este es un ejemplo obvio y fácil de entender, veremos con el siguiente ejemplo, que a veces las consecuencias finales al modificar solo una parte pueden ser inesperadas.

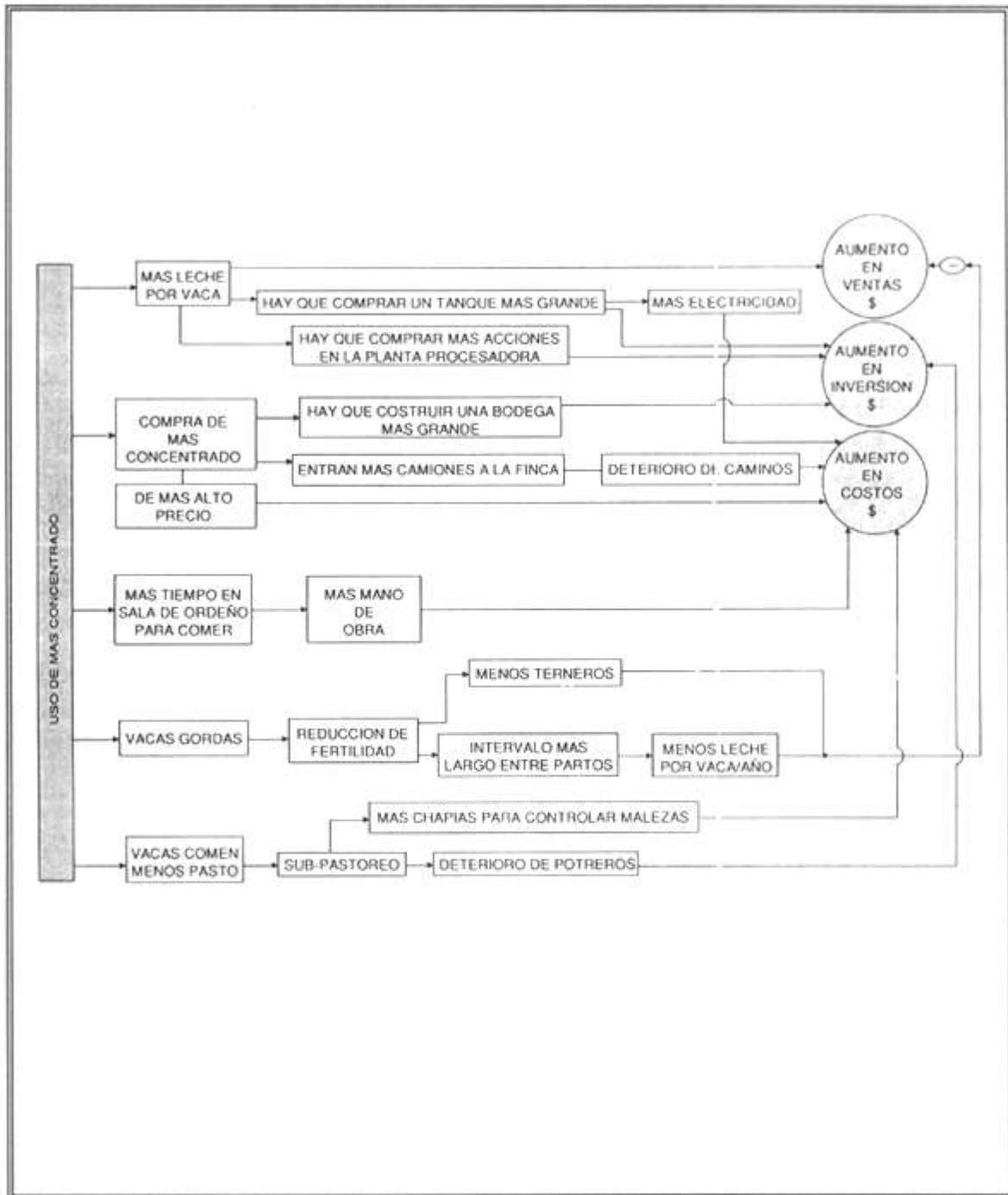
Había una vez un ganadero lechero con un hato de vacas holandesas, ubicado en una zona alta y por lo tanto, con clima templado en un país centroamericano. Su sistema de producción era muy parecido al modelo de lechería intensiva empleado en Europa con pastos fertilizados, concentrados balanceados para las vacas y sala de ordeño, etc. El hato mostraba una rentabilidad regular, ni mejor, ni peor que los vecinos, y las vacas producían en promedio 3500 litros de leche por lactancia, con intervalo entre partos de 14

meses. Un buen día, se le ocurrió al ganadero que se podría aumentar tanto la producción de la finca, como su rentabilidad, al hacer algunos cambios en la nutrición de las vacas. Entonces invitó a un especialista en nutrición de la Universidad para que le diera algunos consejos y le preguntó al experto “¿Cómo puedo mejorar la alimentación para que mis vacas den más leche? (Ojo: ¿Cree Ud. que esta pregunta fue adecuada?) El nutricionista, muy capaz y competente en su campo técnico, no tuvo mayores problemas en analizar los alimentos usados, calcular las cantidades suministradas, tomar en cuenta la condición de los potreros, carga animal etc. Finalmente, después de hacer varias operaciones matemáticas llegó a la conclusión y le dijo al ganadero “Puedo garantizar que Ud. puede aumentar en un 40% la producción de leche de sus vacas, al ofrecer 18 kg de alimento balanceado de 18% de proteínas a cada vaca, diariamente”. Con esto cobró la consulta y se fue de la finca. En términos científicos no podemos criticar la recomendación, la consulta fue contestada correctamente. Sin embargo, al poner en práctica el consejo específico, el ganadero no pensó en algunas consecuencias muy tristes. La Figura 9.5 muestra algunos de los efectos.

Al principio, el ganadero estaba feliz; las vacas daban más leche y el cheque que recibió de la planta procesadora de leche también creció al siguiente día de pago. Sin embargo, el hecho de producir más leche también tuvo efectos negativos; la leche ya no cabía en el tanque enfriador, las acciones que el ganadero poseía en la cooperativa no eran suficientes para abastecer su producción o cupo de leche en la fábrica. Cuando llegó la cuenta inflada por la compra de mayores cantidades de concentrado de superior calidad y costo por kg, el ganadero se empezó a fijar si realmente el aumento de leche cubría el costo adicional. Como se ve en la Figura 9.5 hasta los costos de control de malezas en los potreros aumentaba y la fertilidad y salud de las vacas fueron afectadas.

Felizmente, este es un ejemplo imaginario, pero aunque Ud. no lo crea, existen casos similares en la vida real con consecuencias hasta peores y aún más tristes. Estos ejemplos y anécdotas nos deben servir como lecciones del peligro que corremos cuando analizamos y actuamos sobre componentes de sistemas en forma aislada, sin tomar en cuenta las interacciones con otras partes del sistema. En muchos casos, al modificar un componente es necesario hacer ajustes simultáneamente a otros componentes para contrarrestar cualquier efecto negativo. Hay que mantener el equilibrio en el sistema, y esto sólo es posible si analizamos todas las posibles conexiones entre las partes, antes de llevar a cabo cualquier cambio al sistema.

Figura 9.5 Posibles consecuencias de hacer modificaciones en el manejo de una finca lechera sin análisis previo sistemático (ejemplo imaginario)



BIBLIOGRAFIA Y LECTURAS SUGERIDAS

Capítulo 1

CIAT (1993) *Trends in CIAT Commodities 1993*. Working Document No. 128, July 1993. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 221 pp.

FAO (1985) *Urbanización, Alimentación y Nutrición en América Latina*. Dirección de Política Alimentaria y Nutrición, FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 271 pp.

FAO (1988) *Potencialidades del Desarrollo Agrícola y Rural: Informe Principal*. FAO, Roma. 134 pp.

FAO (1991) *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, 1990*. (Colección FAO, No. 23). FAO, Roma. 223 pp.

Preston, T. R. and Murgueitio, E (1992) *Strategy for Sustainable Livestock production in the Tropics*. CONDRIT Ltda., Cali, Colombia. 89 pp.

Saravia, A (1985) *Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola. Capítulo I, La Producción, la Productividad y los Servicios Agrícolas en América Latina*. IICA, San José, Costa Rica. pp. 7–33.

Tolba, M. K. (1983) *Earth Matter: Environmental Challenges for the 1980's*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Capítulo 2

MacArthur, J.D (1980) Some Characteristics of Farming in a Tropical Environment. *In: Farming Systems in the Tropics*, H. Ruthenburg. Clarendon Press, Oxford. pp. 19–29.

Spedding, C. R. W (1975) *The Biology of Agricultural Systems. Chapter 1, The Purposes of Agriculture*. Academic Press, London. pp. 1–13.

Spedding, C. R. W (1979) *An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 1, The Purposes of Agriculture*. Applied Science Publishers, England. pp. 1–14.

Capítulo 3

Saravia, A (1985) *Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola. Capítulo 2, La Teoría General de Sistemas y su Aplicación*. IICA, San José, Costa Rica. pp. 35–52.

Spedding, C. R. W (1979) *An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 2, A Systems Approach to Agriculture*. Applied Science Publishers, England. pp. 15–32.

Capítulo 4

de Graaf, J (1993) *Soil Conservation and Sustainable Land Use: An Economic Approach*. Royal Tropical Institute - The Netherlands, Amsterdam. 191 pp.

Saravia, A (1985) *Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola. Capítulo 3, Los Sistemas Agrícolas*. IICA, San Jose, Costa Rica. pp. 53–86.

Spedding, C. R. W (1975) *The Biology of Agricultural Systems. Chapter 2, Agricultural Systems*. Academic Press, London. pp. 14–41.

Capítulo 5

Barnard, C. S. and Nix, J. S (1979) *Farm planning and Control (2nd Edition). Chapter 1, The Planning Environment and the Managerial Function*. Cambridge University Press, England. pp. 3–18.

Capítulo 6

Ruthenberg, H (1980) *Farming Systems in the Tropics*. Clarendon Press, Oxford. 424 pp.

Spedding, C. R. W (1979) *An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 7, Classification of Agricultural Systems*. Applied Science Publishers, England. pp. 89–100.

Wadsworth, J. (1984) *Course Manual: The analysis of animal production system (Spanish)*. Escuela Centroamericana de Ganaderia, Atenas, Costa Rica, 343 pp.

Capítulo 7

Dalton, G. E (1982) *Managing Agricultural Systems. Chapter 2, Agricultural Systems*. Applied Science Publishers, London. pp. 6–30.

MacDowell, R. E and Hilderbrand, P. E (1980) *Integrated Crop and Animal Production: Making the Most of Resources Available to Small Farms in Developing Countries*. Working Papers Series, The Rockefeller Foundation, USA. 78 pp.

Capítulo 8

Capítulo 9

Saravia, A (1985) *Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola. Capítulo 4, El Enfoque de Sistemas en la Investigación Agrícola*. IICA, San José, Costa Rica. pp. 87–128.

ESTUDIOS FAO: PRODUCCION Y SANIDAD ANIMAL

1 La cría animal: artículos seleccionados de la *Revista mundial de zootecnia*, 1977 ([C E F I](#))

2 Erradicación de la peste porcina y la peste porcina africana, 1977 ([E F I](#))

- 3 Insecticides and application equipment for tsetse control, 1977 ([E](#) [I](#))
- 4 Nuevos recursos forrajeros, 1977 ([E/F/I](#))
- 5 Bibliografía del ganado vacuno criollo de las Américas, 1977 ([E/I](#))
- 6 Mediterranean cattle and sheep in crossbreeding, 1977 ([F](#) [I](#))
- 7 The environmental impact of tsetse control operations, 1977 ([F](#) [I](#))
- 7
Rev. 1. The environmental impact of tsetse control operations, 1980 ([F](#) [I](#))
- 8 Declining breeds of Mediterranean sheep, 1978 ([F](#) [I](#))
- 9 Mataderos y degolladeros rurales: su proyecto y construcción, 1978 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 10 Métodos de tratamiento de la paja para la alimentación animal, 1978 ([C](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 11 Packaging, storage and distribution of processed milk, 1978 ([I](#))
- 12 Nutrición de los rumiantes: artículos seleccionados de la *Revista mundial de zootecnia*, 1978 ([C](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 13 Buffalo reproduction and artificial insemination, 1979 ([I](#) *)
- 14 The African trypanosomiasis, 1979 ([F](#) [I](#))
- 15 Establishment of dairy training centres, 1979 ([I](#))
- 16 Estabulación de terneros en régimen libre, 1981 ([Ar](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 17 Ovinos prolíficos tropicales, 1980 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 18 Feed from animal wastes: state of knowledge, 1980 ([C](#) [I](#))
- 19 East Coast fever and related tick-borne diseases, 1980 ([I](#))
- 20/1 Trypanotolerant livestock in West and Central Africa - Vol. 1. General study, 1980 ([F](#) [I](#))
- 20/2 Trypanotolerant livestock in West and Central Africa - Vol. 2. Country studies, 1980 ([F](#) [I](#))
- 20/3 Le bétail trypanotolerant en Afrique occidentale et centrale - Vol. 3. Bilan d'une décennie, 1988 ([F](#))
- 21 Guideline for dairy accounting, 1980 ([I](#))
- 22 Recursos genéticos animales en América Latina, 1981 ([E](#))
- 23 Enfermedades transmitidas por semen y embriones, 1982 ([C](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 24 Animal genetic resources - conservation and management, 1981 ([C](#) [I](#))
- 25 Capacidad reproductora del ganado bovino, 1984 ([C](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 26 Camels and camel milk, 1982 ([I](#))
- 27 Deer farming, 1982 ([I](#))
- 28 Feed from animal wastes: feeding manual, 1982 ([C](#) [I](#))
- 29 Echinococcosis/hydatidosis surveillance, prevention and control: FAO/UNEP/WHO guidelines, 1982 ([I](#))
- 30 Sheep and goat breeds of India, 1982 ([I](#))
- 31 Hormones in animal production, 1982 ([I](#))
- 32 Crop residues and agro-industrial by-products in animal feeding, 1982 ([F/I](#))
- 33 Haemorrhagic septicaemia, 1982 ([F](#) [I](#))

- 34 Planes de selección de rumiantes en las regiones tropicales, 1984 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 35 Los sabores anormales en la leche fresca y reconstituida, 1983 ([Ar](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 36 Las enfermedades transmitidas por las garrapatas y sus vectores: artículos seleccionados de la *Revista mundial de zootecnia*, 1983 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 37 African animal trypanosomiasis: selected articles from the *World Animal Review*, 1983 ([F](#) [I](#))
- 38 Diagnosis and vaccination for the control of brucellosis in the Near East, 1982 ([Ar](#) [I](#))
- 39 Solar energy in small-scale milk collection and processing, 1983 ([F](#) [I](#))
- 40 Intensive sheep production in the Near East, 1983 ([Ar](#) [I](#))
- 41 Integrating crops and livestock in West Africa, 1983 ([F](#) [I](#))
- 42 Energía animal en la agricultura en Africa y Asia, 1985 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 43 Los subproductos del olivar en la alimentación animal en la cuenca del Mediterráneo, 1985 ([Ar](#) [E](#) [F](#) [I](#))
- 44/1 Animal genetic resources conservation by management, data banks and training, 1984 ([I](#))
- 44/2 Animal genetic resources: cryogenic storage of germplasm and molecular engineering, 1984 ([I](#))
- 45 Maintenance systems for the dairy plant, 1984 ([I](#))
- 46 Razas de ganado de China, 1985 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 47 Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports, 1985 ([F](#))
- 48 La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen, 1985 ([F](#))
- 49 Manual for the slaughter of small ruminants in developing countries, 1985 ([I](#))
- 50 Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines - 1. State of knowledge, 1985 ([I](#))
- 50/2 Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines - 2. A practical manual for research workers, 1986 ([I](#))
- 51 Dried salted meats: charque and carne-de-sol, 1985 ([I](#))
- 52 Small-scale sausage production, 1985 ([I](#))
- 53 Slaughterhouse cleaning and sanitation, 1985 ([I](#))
- 54 Small ruminants in the Near East - Vol. 1. Selected papers presented at the Expert Consultation on Small Ruminant Research and Development in the Near East (Tunis, 1985) 1987 ([I](#))
- 55 Small ruminants in the Near East - Vol. II. Selected papers from *World Animal Review*, 1972–1986, 1986 ([Ar](#) [I](#))
- 56 Sheep and goats in Pakistan, 1985 ([I](#))
- 57 The Awassi sheep with special reference to the improved dairy type, 1985 ([I](#))
- 58 Small ruminant production in the developing countries, 1986 ([I](#))
- 59/1 Animal genetic resources data banks - 1. Computer systems study for regional data banks, 1986 ([I](#))
- 59/2 Bancos de datos de recursos genéticos animales - 2. Descriptores de bovinos, búfalos, ovinos, caprinos y porcinos, 1987 ([E](#) [F](#) [I](#))

- 59/3 Bancos de datos de recursos genéticos animales - 3. Descriptores de especies avícolas, 1987 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 60 Sheep and goats in Turkey, 1986 ([I](#))
- 61 The Przewalski horse and restoration to its natural habitat in Mongolia, 1986 ([I](#))
- 62 Los costos de producción y de transformación de la leche y los productos lácteos, 1988 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 63 Proceedings of the FAO expert consultation on the substitution of imported concentrate feeds in animal production systems in developing countries, 1987 ([C](#) [E](#))
- 64 Poultry management and diseases in the Near East, 1987 ([Ar](#))
- 65 Animal genetic resources of the USSR, 1989 ([I](#))
- 66 Animal genetic resources - strategies for improved use and conservation, 1987 ([I](#))
- 67/1 Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa - Vol. I, 1987 ([I](#))
- 67/2 Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa - Vol. II, 1987 ([I](#))
- 68 Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics, 1987 ([I](#))
- 69 La elaboración de la leche en las aldeas, 1990 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 70 Sheep and goat meat production in the humid tropics of West Africa, 1989 ([F](#)/[I](#))
- 71 El desarrollo de la producción ovina en los poblados de Africa occidental, 1988 ([Ar](#) [E](#) [F](#) [I](#)) (Publicados como Manual de capacitación para extensionistas, M/S5840S)
- 72 La caña de azúcar como pienso, 1988 ([E](#)/[I](#))
- 73 Standard design for small-scale modular slaughterhouses, 1988 ([I](#))
- 74 Small ruminants in the Near East - Vol. III. North Africa, 1989 ([I](#))
- 75 La erradicación de la garrapata, 1989 ([E](#)/[I](#))
- 76 *Ex situ* cryoconservation of genomes and genes of endangered cattle breeds by means of modern biotechnological methods, 1989 ([I](#))
- 77 Training manual for embryo transfer in cattle, 1991 ([I](#))
- 78 Milking, milk production hygiene and udder health, 1989 ([I](#))
- 79 Manual of simple methods of meat preservation, 1990 ([I](#))
- 80 Animal genetic resources - a global programme for sustainable development, 1990 ([I](#))
- 81 Veterinary diagnostic bacteriology - a manual of laboratory procedures of selected diseases of livestock, 1990 ([F](#) [I](#))
- 82 Reproduction in camels - a review, 1990 ([I](#))
- 83 Training manual on artificial insemination in sheep and goats, 1991 ([I](#))
- 84 Training manual for embryo transfer in water buffaloes, 1991 ([I](#))
- 85 The technology of traditional milk products in developing countries, 1990 ([I](#))
- 86 Feeding dairy cows in the tropics, 1991 ([I](#))
- 87 Manual for the production of anthrax and blackleg vaccines, 1991 ([F](#) [I](#))
- 88 Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical

- Africa, 1991 ([I](#))
- 89 Manual for the production of Marek's disease, Gumboro disease and inactivated Newcastle disease vaccines, 1991 ([F](#) [I](#))
- 90 Application of biotechnology to nutrition of animals in developing countries, 1991 ([I](#))
- 91 Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing, 1991 ([F](#) [I](#))
- 92 Manual para la operación y funcionamiento de almacenes frigoríficos de productos cárnicos, 1991 ([E](#) [I](#))
- 93 Utilization of renewable energy sources and energy-saving technologies by small-scale milk plants and collection centres, 1992 ([I](#))
- 94 Proceedings of the FAO expert consultation on the genetic aspects of trypanotolerance, 1992 ([I](#))
- 95 Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding, 1992 ([I](#))
- 96 Distribution and impact of helminth diseases of livestock in developing countries, 1992 ([I](#))
- 97 Construcción y funcionamiento de mataderos de tamaño mediano para países en desarrollo, 1993 ([E](#) [I](#))
- 98 Small-scale poultry processing, 1992 ([I](#))
- 99 *In situ* conservation of livestock and poultry, 1992 ([I](#))
- 100 Programme for the control of African animal trypanosomiasis and related development, 1992 ([I](#))
- 101 Genetic improvement of hair sheep in the tropics, 1992 ([I](#))
- 102 Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock, 1992 ([I](#))
- 103 Improving sheep reproduction in the Near East, 1992 ([Ar](#))
- 104 The management of global animal genetic resources, 1992 ([I](#))
- 105 Sustainable livestock production in the mountain agro-ecosystem of Nepal, 1992 ([I](#))
- 106 Sustainable animal production from small systems in South-East Asia, 1993 ([I](#))
- 107 Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries, 1993 ([I](#) [E](#))
- 108 Evaluation of breeds and crosses of domestic animals, 1993 ([I](#))
- 109 Bovine spongiform encephalopathy, 1993 ([I](#))
- 110 L'amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest, 1993 ([F](#))
- 111 La utilización sostenible de hembras F₁ en la producción del ganado lechero tropical, 1993 ([E](#))
- 112 Physiologie de la reproduction des bovins trypanotolérants, 1993 ([F](#))
- 113 La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*), 1993 ([F](#))
- 114 Food losses due to non-infectious and production diseases in developing countries, 1993 ([E](#))
- 115 Manual de formación práctica el trasplante de embriones en ovejas y cabras, 1995 ([E](#) [F](#) [I](#))
- 116 Quality control of veterinary vaccines in developing countries, 1993 ([I](#))
- 117 L'hygiène dans l'industrie alimentaire - Les produits et l'application de l'hygiène, 1993 ([F](#))

- 118 Quality control testing of rinderpest cell culture vaccine, 1994 (I)
- 119 Manual on meat inspection for developing countries, 1994 (I)
- 120 Manual para la instalación del pequeño matadero modular de la FAO, 1994 (E)
- 121 A systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control, 1994 (F/I)
- 122 El capibara (*hydrochoerus hydrochaeris*) - Estado actual de su producción, 1995 (E)
- 123 Procesamiento de subproductos animales comestibles, 1995 (E)
- 124 L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers, 1995 (F)
- 125 Veterinary education, 1995 (I)
- 126 Tropical animal feeding - A manual for research workers, 1995 (I)
- 127 World livestock production systems - current status, issues and trends, 1996 (I)
- 128 Quality control testing of contagious bovine pleuroneumonia live attenuated vaccine - Standard operating procedures, 1996 (I F)
- 129 The world without rinderpest, 1996 (I)
- 130 Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas, 1996 (E)
- 131 Les perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen, 1996 (F)
- 132 Feeding pigs in the tropics, 1997 (I)
- 133 Prevention and control of transboundary animal diseases, 1997 (I)
- 134 Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal, 1997 (E)
- 135 Roughage utilization in warm climates, 1997 (E I)
- 136 Proceedings of the first Internet Conference on Salvarian Trypanosomes, 1997 (I)
- 137 Developing national EPRES for transboundary animal diseases, 1997 (I)
- 138 Producción de cuyes (*Cavia porcellus*), 1997 (E)
- 139 Tree foliage in ruminant nutrition, 1997 (I)
- 140/1 Análisis de sistemas de producción animal - Tomo 1: Las bases conceptuales, 1997 (E)
- 140/2 Análisis de sistemas de producción animal - Tomo 2: Las herramientas básicas, 1997 (E)

Disponibilidad: Diciembre de 1997

Ar - Árabe
 C - Chino
 E - Español
 F - Francés
 I - Inglés
 P - Portugués
 Multil - Multilingüe
 * Agotado
 ** En preparación

Los cuadernos técnicos de la FAO pueden obtenerse en los Puntos de venta autorizados de la FAO, o directamente en el Grupo de Comercialización y Ventas, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

CAPITULO 1 - MODELOS Y SU USO

[1.1 Definición](#)

[1.2 Requisitos de un modelo funcional](#)

[1.3 Tipos de modelos](#)

[1.4 Simbología en modelos escritos](#)

[1.5 Modelos cualitativos](#)

[1.6 Modelos cuantitativos](#)

[1.7 Solución de los ejercicios](#)

El uso de modelos, a veces llamado "modelación", es un instrumento muy común en el estudio de sistemas de toda índole. En nuestras consideraciones sobre los sistemas de producción pecuaria los modelos son especialmente importantes porque ellos nos ayudan a comprender el funcionamiento de los sistemas. El empleo de modelos facilita el estudio de los sistemas, aún cuando éstos puedan contener muchos componentes y mostrar numerosas interacciones como puede ocurrir si se trata de conjuntos bastante complejos y de gran tamaño. El trabajo de modelación constituye una actividad técnica como cualquiera otra, y dicha labor puede ser sencilla o compleja según el tipo de problema específico que deba analizarse.

1.1 Definición

Un modelo es un bosquejo que representa un conjunto real con cierto grado de precisión y en la forma más completa posible, pero sin pretender aportar una réplica de lo que existe en la realidad. Los modelos son muy útiles para describir, explicar o comprender mejor la realidad, cuando es imposible trabajar directamente en la realidad en sí.

Por ejemplo, si quisiera explicar lo que es un hipopótamo, se le podría presentar en un dibujo, mejor aún sería una fotografía y todavía mejor, un modelo en tres dimensiones en una escala determinada. Para ciertos fines esto sería mucho más fácil que trasladarse al Africa para ver un hipopótamo en su ambiente natural.

1.2 Requisitos de un modelo funcional

Un modelo funcional es un instrumento que sirve a su propósito en forma adecuada y que deja satisfecho al utilizador. Un buen modelo funcional toma en cuenta todos los factores esenciales e ignora por completo los detalles superfinos. Por eso, es de suma importancia disponer de un propósito muy claro y preciso antes de comenzar a elaborar el modelo.

Los requisitos primordiales para construir cualquier modelo son:

- Un propósito claramente definido.
- Identificar las consideraciones esenciales (incluir en el modelo).

- Desechar consideraciones superfluas (estas son fuente de confusión).
- El modelo debe representar la realidad en forma simplificada.

1.3 Tipos de modelos

Hay diversos tipos de modelos en uso y difieren entre ellos según el propósito que se persiga. La diversidad va desde el más básico modelo físico como ser una estatua o maqueta, hasta modelos muy complicados que sólo pueden utilizarse empleando ordenadoras muy poderosas.

El modelo más común en análisis de sistemas agropecuarios probablemente sea la representación gráfica de un conjunto, en el cual el modelo lo representa un dibujo. Para crear este tipo de modelo es suficiente tener unas hojas de papel, un lápiz, un borrador de goma, una calculadora sencilla, y una persona con conocimientos técnicos, interés, energía y mucha imaginación.

Un modelo gráfico bien hecho, según los requisitos mencionados recién, tiene varias ventajas las que permiten obviar la lectura de numerosas páginas de explicación escrita y muchas horas de charlas.

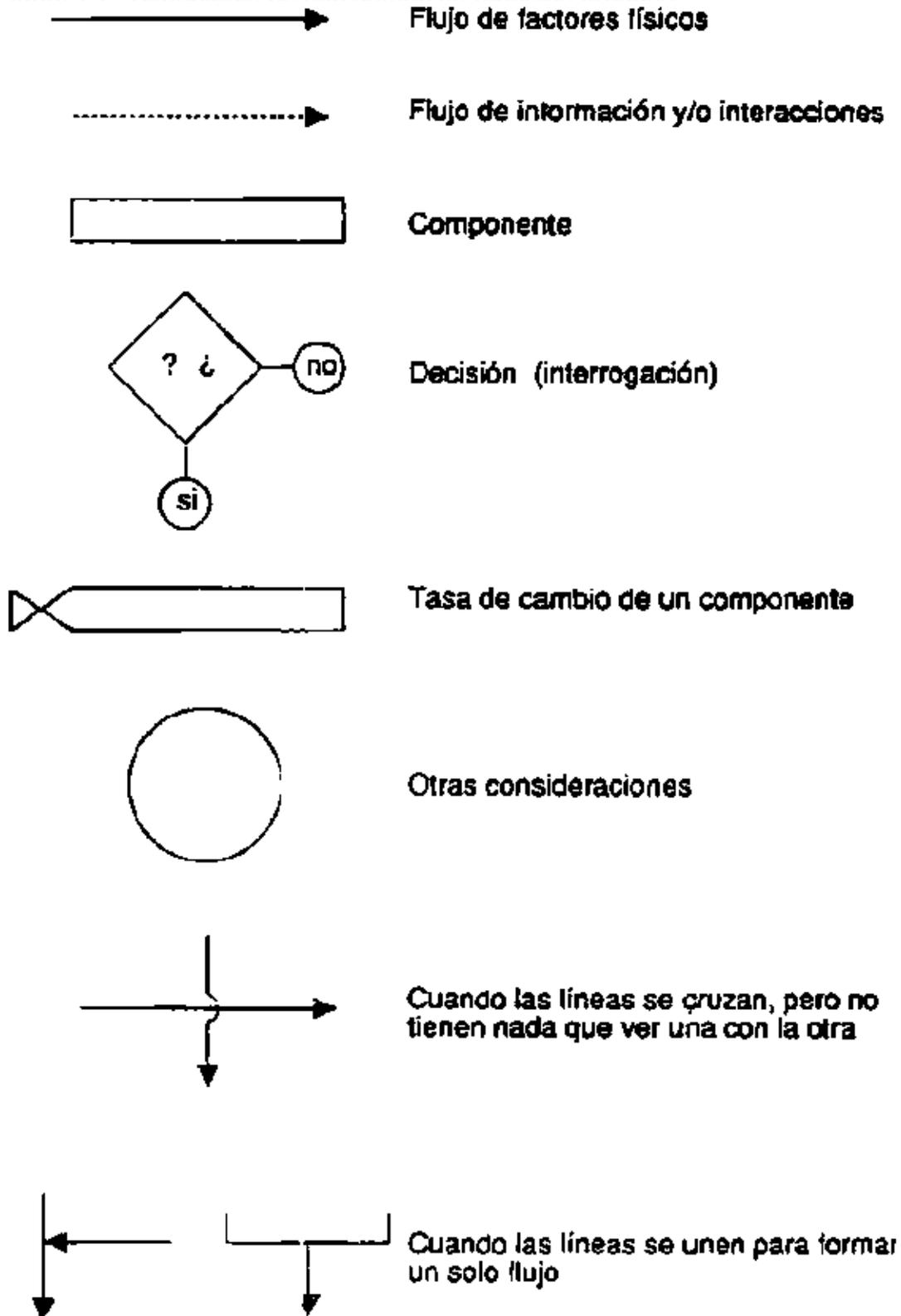
Las ventajas de un modelo gráfico son:

- Todos los rasgos esenciales están expuestos. La estructura y el contenido del modelo son percibidos con claridad y precisión. El propósito del modelo se percibe netamente.
- Es una representación física que no se altera fácilmente. El modelo no requiere ser memorizado y puede replicarse fácilmente cuando es necesario utilizarlo. Es una manera muy fácil y rápida de transferir a otras personas -a través del tiempo y del espacio - ideas y conceptos.
- La representación elaborada no puede ser modificada; el concepto representado tiene que ser constante. Si las condiciones cambian quizás será preciso construir un nuevo modelo, pero eso no invalida el modelo original.

1.4 Simbología en modelos escritos

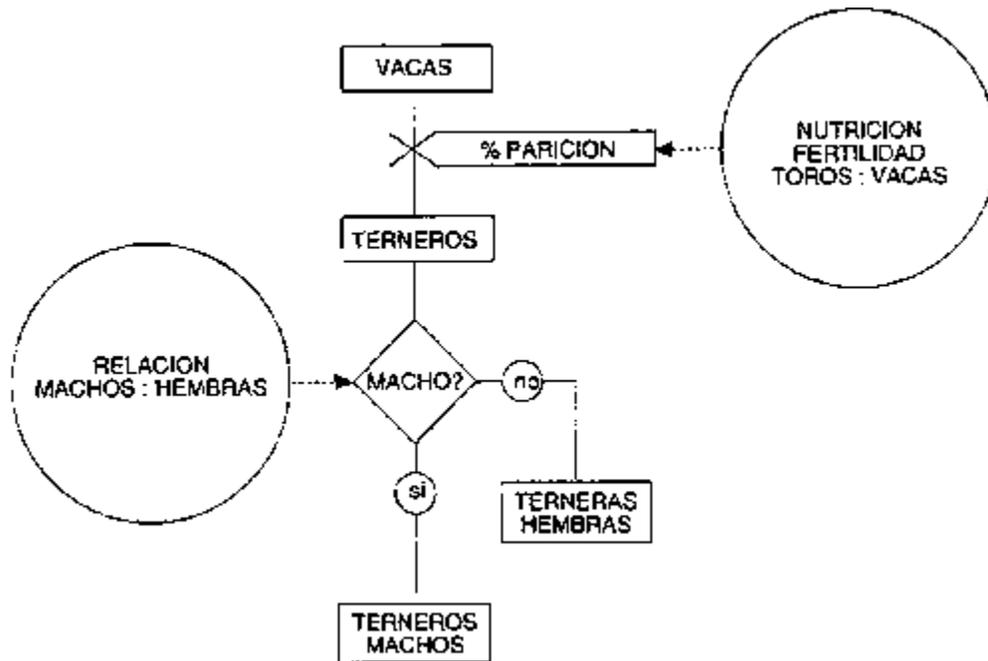
Existen diferentes convenciones de uso común en la construcción de modelos gráficos. Como guía podemos definir las siguientes expresiones que se ilustran en la Figura 1.1.

Figura 1.1 - Simbología de uso común en modelos gráficos.



La Figura 1.2 muestra el uso de símbolos necesarios para crear modelos sencillos y poder determinar así los factores que afectan el número de machos nacidos en un hato de vacas.

Figura 1.2 - Ejemplo de expresiones utilizadas en modelos gráficos; modelo para determinar los terneros machos recién nacidos.



1.5 Modelos cualitativos

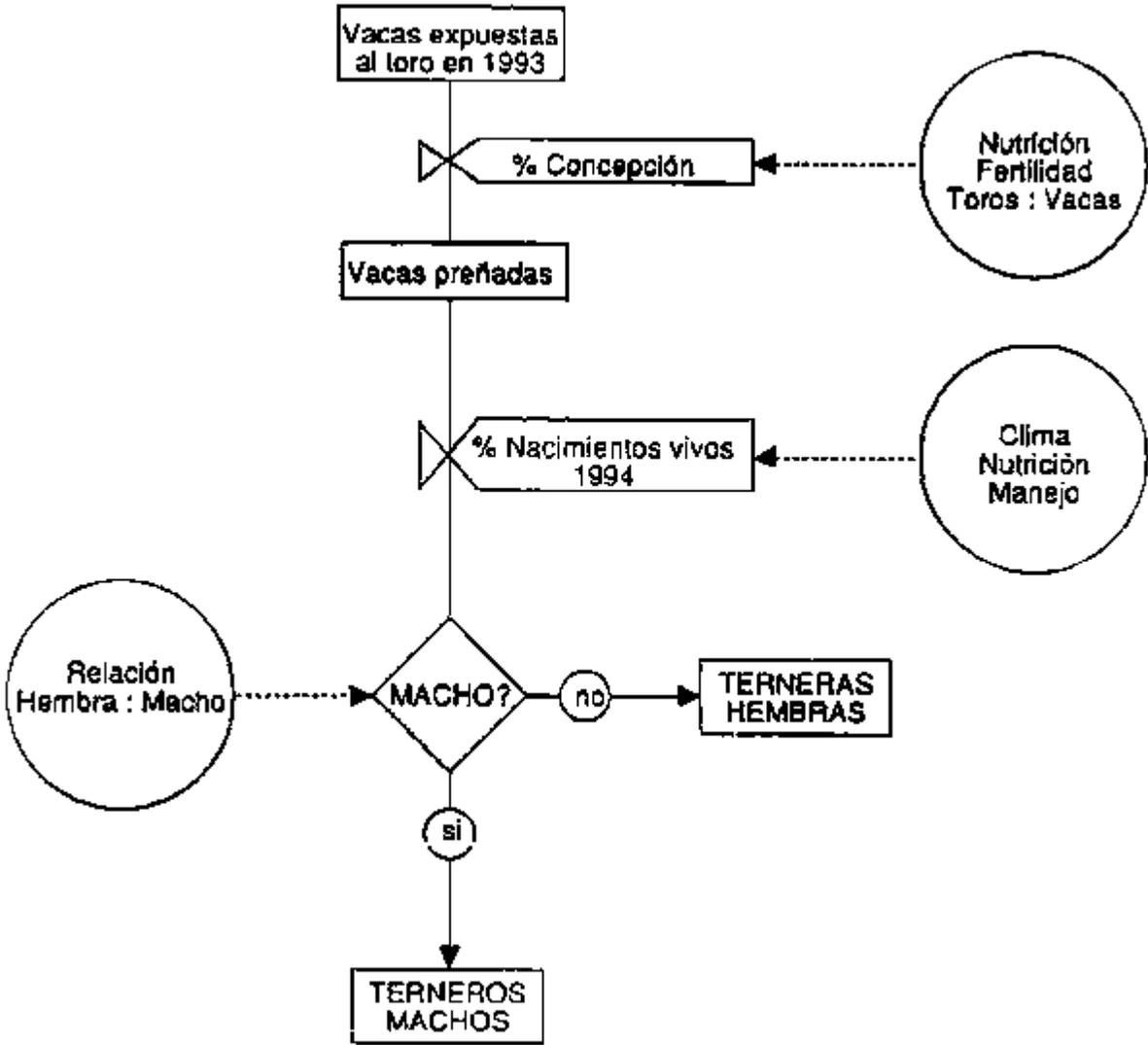
Los modelos cualitativos determinan, de manera general, las relaciones entre diferentes factores o componentes del sistema. Estos modelos no pretenden cuantificar dichas relaciones sino solamente facilitar el entendimiento de cómo funciona el proceso específico que nos interesa. Al construir modelos gráficos, es aconsejable comenzar en forma sencilla para luego ampliar el modelo y poder incluir todos los factores esenciales. Es así como finalmente se puede describir el proceso específico que nos interesa con todo el detalle necesario para cumplir el propósito del análisis. La modelación es una actividad creativa, interesante y de mucha utilidad. A continuación presentamos tres tipos de modelos cualitativos que se utilizan en el análisis de sistemas de producción animal.

1.5.1 Procesos biológicos

Los sistemas pecuarios involucran diferentes procesos biológicos, que podemos identificarlos tanto a nivel celular (ej. secreción de leche en la glándula mamaria), como en aspectos de manejo de un hato completo de animales (ej. productividad del hato). Debido a las interacciones entre componentes del sistema, generalmente es preciso comenzar el estudio analizando los diversos procesos biológicos por separado, antes de poder intentar comprender el funcionamiento del todo el sistema en su conjunto.

Por ejemplo, si queremos determinar los factores que afectan el número de terneros machos que nacen en el año en un hato de carne, como ampliación de las ideas dadas en la Figura 1.2, se podría indicar los siguientes factores: número de vacas preñadas, número anual de vacas que paren una cría viva, y la relación hembra/macho en los terneros nacidos. Para tratar de explicar por escrito cómo estos factores influyen conjuntamente en la determinación del número de machos nacidos; se requeriría redactar un texto bastante largo, complicado de leer y que fácilmente podría ser mal interpretado. Es por ello que resulta preferible el desarrollar un modelo cualitativo como el descrito en la Figura 1.3.

Figura 1.3 Modelo para determinar el número de terneros machos nacidos vivos en un hato en 1994 (expansión de la Figura 1.2).



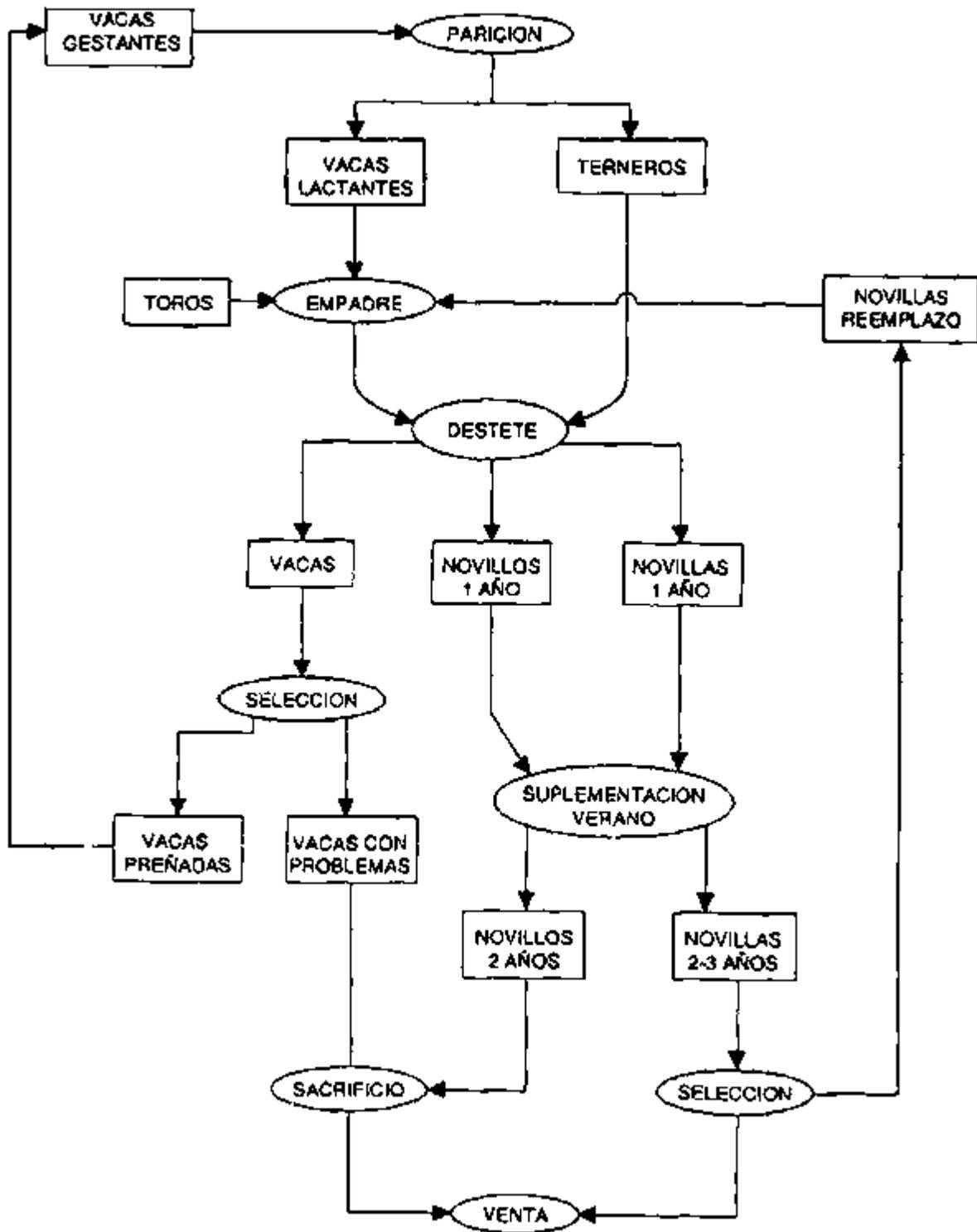
La Figura 1.3 podría ser ampliada aún más para incluir todos los factores que afectan el porcentaje de concepción y el porcentaje de nacimientos vivos.

Ejercicio: Dibujar un modelo cualitativo para la determinación del número de cochinitos destetados anualmente por cerda, en una explotación intensiva.

1.5.2 Flujo de ganado

El modelo ilustrado en la Figura 1.3 hace referencia solamente a una pequeña parte del sistema. Imaginemos ahora que quisiéramos explicar el funcionamiento de todo un hato de carne, para que esto nos permita entender los flujos (movimientos) de animales entre las diferentes categorías o clases de ganado. Al describirlo en palabras sería preciso escribir varias páginas, pero utilizando un modelo cualitativo esto resulta mucho más sencillo y claro; en este caso la representación gráfica se denomina diagrama de flujo (Figura 1.4).

Figura 1.4 Diagrama de flujo de ganado en el hato de carne de la Escuela Centroamericana de Ganadería, Costa Rica (1984).



Aunque la Figura 1.4 es una simplificación de la realidad, esta representación nos da no obstante, una buena idea de cómo funciona el sistema. Los puntos críticos o procesos

biológicos que regulan los flujos de animales se identifican claramente en la Figura 1.4 (ej. parición, empadre, destete, selección de vacas viejas, selección de hembras de reemplazo, sacrificio, venta). Cada uno de estos componentes pueden ser extraídos del modelo completo para entender mejor como funcionan los elementos que lo componen.

Ejercicio:

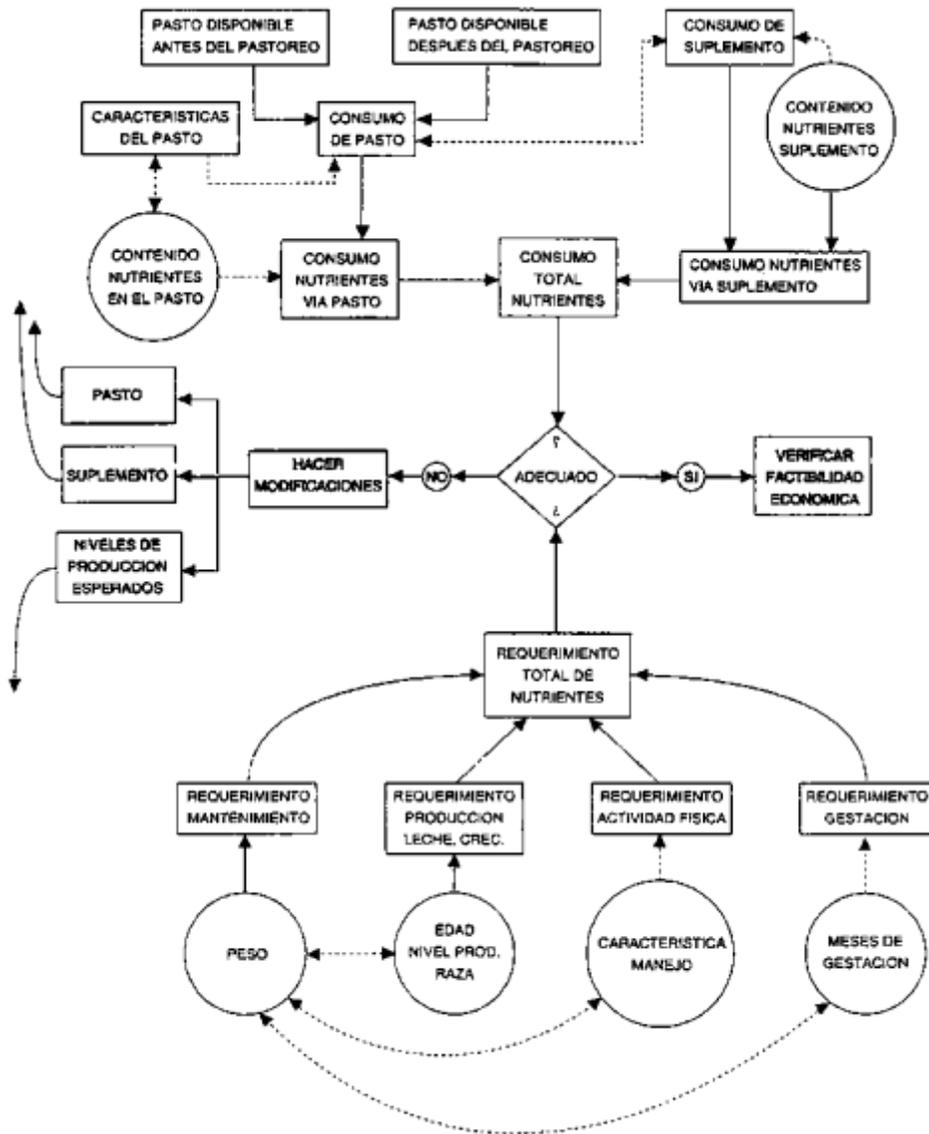
Controle si Ud. comprende bien el contenido de esta representación; para ello trate de modificar la Figura 1.4 preparando un gráfico que permita:

- a) Ilustrar un hato que vende novillos a 4 años de edad.*
- b) Ilustrar un hato que vende todas las crías al destete y compra hembras de reemplazo.*

1.5.3 Modelos empleados en procesos metodológicos.

Como último ejemplo de un modelo cualitativo, consideremos el caso al emplearlos trabajando con una metodología, proceso que no incluye artículos físicos, sino que maneja conceptos y símbolos que los representan. Tomemos el ejemplo del problema de balancear la alimentación de un grupo de animales determinado (Figura 1.5). Existen muchas metodologías y "sistemas" para calcular raciones, no obstante los fundamentos son similares. Es importante notar cómo una representación gráfica nos ayuda a comprender mejor el proceso que empleamos. La Figura 1.5 hace resaltar una excesiva simplificación de la realidad en la representación propuesta, ya que en ella no aparecen indicadas las interacciones entre el peso vivo, la condición fisiológica del animal y su consumo voluntario de materia seca diaria. Sin embargo debido a la gran importancia de estas interacciones en los resultados prácticos, es imperativo incluirlas. La Figura 1.5 ilustra esta flaqueza y exige un nuevo examen de la metodología propuesta.

Figura 1.5 Ejemplo de un modelo para explicar el uso de una metodología: simplificación de un método para balancear la alimentación de una determinada clase de animal.



Las interacciones entre el consumo de pasto y del suplemento (Figura 1.5), ilustran el efecto de sustitución que puede ocurrir en algunas circunstancias. Por ejemplo, el único efecto de ofrecer suplementación alimenticia al ganado es reducir la ingestión de pasto. Como la suplementación no permite compensar con un incremento de la carga animal, ella no tendrá un gran beneficio y sería antieconómica. La construcción de modelos cualitativos de este tipo es de gran utilidad ya que permite examinar posibles interacciones entre componentes del sistema y decidir si son lo suficientemente importantes como para ser tomadas en cuenta.

1.6 Modelos cuantitativos

Después de desarrollar un modelo cualitativo que represente adecuadamente la realidad, podemos proceder a incluir números y expresiones matemáticas para convertirlo en un modelo cuantitativo. Este paso ayuda a refinar el modelo conceptual al intentar de introducir valores numéricos a todos los factores incluidos en el modelo. Cuando falta la información numérica, se puede recurrir a tres acciones como paliativo a estas restricciones:

- i) Modificar el modelo cualitativo conforme para incluir sólo los datos disponibles.
- ii) Introducir valores supuesto, basándose en la experiencia personal y en referencias bibliográficas.
- iii) Determinar los valores numéricos requeridos, por medio de un estudio específico de la situación en cuestión.

1.6.1 Terneros nacidos

Tomemos el ejemplo del modelo cualitativo para determinar el número de machos nacidos vivos (Figura 1.3) formulando las relaciones algebraicas siguientes:

Número de vacas expuestas al toro en 1993	= V
Proporción que conciben	= C
Proporción de nacimientos vivos	= N
Proporción de machos nacidos	= M
Número de machos nacidos vivos	= MNV

Entonces: **$MNV = V * C * N * M$**

Esta fórmula sirve para cualquier valor de las variables V, C, N y M y es un verdadero modelo matemático.

Supongamos que 154 vacas hayan sido expuestas al toro en 1993, y de ellas, 70% resultaron preñadas. Esto nos da un total de 108 vacas preñadas ($154 * 0,7 = 108$). Si un 10% de aquellas pierden sus crías por absorción del feto, aborto o nacimiento muerto, significa que las restantes en el 90%, o sea 97 vacas ($108 * 0,9 = 97$) produjeron una cría viva. Si dentro de éstas 97 crías que nacieron existe una relación de 45% de machos y 55% de hembras, entonces el número de machos nacidos vivos es de 44 ($97 * 0,45 = 44$).

El cálculo es el siguiente:

$$\begin{array}{cccccc} 154 * 0,70 * 0,90 * 0,45 = & 44 & & & & \\ (V) & (C) & (N) & (M) & (MNV) & \end{array}$$

Ejercicios:

a) Desarrollar una fórmula (modelo matemático) para determinar la carga animal de una finca en Unidades Animales (UA) por ha utilizando las siguientes variables:

Superficie de pastos	= H
Número de vacas	= V
Numero de toros	= T
Número de ganado menor	= G

Los valores de equivalencia en términos de Unidad Animal (UA) para las diferentes categorías animales son los siguientes:

Vacas	1,00 UA
Toros	1,20 UA
Ganado menor	0,40 UA

b) Utilice la fórmula desarrollada en la parte (a) para calcular la carga animal de la siguiente finca:

Superficie de pasto	= 140 ha
Número de vacas	= 107
Número de toros	= 6
Número de ganado menor	= 93

1.6.2 Flujo de ganado en un hato

Para poder cuantificar un diagrama de flujo como lo expuesto en la Figura 1.4, se requiere disponer de información sobre el caso específico. En el ejemplo siguiente vamos a determinar la cantidad de terreno y la producción anual de un hato de carne estable empleando la información relativa a las características presentadas en el Cuadro 1.1.

Cuadro 1.1 - Características de un hato de carne requeridas para elaborar un modelo cuantitativo a partir de un modelo cualitativo.

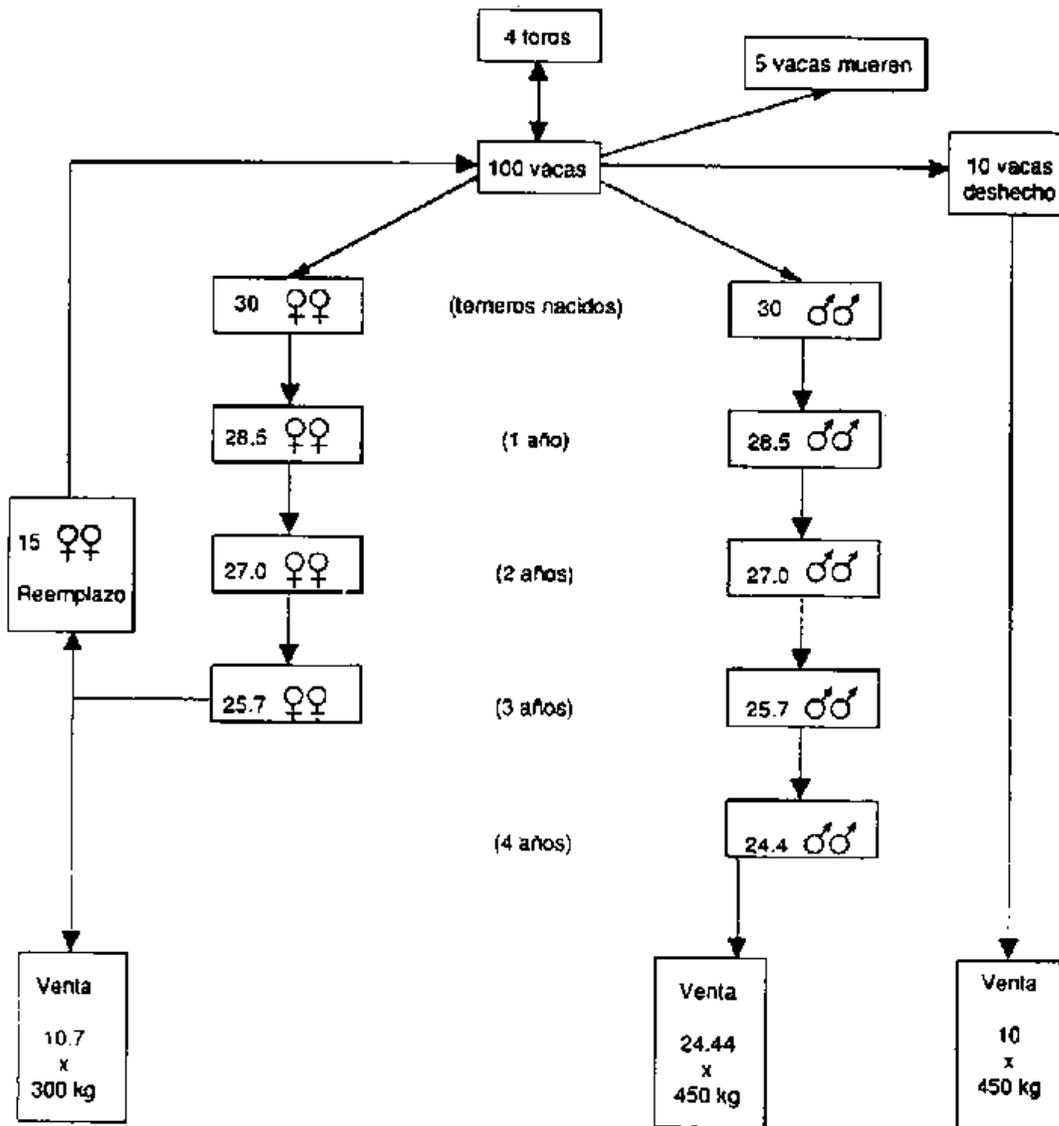
100 vacas y novillas a cubrir cada año.
 15% de reemplazo de vacas viejas.
 60% de parición
 5% de mortalidad anual en todas las categorías de ganado.
 Venta de machos: 4 años de edad y con 450 kg PV.
 Vacas de desecho: 450 kg PV.
 Edad primer servicio (empadre) de novillas: 3 años.
 Venta de novillas excedentes a 3 años y con 300 kg PV.
 Carga animal promedio durante todo el año 1,5 UA/ha.
 Con una Unidad Animal (UA) de 450 kg PV, usar las siguientes relaciones:
 Vaca adulta = 1,0 UA
 Toro reproductor = 1,3 UA
 Ganado Menor:

0-1 años = 0,3 UA
1-2 años = 0,5 UA
2-3 años = 0,6 UA
3-4 años = 0,8 UA

Los valores equivalentes expresados en unidades UA citadas anteriormente sólo sirven para este ejemplo específico ya que fueron determinadas según el peso vivo estimado en las diferentes categorías de ganado, tomando en cuenta las características del sistema. En sistemas más intensivos con tasa de crecimiento rápido, un novillo de 18 meses podría equivaler a 1,0 UA con un PV de 450 kg. Estas equivalencia no se deben tomar como Coeficientes Universales; hay que hacer hincapié sobre su empleo, explicando el por qué de su uso y el cómo de su cálculo. El uso del concepto de Unidades Animales es un ejemplo clásico que causa confusión cuando no se especifica correctamente el sistema particular al cual se refiere.

Tomando los datos del Cuadro 1.1 es posible construir el modelo cuantitativo. Básicamente esto requiere introducir los valores numéricos al modelo cualitativo ilustrado anteriormente (Figura 1.4) para producir la Figura 1.6.

Figura 1.6 Modelo cuantitativo de un hato de carne usando los datos del Cuadro 1.1.



Vuestra comprensión del contenido expresado en la Figura 1.6 puede verificarse respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿De donde vienen los 30 terneros machos y los 30 terneros hembras? ($100 \text{ vacas} \times 60\% \text{ parición} = 60 \text{ terneros}$, se presume igual número de hembras que de machos).
- ¿Como sabemos que mueren 5 vacas durante el año? (La mortalidad en todas las clases de ganado se presume ser de 5% de allí que, $100 \times 5\% = 5$).
- ¿Con cuantas novillas de 3 años de edad cuenta el ganadero anualmente para escoger sus reemplazos?
(Cuenta con 25,7. De las 30 terneras nacidas, 1,5 mueren antes de cumplir un año de edad (tasa de mortalidad general presumida a 5%) lo que deja 28,5 de un año de edad.

Antes de cumplir 2 años, mueren 1,5 unidades más, lo que deja 27 al término de 2 años. Luego durante su tercer año de vida mueren 1,3 unidades más, o sea: $30 - 1,5 - 1,5 - 1,3 = 25,7$).

d) ¿Cuántas novillas excedentes se vende cada año? (Se vende 10,7 novillas excedentes. De las 25,7 disponibles, se requieren 15 para reemplazos, entonces: $25,7 - 15 = 10,7$).

e) ¿Cómo se determinan los 15 reemplazos requeridos? ($100 \text{ vacas} * 15\% \text{ de reemplazo} = 15 \text{ novillas}$).

f) ¿Cuántas vacas viejas se vende como descarte cada año? (Se vende 10 vacas viejas. Esto se calcula como sigue: con un 15% de reemplazo, 15 vacas salen del hato cada año. Sin embargo, 5 de estas salidas son causadas por mortalidad ($100 * 5\% = 5$), entonces $15 - 5 = 10$ es el número de vacas disponibles para la venta).

Nota: No se consideran el flujo de los toros reproductores; se presume que su compra y venta (reemplazo) son iguales en términos de producción de PV.

Ahora que las bases del modelo cuantificado (Figura 1.6) han sido restablecidas en forma adecuada es posible proceder con las dos preguntas originales.

- ¿Cuál es la producción anual del hato?
- ¿Cuánto terreno ocupa el hato?

El hato produce un total de 18.708 kg PV anual (Cuadro 1.2), lo cual equivale a 93,73 kg/UA/año.

Cuadro 1.2 - Cálculo de UA equivalentes totales y producción anual del hato representado en la Figura 1.6

Ganado Presente	Número	UA Equivalente	UA Total
Vacas	100,0	1,0	100,0
Toros	4,0	1,3	5,2
Terneros	57,0	0,3	17,1
Novillos 1-2 años	27,0	0,5	13,5
Novillos 2-3 años	25,7	0,6	15,4
Novillos 3-4 años	24,4	0,8	19,5
Novillas 1-2 años	27,0	0,5	13,5
Novillas 2-3 años	25,7	0,6	15,4
Total Cabezas	287,2		Total 199,6
Producción del hato por año			
Venta Animales	Número	Peso Vivo, PV (kg)	PV Vendido
Novillos	24,4	450	10.998
Novillas excedentes	10,7	300	3.210
Vacas viejas	10,0	450	4.500

Total			18.708
--------------	--	--	---------------

El Cuadro 1.2 indica que el hato está compuesto en promedio por 287,2 cabezas, y esto equivale a 199,6 UA a través del año. Obviamente esto es una gran simplificación porque los nacimientos, muertes y cambios de clase de ganado generalmente no se distribuyen uniformemente a lo largo del año.

Para determinar cuanto terreno ocupa el hato, es necesario saber la carga animal que permite este nivel de producción. Con una carga animal de 1 UA/ha el hato requiere 199,6 ha. En este caso específico (Cuadro 1.1), con una carga animal de 1,5 UA/ha el hato requiere 133,07 ha ($199,6/1,5 = 133,07$).

Basado en estos últimos datos se puede indicar que la producción anual de este rebaño es de:

- 18.708,00 kg de peso vivo por año, que equivale a:

- 93,72 kg/UA/año o bien,
- 140,60 kg/ha/año.

El uso de modelos cuantitativos de este tipo es sumamente útil para investigar las relaciones entre diferentes parámetros de producción y el impacto comparativo de ellos sobre el comportamiento biológico del sistema. Por ejemplo, se pueden introducir diferentes valores de mortalidad, fertilidad, crecimiento, carga animal, etc. para determinar las probables consecuencias de estas modificaciones que se está considerando introducir. Es perfectamente factible hacer este tipo de simulación con calculadora y lápiz, sin embargo, hoy en día es preferible utilizar, de manera rápida y exacta, un programa informático para comparar los efectos de las diversas combinaciones de parámetros.

Ejercicio: Teniendo en cuenta que el hato descrito en el Cuadro 1.1 y 1.2 y en la Figura 1.6, de todos los parámetros indicados modifique solamente el porcentaje de parición aumentándolo a 90%, y calcule los siguientes datos:

- a) Número de novillos vendidos por años.
- b) Número de novillas excedentes vendidas por año.
- c) Número de vacas viejas vendidas por año.
- d) Peso vivo total producido por año.
- e) Peso vivo producido por Unidad Animal, por año.
- f) El terreno necesario para mantener el hato al usar valores de carga animal de 1,0 UA/ha y 1,5 UA/ha.

1.7 Solución de los ejercicios

1.5.1 El dibujo debe incluir el número anual de partos por cerda y los factores que afectan este parámetro (ej. período parto a destete, servicios por concepción, nutrición, manejo de machos, etc.), así como el número de cochinitos nacidos vivos en cada parto y la mortalidad entre parto y destete.

1.5.2

a) Al incorporar dos nuevos grupos de novillos, los de 2 a 3 años y los de 3 a 4 años, ¿dónde pasan el verano estos grupos?

b) Considerar los efectos de:

- eliminar todos los animales post-destete a través del proceso de venta;
- incluir un nuevo proceso llamado "compra" para incorporar las hembras de reemplazo.

1.6.1 Tomando en cuenta las categorías vacas (V), toros (T) y ganado menor (G)

a) Carga Animal = $[(V * 1,0) + (T * 1,2) + (G * 0,4)]/H$.

b) Carga Animal = 1,08 UA/ha.

1.6.2

a)	36,7 novillos vendidos.
b)	23,6 novillas excedentes.
c)	10,0 vacas viejas.
d)	28,095,0 kg PV producto total.
e)	113,6 kg PV/UA/año.
f)	247,2 ha en carga animal de 1 UA/ha;
	164,8 ha en carga de 1,5 UA/ha.

Para resolver este problema (y otras modificaciones que se quisieran investigar) es aconsejable preparar cuadros similares al Cuadro 1.2 de la siguiente manera:

Cuadro 1.3 - Cálculo de valores equivalentes en UA totales y producción anual del hato representado en la Figura 1.6, modificado a 90% parición.

Ganado Presente	Número	UA Equivalente	UA Total
Vacas	100,0	1,0	100,0
Toros	4,0	1,3	5,2
Terneros	85,5	0,3	25,6
Novillos 1-2 años	40,6	0,5	20,3
Novillos 2-3 años	38,6	0,6	23,2
Novillos 3-4 años	36,7	0,8	29,4
Novillas 1-2 años	40,6	0,5	20,3
Novillas 2-3 años	38,6	0,6	23,2
Total Cabezas	384,6		247,2

Producción del hato por año

Venta Animales	Número	Peso Vivo, PV (kg)	PV Vendido
Novillos	36,7	450	16.515
Novillas excedentes	23,6	300	7.080
Vacas viejas	10,0	450	4.500
Total			28.095

CAPITULO 2 - EFICIENCIA BIOLOGICA

[2.1 Eficiencia general](#)

[2.2 Definición de eficiencia](#)

[2.3 Indicadores de eficiencia](#)

[2.4 Eficiencia "alta" y "baja"](#)

[2.5 Consideraciones importantes en la estimación de eficiencia.](#)

2.1 Eficiencia general

Los términos: "eficiente", "ineficiente", "alta eficiencia", son vocablos de uso común en nuestro lenguaje habitual. Se suele escuchar frases como: "hay que aumentar la eficiencia de la ganadería", "la finca de Pedro es mucho más eficiente que la de Miguel", "quiero conseguir una secretaria más eficiente".

Puesto que frases como éstas se usan a diario no debería ser difícil definir la palabra "eficiencia". Pero en efecto: *¿Qué significa esta palabra?* Es sin duda un concepto sobre el cual debemos reflexionar. *¿Podría dar una definición de lo que representa para Ud. el término "eficiencia"?*

2.2 Definición de eficiencia

Con mucha frecuencia el concepto de eficiencia es mal interpretado. Así una herramienta muy útil y poderosa, que puede ser empleada correctamente en campos y ocupaciones las más diversas, puede transformarse en un instrumento que genera indicadores totalmente artificiales. Una definición de "eficiencia" es la siguiente:

"La eficiencia es la relación entre un ingreso y un egreso; entre una entrada y una salida; entre un recurso y un producto"

La expresión en cualquiera relación de eficiencia toma la forma de una proporción: un ingreso dividido por un egreso, y se presenta en forma matemática de la siguiente forma:

$$F = E/I$$

donde: F = eficiencia

I = ingreso especificado

E = egreso especificado

Ejemplo 1:

¿Cuál es la eficiencia de utilización de combustible de un automóvil que recorre 240 km y utiliza 12 litros de gasolina?

Respuesta:

$$F = 240/12 = 20 \text{ km/litro.}$$

Ejemplo 2:

¿Cuál es la eficiencia mecanográfica de una secretaria, que escribe a máquina un informe de 5.000 palabras en 20 minutos?

Respuesta:

$$F = 5.000/20 = 250 \text{ palabras/minuto.}$$

Estos ejemplos permiten ilustrar el significado del término "eficiencia", sin discutir todavía el rango de valores referentes a una baja o alta eficiencia.

2.3 Indicadores de eficiencia

Al calcular la eficiencia es importante especificar exactamente cuales son los elementos empleados para evaluar el resultado a través de una relación de sus valores. También es necesario definir las unidades usadas para medir los valores de estos elementos (ej: cantidades de ingreso y egreso estipulados en una ecuación).

Por ejemplo, nuestra primera reacción al escuchar que se dice que un automóvil recorre 500 km con un litro es de total incredulidad; esto se debe a que "hemos supuesto" que este consumo se refería al combustible (gasolina), lo cual sería imposible. Pero si se especifica que es el consumo en lubricante (aceite) entonces esta información nos parece razonable.

Especificar que "la vaca produce 3 litros de leche por kilo de alimento" es técnicamente inapropiado sin aportar detalles sobre el alimento suministrado, ej. pasto, concentrado con 14% de proteínas, concentrado con 18% de proteínas, etc.

¿Cuales son las deficiencias de las siguientes expresiones de eficiencia que causarían confusiones al ser usadas?

La carga animal anual es de 2,5 vacas; (no se indica la unidad de superficie).

La producción de leche es de 10 litros por vaca; (no se indica ni el período, ni el ordeño por día, ni la categoría de vacas incluida).

Las relaciones entre valores no pueden ser consideradas como un indicador de eficiencia si no se explica claramente a qué elementos (variables en términos matemáticos) se refiere, a qué período se está aludiendo y qué unidades se utilizaron para establecer la relación numérica.

2.3.1 Unidades diferentes

Existen ciertas medidas de eficiencia que expresa el valor del numerador y denominador de la relación en unidades diferentes; por ejemplo, km/litro; litro/kg; kg/ha; vacas/ha, etc.

¿Puede Ud. dar otros ejemplos de "indicadores de eficiencia" y sugerir para qué y cómo se les podría utilizar?

Ejemplo: Litros/ha; horas/ha; ha/hora; días/kg; kg/día; metro/kg.

Tomando en cuenta el primero, por ejemplo litros de leche por hectárea por año, este indicador podría definir la eficiencia de producción de leche en función de la superficie del terreno disponible. Este indicador señala el nivel de habilidad en el manejo de los componentes terreno-producción de pasto y uso de potreros-vaca. Para utilizar esta medida de eficiencia es necesario especificar otros factores, como el consumo de concentrados, y otras fuentes de alimento que deben ser tomadas en cuenta para no sobre-estimar la eficiencia de utilización de pasto.

2.3.2 Unidades idénticas

Al considerar el crecimiento de un novillo que come 8 kg de materia seca (MS) por día, y aumenta su peso vivo (PV) en 1 kg por día, la eficiencia de conversión de MS a PV es la siguiente:

$$F = [1 \text{ kg PV/día}]/[8 \text{ kg MS/día}].$$

$$F = 0,125 \text{ kg PV/día por cada kg de MS consumido por día.}$$

Ya que la expresión "por día" ocurre tanto en el numerador como en el denominador de la ecuación, se cancela; por ello simplemente se escribe:

$$F = 0,125 \text{ kg PV/kg MS.}$$

En otras palabras, por cada kg de MS ingerido por el novillo, este aumenta 0,125 kg.

Se puede simplificar la relación aritmética aún más al eliminar la unidad "kg" que también ocurre tanto arriba como abajo de la expresión, dando por resultado la relación numérica de:

$$F (\text{MS a PV}) = 0,125$$

También se puede representarla como un porcentaje, al multiplicarla por 100 y así referirla a una base de comparación que vale 100:

La eficiencia de la transformación del alimento consumido, MS en el producto, PV muestra un valor de conversión de 12,5%.

Una eficiencia porcentual como ésta evita la necesidad de especificar las unidades (libras, gramos, kg, quintales, etc.) pero habrá que recordar que esto presupone implícitamente que, las condiciones de valoración de ambos elementos de la proporción, sean idénticas. Es una manera muy útil para describir eficiencias cuantificadas y puede ser usada en

todos los casos cuando el numerador y denominador (ingreso y egreso) están expresados en unidades idénticas, y que el período de medición es el mismo.

Ejemplo:

¿Qué significa porcentaje de parición en un hato de vacas?

[N°. de vacas paridas]/[N°. de vacas expuestas a toro].

¿Cuáles son las unidades? (vacas)

¿Son idénticas? (sí)

Puesto que este indicador cumple con los dos requisitos indicados más arriba, su valor puede ser expresado en forma de porcentaje.

¿Puede Ud. sugerir otros ejemplos?

Ejemplos:

- kg de cosecha/kg fertilizante,
- kg de leche/kg concentrado,
- litros de leche/litro de agua,
- animales muertos/animales en el hato,
- lechones destetados/cerdas de cría.

2.4 Eficiencia "alta" y "baja"

La calificación del término eficiencia con las palabras "alta" y "baja" deben ser empleada con gran cuidado. Hay que tener muy presente que el concepto de "eficiencia" se refiere a una relación entre elementos y que las circunstancias en que se establece la relación tienen una alta especificidad; debido a esto el término "en sí" es muy relativo, y lo es aún más cualquier valor que se le pueda atribuir catalogándolo como "bueno" o "bajo". Hace 50 años si una gallina era capaz de producir 45 huevos/año se consideraba que demostraba una buena eficiencia, en cambio ahora cualquier gallina que da menos de 180 huevos por año se la cataloga como de "baja" eficiencia.

Un tractor de 300 caballos de fuerza se puede considerar muy eficiente en términos de hectárea cultivada/hora, pero muy ineficiente en términos de costo/ha, en comparación con otros métodos, como la tracción animal.

También se utiliza la expresión de eficiencia para hacer comparaciones entre sistemas, métodos de manejo, etc. Sin embargo, es necesario ser muy explícito en las condiciones que se aplican para calcular la eficiencia.

Las frases subjetivas como "esta finca tiene baja eficiencia" o "los tractores son más eficientes que los bueyes", no tienen ningún sentido, si no se explica a qué elementos y bajo que condiciones de funcionamiento, se refieren estos comentarios.

2.5 Consideraciones importantes en la estimación de eficiencia.

Para que una medida de eficiencia sea útil ella debe ser calculada por medio de un procedimiento "tipo" y específico a cada caso. Al ceñirse a este procedimiento se garantiza una base de referencia aceptada en la comunidad técnica y cuyos valores pueden utilizarse para interpretar el significado de los valores que se calculen al analizar los sistemas.

2.5.1. El proceso o sistema

Cuando se considera un proceso biológico, aunque a primera vista este aparezca como sencillo, la mayoría de ellos son bastante complejos si se precisa analizar su funcionamiento. Para facilitar el análisis será preciso aportar un mínimo de descripciones específicas. Por ejemplo, si se calcula la eficiencia para convertir el alimento en leche que caracteriza al comportamiento de una vaca, es necesario especificar el tipo de vaca (raza, edad, partos, etapa de lactación, manejo, etc) y el tipo de alimento (digestibilidad, contenido de energía, materia seca, porcentaje de proteínas).

A pesar de que el uso de los depósitos de grasa corporal de una vaca podría ser de mucha importancia en ciertas etapas de la lactación, ellos son difícil medir. Debido a esta restricción ellos podrían ser omitidos en el análisis de eficiencia del uso de alimentos, lo cual falsearía la estimación del indicador de eficiencia. No obstante, si el usuario conoce que existen limitaciones como estas, esto le permitirá evaluar la utilidad de este indicador para el uso específico en su caso particular - ya que si bien este indicador presenta deficiencias de precisión - probablemente sea mejor usar una herramienta cuyas limitaciones conocemos, que aceptar ignorar toda estimación de la eficiencia del proceso.

2.5.2 El medio ambiente

Si bien todo sistema funciona dentro de un medio ambiente que lo engloba, no es factible el incluir todos los factores del ambiente que en alguna forma intervengan en su funcionamiento. Por ejemplo, al estudiar sistemas pecuarios se parte del supuesto que el oxígeno atmosférico se encuentra en cantidad suficiente para funcionar normalmente; si no se le incluye como un factor dentro del análisis, esto no implica que tenga poca importancia sino simplemente que el oxígeno no es un factor limitante.

Al igual modo, la topografía, temperatura, la radiación solar, etc, pueden ser tomadas como "adecuadas", sin embargo, en ciertas situaciones es necesario especificar claramente las características del ambiente o el contorno donde se calcula la eficiencia.

2.5.3 Período de tiempo

La eficiencia puede ser calculada en cualquier período (día, semana, mes, año, lactación, ciclo biológico, etc.). El indicador de eficiencia es específico para el período usado en calcularla.

Por ejemplo, no sería útil comparar la eficiencia reproductiva de las ratas con la de los elefantes, utilizando el mismo período de tiempo cronológico (*¿Por qué?*).

Al considerar el período durante el cual se relacionan los valores de ingresos y egresos para calcular un indicador de eficiencia, se debe tomar en cuenta no sólo la cantidad de tiempo (días, años, etc) sino también la "calidad" del tiempo. Esto es particularmente importante en la eficiencia asociada a las actividades agropecuarias, debido a las variaciones de condiciones climáticas en las diversas estaciones del año.

Al calcular la producción de MS de pasto expresada como materia seca por mes (kg/ha/mes), es esencial indicar a que mes se refiere este resultado, debido a las diferencias de precipitaciones y temperaturas que normalmente obedecen a un patrón anual predecible. Por lo tanto es necesario indicar claramente y con exactitud el período que ha sido escogido.

CAPITULO 3 - EFICIENCIA BIOLÓGICA EN LA PRODUCCION ANIMAL

- [3.1 La producción como proceso de conversión](#)
- [3.2 Interpretación de medidas de eficiencia biológica](#)
- [3.3 Uso de diagramas circulares](#)
- [3.4 Uso de un denominar común](#)
- [3.5 La eficiencia de producción en sistemas pecuarios](#)
- [3.6 Relación entre diferentes índices de eficiencia biológica.](#)
- [3.7 Ejercicios y discusión](#)
- [3.8 Soluciones a los ejercicios](#)

3.1 La producción como proceso de conversión

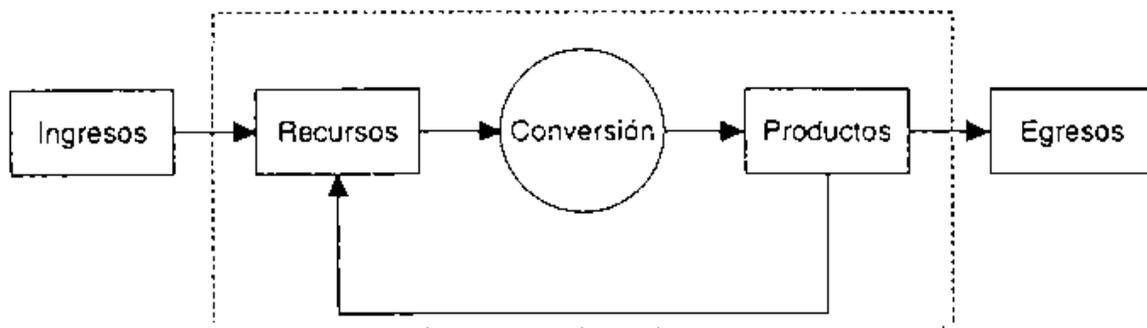
Las leyes de la termodinámica postuladas por N. Carnot indican que en efecto la masa no puede ser creada ni destruida sino que sólo puede cambiar de forma. Alberto Einstein en su ecuación famosa:

$$E = m * c^2,$$

propone la relación cuantificada para la conversión de masa en energía y viceversa. Tal vez Ud piense *¿qué tiene que ver la física y la matemática con la producción animal?*. El estudio de lo que implica la palabra "producción" nos permitirá aclarar el significado conceptual de esta relación.

Consideremos otra pregunta, *¿de dónde provienen los productos de las fincas agropecuarias, y qué significa la palabra producción?* Está claro que debido al proceso de producción se obtiene un producto que no existía anteriormente, pero esto no implica un resultado mágico o un milagro. Según las leyes de física recién citadas, la producción debe ser considerada como un proceso de conversión, a través de una serie de interacciones biológicas (Figura 3.1)

Figura 3.1 - Representación de la producción animal como un proceso de conversión.



El concepto de producción que convierte recursos e ingresos en egresos de un sistema, significa el consumo de los ingresos con relación al tiempo y a la cantidad de producto que egresa. En el caso de la producción de leche, se gasta entre otras cosas: electricidad, gasolina, concentrados, fertilizantes, mano de obra, medicinas y mucha agua (la leche es 85% agua). En realidad, la masa y la energía presente en los egresos del sistema están ya presentes en los ingresos, la única diferencia es que cambian de forma durante el proceso y algunos de los egresos son difíciles de detectar. Por ejemplo, aproximadamente el 8% de la energía consumida por los rumiantes se pierde por expulsión del gas metano, que es un gas que escapa a la atmósfera. Es importante recordar que el metano es uno de los gases responsables por el efecto de invernadero y calentamiento del planeta.

Al focalizar el proceso en su forma conceptual más amplia se debe concluir que no existe "producción", sino conversión. Esto no quiere decir que la actividad pecuaria no tenga valor ni importancia, al contrario. La ganadería convierte recursos que no tienen valor como alimentos para la nutrición del hombre (ej. radiación solar, materia orgánica, minerales, pastos, agua etc), en productos de alto valor nutritivo como son la leche, la carne, los huevos.

3.2 Interpretación de medidas de eficiencia biológica

La eficiencia de un proceso simplemente indica la cantidad de producto que resulta del proceso de transformar una cantidad determinada de ingreso o recurso y convertirlo en un elemento nuevo. Para poder interpretar correctamente cualquier medida de eficiencia, es esencial conocer el propósito que nos anima para calcularla y la fórmula exacta empleada para su computación.

Existen dos propósitos básicos para utilizar indicadores de eficiencias biológicas:

a) **Comparación.** Para comparar distintos procesos o sistemas con el mismo indicador de eficiencia y ordenar su rango de valores de menor a mayor eficiencia según las condiciones prevalentes y conocidas.

Para comparar también los probables efectos de diferentes opciones de modificación consideradas de interés para mejorar el funcionamiento de un sistema determinado. Simultáneamente, determinar estrategias óptimas a prever para la planificación del trabajo.

b) **Comprensión.** Posiblemente el propósito principal sea, como el primer paso en el análisis de la eficiencia total del sistema completo, y el de mejorar la comprensión del funcionamiento de las interacciones biológicas involucradas dentro de un sistema.

Es de suma importancia aclarar el objetivo y el significado de las medidas de eficiencia **antes** de calcularlas para así evitar mal entendidos y confusión.

También cabe mencionar que existen numerosos casos donde el índice de eficiencia tiene una complejidad intrínseca mayor de lo que parece a simple vista. Tomemos el ejemplo de un cerdo que está creciendo 500 gr por día y para lo cual consume 5 kg de alimento. *¿Cuál es la eficiencia de conversión del alimento a peso vivo?*

$$F = [0,5]/[5,0] = 0,1 \text{ ó } 10\%.$$

¿Cómo podría mejorarse este indicador de eficiencia?

Existen dos posibles soluciones: reducir la cantidad de alimento suministrado hasta 2,5 kg/día y así duplicar la eficiencia de la siguiente manera.

$$F = [0,5]/[2,5] = 0,2 \text{ ó } 20\%.$$

¿Es posible obtener técnicamente tal resultado? De ninguna manera, porque la cantidad de alimento consumido tiene un efecto muy importante sobre la tasa de crecimiento del cerdo; existe una relación causa/efecto fuerte entre estas dos variables. Para explorar las posibilidades de aumentar la eficiencia de conversión reduciendo el consumo, sería necesario efectuar una estimación teórica de la nueva tasa de crecimiento utilizando las tablas de la nutrición o, hacer un ensayo, que es la solución verdaderamente técnica del problema.

Para seguir con este mismo ejemplo, supongamos que el resultado de disminuir el consumo a 2.5 kg/día, es una tasa de crecimiento de 400 gr/día. La eficiencia de conversión aumentaría a 16% (0,4/2,5). Sin embargo, aunque el proceso de conversión se vuelve más eficiente, este cambio implicaría otras modificaciones del sistema que requerirían mayor inversión en instalaciones para la engorda de cerdos, porque el proceso duraría más tiempo, ya que la tasa de crecimiento es menor.

El otro método para mejorar el índice de eficiencia para la de conversión de alimentos podría ser incrementar la tasa de crecimiento, por ejemplo, con el suministro de hormonas para influir sobre el funcionamiento fisiológico del animal. Sin embargo, es probable que para expresar el nuevo potencial de crecimiento inducido artificialmente por las hormonas, el cerdo tenga que consumir más alimento; de ser así, el resultado final tendría poco o ningún efecto sobre el índice de eficiencia para la conversión de alimentos a carne.

Estos ejemplos sirven para ilustrar como estos problema prácticos se han considerado en forma demasiado simple, diciendo: "Existen dos maneras de mejorar la eficiencia: ya sea aumentando el valor del numerador o reduciendo el valor del denominador de la expresión". Sin embargo, los procesos biológicos que gobiernan la producción animal, generalmente son mucho más complejos que la simple representación de un símbolo aritmético. Tal como se insinúa en los ejemplos recién enunciados, a menudo hay fuertes interacciones entre los componentes del sistema, las cuales van a influir sobre los valores que tomen tanto el numerador como el denominador de la expresión. La complejidad aumentará todavía más cuando se introduzcan simultáneamente las consideraciones económicas.

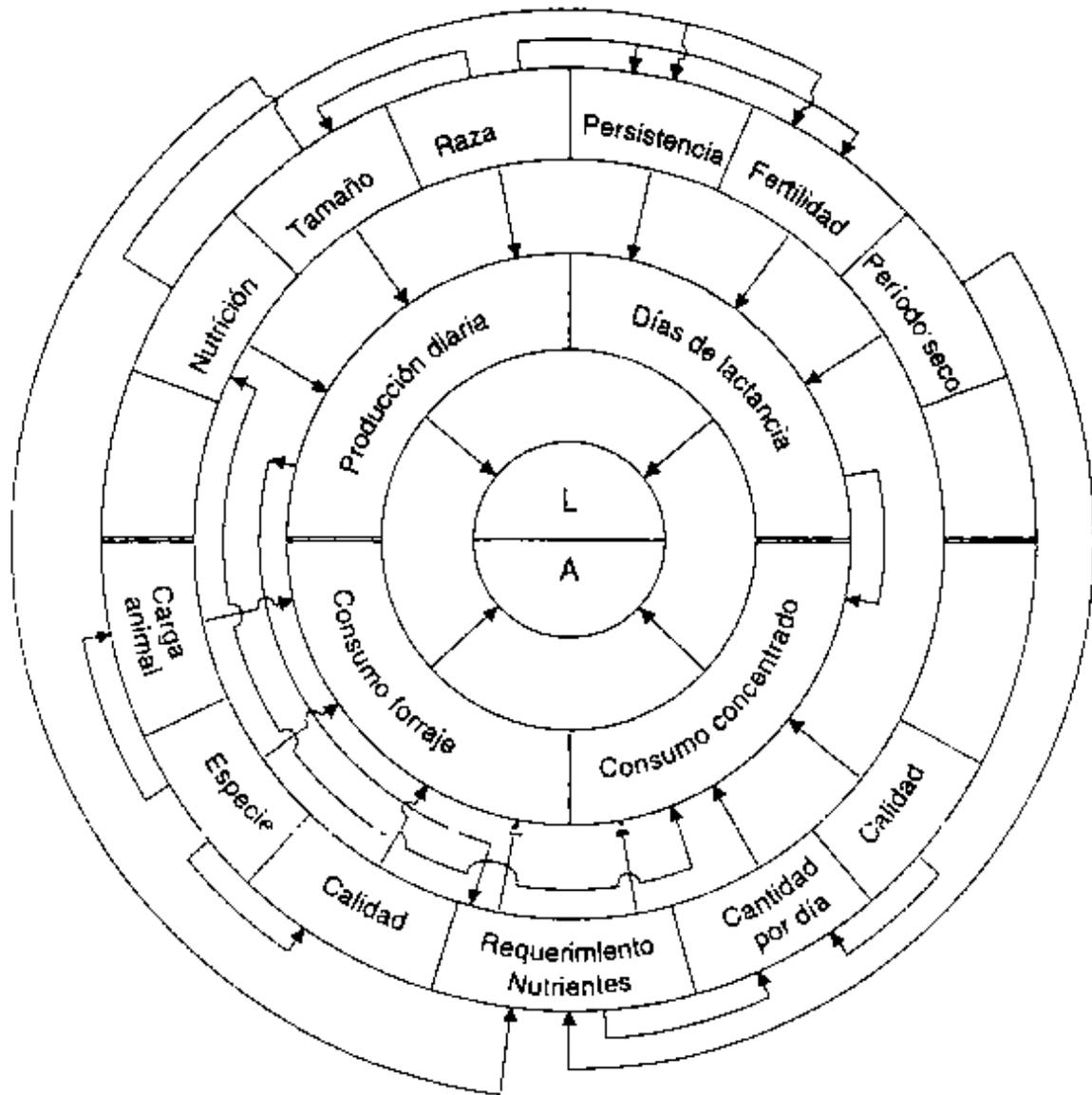
El punto capital, del punto de vista de la aplicación de un análisis de sistemas, es poder desarrollar la habilidad para identificar los factores que afectan los índices de eficiencia y comprender cómo funcionan las interacciones que influyen sobre los valores que aparecen en el numerador y el denominador de la ecuación.

3.3 Uso de diagramas circulares

Los diagramas circulares que fueron propuestos por Spedding (1975) son un tipo de modelo cualitativo para examinar simultáneamente los efectos sobre los valores tanto del numerador como del denominador de la ecuación que determinan el indicador de eficiencia. Ellos facilitan la labor de evaluar las interacciones entre factores y como ellas pueden afectar en diferente manera a los valores del numerador y del denominador.

La Figura 3.2 presenta un ejemplo de análisis de un indicador de eficiencia biológica comúnmente empleada para evaluar el potencial de conversión de vacas lecheras para transformar los alimentos en leche. El dibujo empieza en el centro con la relación de valores bajo estudio, en este caso: **L/A** o sea, leche/alimento. Luego se introducen en el diagrama los factores principales que afectan directamente tanto el numerador como el denominador. La Figura 3.2 muestra como la producción diaria y los días de lactancia se combinan para determinar la producción total: **L**, ubicada al centro del diagrama. A continuación se detallan en forma jerarquizada por el empleo de círculos concéntricos, los factores que afectan a los componentes que se encuentran más cercanos al eje central. Esta representación en capas contiguas permite ilustrar las interacciones más relevantes en cada nivel del sistema. En este caso se nota como un factor específico: la raza, puede afectar a toda una cadena de variables que tienen influencia sobre la producción de leche total (numerador), como también sobre el consumo de alimento total (denominador).

Figura 3.2 - Algunos factores que influyen en el índice de la eficiencia de producción anual de leche: conversión de cada unidad de alimento (A) en leche (L) por una vaca en el período de un año.



Siguiendo el ejemplo dado en la figura 3.2 ¿Podría Ud. intentar de dar una definición del significado exacto de cada "indicador de eficiencia" y de identificar los factores biológicos que intervienen en la siguientes expresiones?

- Leche/vaca/lactancia.
- Leche/vaca/año.
- Crecimiento/día.
- Producción de carne/vaca/año.
- Producción de carne/Ha/año.
- Conversión de alimentos.

- Hembras/macho.
- Cría/hembra/parto.
- Cría/hembra/año.

3.4 Uso de un denominar común

En términos económicos se utiliza dinero para hacer abstracción de la diversa naturaleza de los elementos y para llevar todo a términos iguales. Pero al considerar la eficiencia biológica es muy difícil comparar diferentes ingresos y egresos, porque en muchos casos aún cuando se expresan en unidades idénticas, su naturaleza y los aspectos ligados a criterios de calidad son diversos, y por lo tanto no comparables.

Por ejemplo: Diferencias en la composición de la leche, tanto entre razas como entre sistemas de producción. Diversidad en las características de la composición de la carne (proteínas, grasas, etc.) entre diferentes especies. Valor nutritivo de diferentes alimentos.

Este problema se puede resolver identificando un elemento constitutivo, que sea común a los factores bajo estudio, y que así permita una comparación válida. En el análisis de sistemas biológicos se emplea usualmente la energía como elemento de enlace para poder establecer una comparación válida; en otras circunstancias se usa la proteína, nitrógeno y hasta agua, para comparar los índices de eficiencia entre diferentes sistemas.

Aprovechemos el siguiente ejemplo para resumir los conceptos expuestos hasta ahora.

El objetivo de desarrollar este ejemplo es indicar cómo se puede comparar la eficiencia biológica entre dos sistemas de producción de engorde de novillos: A y B. El sistema A, es un sistema extensivo que utiliza pastoreo, mientras el sistema B representa la producción intensificada en la cual los animales se encuentran confinados en establos o "feed lot". Las características de la alimentación (ingresos) se detallan en el Cuadro 3.1 y los parámetros del egreso respectivo aparecen en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.1 - Consumo y características de alimentos usados en dos sistemas de producción.

Alimento	Consumo total por cabeza (kg Materia Fresca)		% MS	Energía (MJ/kg MS)	Energía de apoyo ¹ (MJ/kg MS)
	Sistema A	Sistema B			
Pasto	150.000	-	20	8	-
Heno	-	350	85	8	3
Concentrado	-	1.300	92	13	6

Nota 1: La energía de apoyo se refiere a la energía necesaria para sembrar, cultivar y cosechar grano, fabricar el concentrado, transportarlo, etc. **Nótese bien que los cargos en energía sólo se refieren "al gasto energético de operación/gasto en combustible", sin tomar en cuenta "la energía requerida para la manufactura" de equipos e insumos, ni aquella requerida para "extraer y transformar las materias primas que forman las máquinas y materiales que componen los insumos agropecuarios"**

Cuadro 3.2 - Características de los novillos (egresos) de los dos sistemas de alimentación citados en el Cuadro 3.1.

	Sistema A	Sistema B
Peso vivo al sacrificio (kg)	450	500
Rendimiento en canal (%)	46	56
Valor energético de la canal (MJ/kg)	11	11

Los dos cuadros anteriores contienen toda la información necesaria para calcular **los índices** de eficiencia presentadas en el Cuadro 3.3. *¿Podría Ud. comparar los dos sistemas de alimentación en función de los índices de eficiencia comparativas indicados en el Cuadro 3.3? De mayor interés aún es tratar de diferenciar la utilidad de los diferentes índices que se han calculado. ¿Cuales son los índices que permiten comparaciones válidas y justas?*

Finalmente, los índices de eficiencia indicados en del Cuadro 3.3, fueron calculados empleando la información descrita en las secciones previas; para verificar su habilidad en establecer estos índices, use dichos datos, recalculé los índices y compare con las soluciones correctas se encuentran al final de este capítulo.

Cuadro 3.3 - Comparación de valores de eficiencia para los sistemas A y B utilizando distintos indicadores de eficiencia (usar la información contenida en los Cuadros 3.1 y 3.2).

Simbología	Descripción de medida de eficiencia	Sistema A	Sistema B
$F_{PV/MF}$	<u>Peso vivo producido</u> Materia fresca total consumida	3%	30%
$F_{PV/MS}$	<u>Peso vivo producido</u> Materia seca total consumida	15%	33%
$F_{PC/MS}$	<u>Peso de la canal producida</u> Materia seca total consumida	7%	19%
$F_{PC/MJA}$	<u>Peso de la canal producida</u> Energía consumida en alimentos	0,009 kg/MJ	0,015 kg/MJ
$F_{MJC/MJA}$	<u>Energía contenida en la canal</u> Energía consumida en alimentos	9%	17%
$FMJC/MJ + EA$	<u>Energía contenida en la canal</u> Energía consumida en alimentos + EA	9%	11%

Al considerar las definiciones de cada índice de eficiencia y los ejemplos numéricos contenidos en el Cuadro 3.3, se puede notar que las diferencias entre los indicadores calculados para los dos sistemas de producción, son muy dispares en el contraste de valores entre sistemas.

Según este cuadro si nos referimos a la conversión de materia seca para producir peso vivo. se puede inferir que el sistema B es 10 veces más eficiente que el sistema A, en base a este índice ($F_{PV/MF}$). La validez de tal comparación depende del propósito que persigue el análisis. Por ejemplo: si queremos comparar la eficiencia de utilización de

energía total, sería preferible usar el índice: $F_{MJC/MJA+EA}$ el cual muestra que existe poca diferencia entre los dos sistemas (9 versus 11%); aún más, este índice está calculado sin tener en cuenta la separación de los componentes: "renovable" y "no renovable" de la energía en los aportes de energía.

Un factor de suma importancia a señalar para usar correctamente índices de eficiencia biológica, es el asegurar una definición clara y sin ambigüedad del propósito de nuestro análisis.

3.5 La eficiencia de producción en sistemas pecuarios

El ejemplo anterior (Sección 3.4) muestra cómo es posible enfocar el análisis del problema de la eficiencia en las más diversas formas, aún en el caso sencillo del crecimiento de un novillo cuando se utilizan dos sistemas diferentes de alimentación. Usando los elementos comunes de energía y proteína, es interesante comparar los índices de eficiencia de producción publicados para las diversas especies domésticas que se explotan comercialmente.

Cuadro 3.4 - Índices de eficiencia de producción en las especies domésticas importantes, bajo explotación comercial; basado en animales individuales (Spedding, 1979).

Producto	Índices de Eficiencia	
	ENERGIA, %	PROTEINA
	$\frac{\text{Energía producto}}{\text{Energía alimento}}$	$\frac{\text{N producto}}{\text{N alimento}}$
Leche de vaca	20	17 - 42
Carne de res	5,2 - 7,8	8
Carne de ovino	11,0 - 14,6	16,4
Carne de cerdo	35	25 - 32
Carne de pollo	16	30
Huevos de gallina	10 - 11	25 - 32

Es obvio, que el sistema de producción en sí puede influir en el indicador de eficiencia, y por es por ello que se incluye un rango de eficiencia en el Cuadro 3.4. Sin embargo, las diferencias más grandes se encuentran entre las diferentes especies. *¿Porqué cree Ud. que los cerdos son 6 veces más eficientes que los novillos en convertir la energía que consumen? En cuanto a la conversión de proteínas se nota que la producción de leche es mucho más eficiente que la producción de carne, aún cuando ella se genera dentro de la misma especie ¿cual podría ser la explicación?*

El Cuadro 3.4 indica como los monogástricos (cerdos y aves) muestran mejores índices de eficiencia que los rumiantes (bovinos y ovinos) al expresarlos en términos biológicos. Sin embargo esto no quiere decir que se deben escoger sólo las actividades y especies con mejores índices de eficiencia para incluirlas en nuestros sistemas de producción; el mundo real en el cual opera la agricultura es mucho más complejo. Bajo ciertas circunstancias, sería mejor alimentar ovinos con pastos aunque su tasa de conversión en

proteínas sea solamente del 4 %, - pero que son alimentos no comestibles para el ser humano - que el alimentar pollos con granos que muestran una conversión del 30% de estos en proteína animal pero que como granos podrían ser consumidos directamente por el ser humano.

Hasta el momento la eficiencia de animales se ha considerado solamente a nivel individual; pero también es necesario tomar en cuenta la población total de animales. Por ejemplo, el caso del índice de eficiencia del crecimiento del novillo (Sección 3.4) no tomó en cuenta la alimentación requerida por su madre antes de su nacimiento. En el análisis se puede considerar que las vacas de cría no dan un producto final, sino un producto "intermediario", que requiere una gran cantidad de recursos. El Cuadro 3.5 muestra los mismos índices de eficiencia de conversión dadas en el Cuadro 3.4, pero en este caso considerando el total de las correspondientes poblaciones ganaderas.

Cuadro 3.5 - Índices de eficiencia de producción en las especies domésticas más importantes, pero referidas a la población total de animales (Spedding, 1979).

Producto	Eficiencia	
	ENERGIA	PROTEINA
	<u>Energía en producto</u> <u>Energía en alimento</u>	<u>N en producto</u> <u>N en alimento</u>
Leche de vaca	12 - 16	40
Carne de res	3,2	8
Carne de ovino	2,4 - 4,2	6 - 14
Carne de cerdo	23 - 27	17 - 22
Carne de pollo	14,6	25 - 26
Huevos de gallina	10 - 11	17 - 22

Después de comparar los resultados ilustrados en los Cuadros 3.4 y 3.5 esto exige elaborar razones para explicar la variación entre los índices de eficiencia determinados para animales individuales y aquellos para poblaciones de animales. Esto permitiría además el identificar cuales son los factores más afectados al efectuar el cálculo del índice de eficiencia para poblaciones de animales.

Es interesante destacar que entre las características que resaltan en cuanto a sus Índices, ellas corresponden a poblaciones que tienen una alta proporción de sus miembros que contribuyen al producto final. Este tipo de población aparece como más eficiente que las poblaciones que tienen, en comparación, una mayor proporción de sus miembros que sólo dan un producto intermediario. Factores como la fertilidad, fecundidad, edad de pubertad, peso a la edad adulta, etc, son factores que definen la proporción de la población realmente productiva, en términos de producto final. Por ejemplo, en un hato de cría muy extensivo es posible que por cada novillo sacrificado sea preciso mantener 2 vacas adultas, 3 novillas inmatargas y 3 novillos inmaturos (rebaño de apoyo).

3.6 Relación entre diferentes índices de eficiencia biológica.

El cálculo de los diversos índices de eficiencia biológica recién descritos, es un paso esencial que facilita la comprensión del funcionamiento de algunos de los sistemas que han sido mencionados. Los índices de eficiencia son herramientas útiles en el análisis de sistemas, pero no representan necesariamente metas en sí mismo. Cuando se analizan las combinaciones de varios índices de eficiencias que representan un sistema, se encuentra que en muchos casos las cifras de máxima eficiencia biológica no siempre coinciden con el sistema óptimo en términos económicos.

Por ejemplo, se puede decir que una vaca que produce 5 litros de leche y come 1 kg de concentrado al día, tiene una eficiencia de conversión (en términos de concentrado), de 5 litros/kg. Esta vaca es más eficiente que otra que come 3 kg de concentrado y produce 12 litros de leche, por lo cual ella tiene sólo una eficiencia de 4 litros/kg. Sin embargo, esta comparación no es válida por ser demasiado simplista, ya que sólo toma en cuenta una relación entre variables productivas (leche/concentrado) y, si esta conclusión se generaliza para todo el sistema de producción esto podría llevar a conclusiones equivocadas. Por otro lado si consideramos el segundo caso, la producción por vaca es mucho más alta y posiblemente la rentabilidad económica también sea más alta, a pesar que esta vaca produzca menos leche por kg de concentrado consumido.

Básicamente al manejar un sistemas de producción lo que se busca es el punto donde le encuentre la mejor mezcla de las varios indicadores de eficiencia. Esto se tratará con más detalles en una Sección posterior, al considerar la utilidad marginal de varios ingresos o recursos (véase Sección 6.2).

Al estudiar eficiencias en el uso de ingresos y recursos, se puede notar la tendencia a reemplazar un ingreso con otro; pero esta operación puede simultáneamente aumentar un índice de eficiencia determinado, mientras que reduce otro índice de eficiencia. Es por ello muy importante comprender bien las interacciones del sistema y saber como ellas influyen sobre los diversos Índices de eficiencia biológicas que se están usando.

Por ejemplo, en una finca agrícola que produce maíz, se pueden disponer de dos alternativas en cuanto a la organización de producción:

- Totalmente mecanizada.
- Casi totalmente por mano de obra.

En este estudio se postula que todos los otros ingresos, como también la producción de grano de maíz, son iguales en ambos caso. El Cuadro 3.6 muestra que el uso de mano de obra en el sistema A, si se compara con el B, muestra un índice de eficiencia mucho mejor; en cambio el índice para la eficiencia del uso del tractor es mucho más baja en el caso B. *¿Cuál es la diferencia fundamental entre los sistemas A y B que explica estos valores?* Simplemente que en el sistema A, el aporte que efectuaban los trabajadores fue reemplazado por maquinarias. En los países desarrollados esta ha sido la tendencia durante los últimos años. Esto lleva a pensar a muchas personas que la "eficiencia" global de los sistemas mecanizados ha aumentado mucho, pero en efecto esto no es válido, ya que estrictamente se aplica sólo desde el punto de vista de uso de la mano de obra.

Cuadro 3.6 - Dos posibles sistemas para la producción de maíz en la misma finca: (A) Mecanizado y (B) Mano de Obra (datos en base a 1 ha/año).

Medidas de Eficiencia	Sistemas	
	A (Mecanizado)	B (Mano de Obra)
Producción de grano (kg/ha/año)	2000	2000
Horas tractor usadas (horas/hombre/ha/año)	50	5
Horas mano de obra usadas (horas/hombre/ha/año)	75	1000
Eficiencia de utilización de tractor (kg maíz/hora tractor)	40	400
Eficiencia de utilización de mano de obra (kg maíz/hora hombre)	27	5

A simple vista (Cuadro 3.6) el sistema B aparece como sumamente eficiente en el uso de maquinarias, siendo su índice 10 veces mejor que aquel del sistema A, con respecto a este insumo. Al no disponer de mayor información sobre el contorno del sistema, no es posible sugerir una solución óptima para este caso. No obstante, este ejemplo permite introducir el concepto de maximización del uso de recursos más restrictivos y de la sustitución de ingresos.

En práctica la solución más eficiente puede ser una situación intermedia entre A y B. La combinación óptima dependerá de los valores asignados a los ingresos (en este caso tractores y obreros) y de otros factores, como podría ser la necesidad de concluir rápidamente cierto trabajos específicos por problemas climáticos.

Hay que enfatizar que, para poder comprender en la práctica la situación que opera dentro de un sistema y a la vez determinar que parte de este sistema es preciso cambiar o modificar para mejorar su productividad, se deben considerar simultáneamente varios indicadores de eficiencias.

3.7 Ejercicios y discusión

El examen de la eficiencia biológica no dispone de una metodología única para el estudio del enorme número de sistemas pecuarios que existen. Sin embargo se puede dar algunas orientaciones generales.

Primero: No hay que olvidar que una análisis usando el enfoque de sistemas **siempre** trata de identificar todas las partes esenciales que son relevantes al funcionamiento del conjunto.

Segundo: Si bien por un lado se insiste en no olvidar los elementos cruciales, por otro se debe evitar de introducir elementos superfluos que solamente contribuirían a complicar el análisis.

Cualquier zootecnista, veterinario o agrónomo debería tener el dominio suficiente de los aspectos técnicos del problema para poder analizar en forma sistemática y a fondo, los siguientes ejercicios.

3.7.1 Dos lecherías

Este ejercicio se base en un problema real que es muy común en las lecherías de todas partes del mundo.

Podemos imaginar dos lecherías que en ambos casos tienen problemas de fertilidad **indicado** por intervalos entre partos (i.e.p.) muy largos. La información necesaria para resolver el caso se incluye en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7 - Datos sobre los rasgos productivos de dos lecherías usados para determinar las causas probables del problema de baja fertilidad.

Medida de Eficiencia	Lechería A	Lechería B
Intervalo entre partos (días)	450	450
Inseminaciones por concepción	1,2	2,9
Días desde el parto hasta la primera inseminación post-parto	130	50

Es importante subrayar que un intervalo entre partos (IEP) muy largo solamente indica que existe un problema reproductivo, pero no identifica la causa. Para identificar la causa hay que analizar los diferentes factores que afectan el (IEP) promedio en un hato de vacas lecheras.

- ¿Cuál es el problema principal en cada lechería?
- ¿Cuál será la solución para cada caso?

Es importante enfatizar que aunque el síntoma (IEP) es igual, el tratamiento para mejorarla puede ser muy diferente en dos casos distintos.

3.7.2 Cuatro porquerizas

El Cuadro 3.8 muestra datos de 4 porquerizas que emplean sistemas de producción muy similares. Se considera que este tipo de sistema debe producir anualmente un mínimo de 600 kg de cochinito destetado por hembra de cría, para que la empresa tenga un nivel de factibilidad comercial adecuado. Analizando los datos indicados se constata que en todos estos casos el sistema no funciona correctamente.

Cuadro 3.8 - Datos sobre los rasgos productivos de 4 porquerizas usados para determinar cómo aumentar la producción por cerda en cada caso.

Índice de Eficiencia	Porqueriza			
	A	B	C	D
Kg cochinito destetado por cerda por año	464	490	450	450
Cochinitos destetados por cerda por año	13,2	14	22	13

Cochinillos nacidos vivos por parto	6	10	10	14
Partos por cerda por año	2,2	2,2	2,2	1,0

- Identifique los factores importantes que contribuyen a determinar el valor de cada uno de los índices de eficiencia presentados. ¿Cuál es el valor máximo para cada indicador?

- Refiriéndose a los datos presentados indique cual es el problema principal para cada porqueriza que está causando la falla del sistema.

- Sugiera cambios que podrían mejorar la situación y calcule el resultado probable de cada porqueriza.

3.8 Soluciones a los ejercicios

3.8.1 Computación de Índices para la eficiencias de producción de carne.

Sistema A:

- 1) $F_{PV/MP}$; = $[450]/[15000] * 100/1$
- 2) $F_{PV/MS}$; Primero calcular MS consumida
 $MS = 15000 * 0,20 = 3000$
 $F_{PV/MS}$; = $[450]/[3000] * 100/1$
- 3) $F_{PC/MS}$; Primero calcular Peso de Canal
 $Peso Canal = 450 * 0,46 = 207$
 $F_{PC/MS}$; = $(207/3000) * 100/1$
- 4) $F_{PC/MJA}$; Primero calcular MJ en Alimento
 $MJ = 3000 * 8 = 24000$
 $F_{PC/MJA} = (207/24000)$
- 5) $F_{MJC/MJA}$; Primero calcular MJ en la Canal
 $MJ Canal = 207 * 11 = 2277$
 $F_{MJC/MJA} = [2277]/[24000] * 100/1$
- 6) $F_{MJC/MJA + EA}$; Primero calcular MJA + Energía de Apoyo
 $MJA + EA = 24000 + 0 = 24000$
 $F_{MJC/MJA + EA} = [2277]/[24000] * 100/1$

Sistema B:

- 1) $F_{PV/MF}$; = $[500]/[350 + 1300] * 100/1$
- 2) $F_{PV/MS}$; Primero calcular MS consumida
 $MS = [350 * 0,85] + [1300 * 0,92] = 1493$
 $F_{PV/MS} = [500/1493] * 100/1$
- 3) $F_{PC/MS}$; Primero calcular Peso Canal
 $Peso Canal = 500 * 0,56 = 280$
 $F_{PC/MS} = [280/1493] * 100/1$
- 4) $F_{PC/MJA}$; Primero calcular MJ en Alimento
 $MJ = [297,5 * 8] + [1196 * 13] = 17928$

- $F^{PC/MJA} = [207/17928]$
- 5) $F_{MJC/MJA}$; Primero calcular MJ en Canal
 MJ Canal = $280 * 11 = 3080$
 $F_{MJC/MJA} = [3080/17928] * 100/1$
- 6) $F_{MJC/MJA + EA}$; Primero calcular MJA + Energía de Apoyo
 MJA + EA = $17928 + [297,5 * 3] + [1196 * 6] = 25996$
 $F_{MJC/MJA + EA} = [3080/25996] * 100/1$

3.8.2 Dos lecherías

Lechería A. El índice de eficiencia para la inseminación es alto, indicando uso de semen de buena calidad, buena técnica del inseminador, manipuleo correcto del termo, etc. El problema se debe al largo período que transcurre entre el momento del parto y el primer servicio post-parto. Esto podría ser debido a un problema fisiológico en las vacas, por ejemplo, alto porcentaje de retención de placenta, nutrición inadecuada, etc. No obstante, es más probable es que se trate de una falla en la detección de celos.

La solución debería contemplar las siguientes intervenciones. Efectuar una palpación de las vacas a los 45 - 60 días post-parto para controlar la actividad ovárica. Capacitar al personal en la detección de celos. Establecer una rutina de observación de las vacas en período abierto y posiblemente usar medidas adicionales para la detección de celo, como parches, pintura y toro marcador.

Lechería B. El primer servicio ocurre en el momento adecuado (algo temprano en algunos casos, porque se habla de promedios). El problema más grave se debe al elevado número de vacas no preñadas después de la primera inseminación y al alto número de inseminaciones por concepción. Podría tratarse de la calidad del semen, del manejo del termo o de un aporte técnico subóptimo de parte del inseminador.

El primer paso necesario para resolver el problema sería hacer analizar en un laboratorio el semen de los toros utilizados. Verificar la conservación del semen en el termo usado para el transporte. Revisar los registros de las inseminaciones para determinar si existe una relación entre el inseminador, el toro, el día de la semana, etc., con la probabilidad de concepción. Es posible que un inseminador tenga una mejor técnica que otro, o que los vaqueros fallen en la detección de el celo y presenten las vacas para el servicio en el momento inadecuado.

3.8.3 Cuatro porquerizas

Los problemas principales son:

A: Bajo número de cochinitos nacidos vivos: falta de manejo al momento de parir, manejo no adecuado en la monta y/o problemas de nutrición antes de la monta.

B: Alta mortalidad de cochinitos desde el nacimiento hasta el destete; mejorar la higiene y el control sanitario.

C: Crecimiento lento hasta el destete; nutrición de la cerda y/o cantidad y calidad de preiniciador/iniciador no adecuado.

D: Partos/cerda/año muy bajo: falta de manejo post-destete de la cerda, nutrición, etc., posiblemente el número de verracos sea insuficiente para cubrir las cerdas adecuadamente.

CAPITULO 4 - EFICIENCIA ECONOMICA

- 4.1 General
 - 4.2 Eficiencia económica versus eficiencia biológica
 - 4.3 Los productos
 - 4.4 Los costos
 - 4.5 Depreciación
 - 4.6 Intereses
-

Este capítulo introduce varios conceptos relativos al tema de la eficiencia económica en sistemas de producción. En muchos programas de estudio este tema lo desarrollan profesionales de especialidades tales como contabilidad, administración de empresas y/o economía agrícola. Es por eso que frecuentemente en la presentación del tema, ellos no toman suficientemente en cuenta los aspectos de interés práctico de zootecnistas, agrónomos y veterinarios, ni de las dificultades que sus alumnos puedan tener con los detalles de los pasos contables. Es necesario aclarar por lo tanto que el objetivo de este manual no es entrenar a contadores, sino facilitar el uso de del concepto de eficiencia económica en análisis de sistemas comerciales de producción animal. La experiencia del autor indica que este es un punto débil en la formación de muchos profesionales involucrados en la producción agropecuaria.

El presente capítulo introduce los conceptos que serán utilizados en el próximo capítulo, cuando se desarrollarán varios métodos para medir la eficiencia económica de los sistemas de producción. Se presentan aquí numerosos ejemplos para ilustrar estas ideas, y en ellos se utiliza el símbolo "\$" para representar el factor dinero. Precisemos que su valor absoluto no es relevante, sino que el interés debe concentrarse en las comparaciones, ecuaciones y cálculos que se derivan para ayudar la comprensión del concepto de eficiencia económica. Si se quisiera darle un nombre a este factor "dinero", podríamos llamarlo "peso" que es nombre muy común para designar la moneda en casi toda América Latina.

4.1 General

En la mayoría de las empresas comerciales, la eficiencia económica es el factor primordial que determina el tipo de sistema empleado. No existen muchas personas dispuestas a dedicarse a una actividad sin percibir una remuneración en dinero que se considere satisfactoria. Todos deben luchar por satisfacer las necesidades básicas para asegurar la existencia (pan, techo y abrigo como mínimo) y la mayoría se esfuerzan para conseguir ingresos adicionales que faciliten obtener un cierto nivel de comodidad en la vida. Las leyes de la economía exigen que cada actividad tenga su ganancia para que ellas sean sustentables. La producción de alimentos para el consumo humano no escapa a esta regla, por lo cual la agricultura (cultivos, ganado, frutas y bosques) requiere una recompensa para incentivar la continuidad de la producción. Son pocos los ganaderos que continúan en esta industria por "mera pasión", pero esto no impide que en muchas oportunidades la maximización de ganancias económicas no siempre sea la primera prioridad del ganadero.

Sin embargo, para los administradores de fincas comerciales cuya responsabilidad es manejar las finanzas de empresas privadas, la eficiencia económica que logren es una consideración de extrema importancia para así poder mantener su empleo. Otros factores que se encuentran muy ligados a la eficiencia y que por ende también deben tomarse en cuenta, según las condiciones específicas de cada caso, son la estabilidad de la empresa, el nivel de riesgo, el crecimiento y desarrollo de la explotación y metas específicas impuestas por el dueño y/o los accionistas.

La administración de fincas incluye en sus actividades la manipulación de grandes cantidades de dinero invertidas (terreno, animales, equipos) con la finalidad de ganar un ingreso monetario.

El término eficiencia económica es mal empleado muy frecuentemente ya que se ignora el significado de este concepto. Por lo tanto en esta sección presentaremos tres frases para conjurar algunos mitos comunes y desterrar varios conceptos erróneos que circulan sobre la eficiencia económica.

Alta eficiencia económica **NO SIGNIFICA** costos muy bajos.

Alta eficiencia económica **NO SIGNIFICA** altísima producción.

Alta eficiencia económica **NO SIGNIFICA** máxima eficiencia biológica.

4.2 Eficiencia económica versus eficiencia biológica

Mucha gente insiste sobre el supuesto que un índice de alta eficiencia biológica implica forzosamente un alto índice de eficiencia económica. Pero si bien esto es cierto en algunos casos, generalmente este supuesto es erróneo.

El concepto de eficiencia biológica es muy importante y hay que evaluar cuidadosamente este indicador para poder comprender y manipular exitosamente la eficiencia económica. Sin embargo cada uno de estos conceptos requieren un enfoque específico. Así, por un lado hay que prestar atención a los constantes cambios de precios y costos, mientras que por otro hay que estar atentos a los cambios en los factores que influyen sobre la eficiencia biológica; esta última es necesaria para poder maximizar la eficiencia económica pero los valores óptimos que ella asume varían en los diversos lugares del planeta, como también en distintas estaciones y de año en año.

Un ejemplo práctico permite ilustrar la interrelación entre biología y economía. Por razones fisiológicas los novillos utilizan con más eficiencia la energía contenida en concentrados que la energía contenida en la melaza. Sin embargo, a pesar de esta ventaja fisiológica, si los concentrados cuestan cuatro veces más (en términos de contenido de energía, MJ/\$) es muy probable que el uso de melaza permita alcanzar un índice de eficiencia económica más alto comparado a aquel correspondiente al resultado de usar concentrados, aunque la eficiencia biológica de conversión de la melaza sea inferior.

Conclusión:

Max F_{BIOL} NO ES IGUAL A Max F_{ECON}

Ejemplo: Un nuevo implante hormonal (Z), ha sido utilizado durante los últimos 100 días de engorde de novillos y los resultados se presentan en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 - Respuesta biológica de novillos a un implante hormonal Z, durante los últimos 100 días de engorde.

	Testigos (sin implante)	Novillos con implante "Z"
Peso vivo promedio inicial (kg)	350	350
Peso vivo promedio final (kg)	450	450
Consumo de alimento (MS kg/día)	10	5
Eficiencia de conversión (%)	10%	20%

Aunque en este ejemplo el implante no afecta la velocidad de crecimiento, esta intervención tecnológica aumenta la eficiencia biológica de conversión de alimento en 100%.

Pero: *¿dará este resultado también una mayor eficiencia económica?*

Para analizar los aspectos ligados a la eficiencia económica habrá que conocer el costo del implante y el valor del ahorro en alimento.

Si se suponen los siguientes precios y costos *¿podría Ud. decidir si al usar el implante "Z" se genera un beneficio económico?*

Precio peso vivo \$ 40/kg
 Costo Alimento \$ 3/kg
 Costo implante \$ 1,600/novillo.

Cuadro 4.2 - Resumen de costos y beneficios causados por el uso del implante "Z" (según datos de la respuesta biológica del Cuadro 4.1)

	Testigos (sin implante)	Novillos con implante "Z"
Ganancia de peso (kg)	100	100
Valor de ganancia (\$)	4.000	4.000
Costo de alimentación (\$)	3.000	1.500
Otros costos (\$) (Vacunas, mineras, etc.)	500	500
Costos del implante (\$)	0	1.600
Beneficio durante el período (4)	500	400

Bajo estas condiciones el aumento de la eficiencia biológica no se transfiere en términos económicos por causa del alto costo del implante. Sin embargo esta situación podría cambiar si el costo del alimento aumenta, con lo cual aumentaría el ahorro inducido por el implante.

Ejercicio. Si todos los otros factores se mantienen idénticos, ¿qué precio debe alcanzar el alimento para que el uso del implante "Z" genere un beneficio desde el punto de vista de la eficiencia económica?

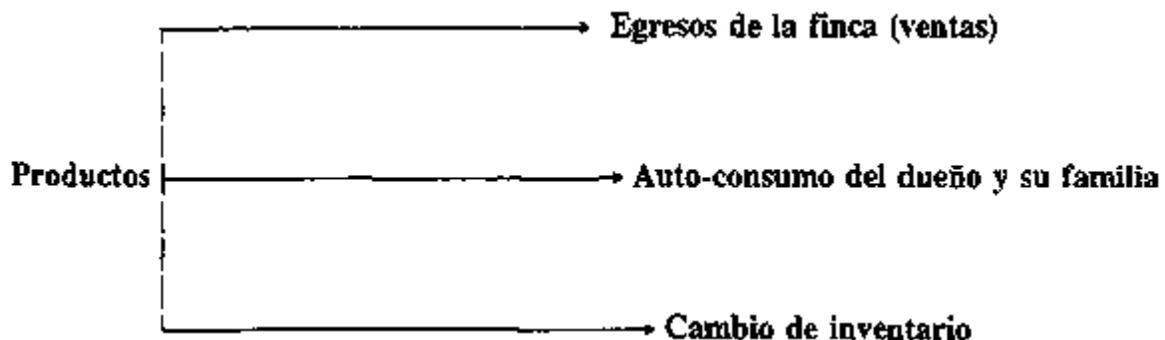
La eficiencia económica cambia continuamente en función de las fluctuaciones en los precios y costos. Por lo tanto, es imposible definir "el sistema" óptimo en forma permanente. Es necesario manipular y cambiar las partes biológicas del sistema siguiendo los cambios en el ambiente económico para así poder mantener la mejor respuesta económica posible en cada etapa.

Por ejemplo, el sistema de engordar novillos con cebada fue muy popular en Europa, durante la década de los 60 (80% de la carne producida empleaba este sistema). Sin embargo, ahora es muy difícil encontrar ganaderos que usen este sistema puesto que fuerzas económicas que lo han hecho poco rentable.

4.3 Los productos

El estudio de la eficiencia económica se facilita al utilizar una serie de técnicas bien conocidas en la metodología contable. Al utilizar en nuestros cálculos económicos las mismas definiciones empleadas en el campo de la contabilidad se evita introducir confusión al aplicar estas técnicas.

Consideraremos, consecuentemente que resultado del proceso de producción, genera los productos, siendo tres los tipos más importantes.



4.3.1 Los egresos de la finca (ventas)

Estos son los productos que salen del sistema. Las ventas producen un ingreso monetario que puede ser utilizado para adquirir (comprar) nuevos recursos o insumos.

El valor total de ventas es fácil de calcular por medio de la siguiente relación:

$$V_p = Q_p * P_p$$

Donde: V_p = Valor de venta del producto P.

Q_p = Cantidad de P vendido.

P_p = Precio unitario de P.

Todos los cálculos deben referirse al mismo período de tiempo. Si bien generalmente se usa como base el año, otras veces puede ser más conveniente tomar el mes como base para los cálculos (por ejemplo, en sistemas de producción con ciclo corto como la producción de pollos y huevos).

4.3.2 Auto-consumo del dueño y su familia

Los productos consumidos por la familia deben ser considerados e incluidos como si fuesen ventas. Aunque la finca no reciba el dinero en efectivo, esto representa algo producido que es necesario contabilizar como una venta invisible; de no ser así la producción y su índice de eficiencia serían subestimados. Esto es más importante en sistemas donde una alta proporción del producto total es consumida por la familia, como es el caso en pequeñas fincas cuya finalidad productiva es más de tipo de subsistencia que comercial. El hecho de que no hayan muchos excedentes para la venta no indica necesariamente que el sistema sea económicamente ineficiente.

El valor de los productos "regalados" también deben ser incluidos como "ventas" y si este regalo es efectuado a los empleados se le puede considerar además como "costo", porque representaría un pago (mano de obra) en especie.

4.3.3 Cambio de inventario

El cambio del inventario representa un producto importante que es de naturaleza "invisible". No existe ningún ingreso de dinero correspondiente a este cambio, sin embargo, esta modificación podría influir considerablemente en el resultado del cálculo para determinar la producción total de la empresa.

En explotaciones pecuarias, el cambio de inventario es especialmente significativo porque los números y clases de animales presentes en la finca cambian a lo largo del año. Durante el transcurso del año puede haber producción de animales que no son vendidos (producción "invisible" positiva: incremento del valor en inventario). Por otro lado, si durante el año se vende animales que no son reemplazados, esto significa una sobre estimación de la producción (suplida por una reducción del valor en inventario); en este caso la producción real es menor que las ventas declaradas.

El cambio del inventario se puede calcular a partir del número y clase de ganado contabilizados al principio y al final de año, y del valor promedio de cada clase durante el año. Este valor puede ser positivo o negativo.

El Cuadro 4.3 muestra un ejemplo de este cálculo. Es importante notar que en este caso el hato ha aumentado en número, lo que significa que existe una producción invisible (porque no ha sido vendido todavía).

Cuadro 4.3 - Relación entre cambios en inventario, ventas, compras y valor de producción.

Clase de Ganado	Valor Promedio (\$)	1ero de Enero 1994		31 de Diciembre 1994	
		Número	Valor Total (\$)	Número	Valor Total(\$)

Vacas de cría	15.000	100	1.500.000	120	1.800.000
Machos 0 - 1 año	5.000	30	150.000	35	175.000
Hembras 0 - 1 año	5.000	28	140.000	36	180.000
Machos 1 - 2 años	12.000	30	360.000	29	348.000
Hembras 1 - 2 años	13.000	20	260.000	28	364.000
Machos > 2 años	17.000	18	306.000	30	510.000
Toros reproductores	40.000	6	240.000	6	240.000
Valor total de Inventario Ganado	2.956.000			3.617.000	
Cambio de inventario				+661.000	

Ventas y Compras	Número	Valor por Cabeza (\$)	Ingreso Monetario (\$)
Venta:			
Vacas viejas	40	13.000	520.000
Novillos	18	19.000	342.000
Compra:			
Vacas de cría	20	16.000	-320.000
Ingreso efectivo			542.000

La diferencia en el valor del hato entre el día 1ero de Enero y el 31 de Diciembre representa una producción no efectiva de + \$ 661.000. Cabe mencionar que los valores de las diferentes clases de ganado usados para calcular el inventario, al principio y al final del año, son idénticas. El aumento del valor total del hato no es debido, por lo tanto, a la inflación sino al número de animales existentes.

En este ejemplo se han vendido 40 vacas y 18 novillos durante el año, lo cual representa un ingreso monetario de + \$ 862.000. *Sin embargo, con la venta de 40 vacas ¿cómo ha podido aumentar al 31 de Diciembre el número de vacas de cría a 120?* (Solamente habían 20 hembras de 1 - 2 años).

El Cuadro 4.3 muestra que se han comprado vacas de cría durante el año. Las compras de ganado se deben considerar como una venta negativa. Entonces, en este caso el ingreso monetario efectivo final corresponde al valor las ventas menos las compras, porque las vacas adquiridas no son producto de la finca.

Este ejemplo muestra como se pueden derivar los siguientes componentes que en su conjunto forman la producción total de una empresa pecuaria.

Ingreso Monetario Total (IMT)

$$\text{IMT} = 520.000 + 342.000 - 320.000 = 542.000$$

Cambio de Inventario (CI)

$$\text{CI} = 3.617.000 - 2.956.000 = +661.000$$

Valor de la Producción (VP)

$$VP = IMT + CI$$

$$VP = 542.000 + (+661.000) = 1.203.000$$

Para llegar a la suma íntegra de toda la producción es necesario agregar los productos consumidos en la finca, o sea el auto-consumo.

Valor de Producción Total (VPT)

$$VPT = IMT + CI + \text{Auto-consumo.}$$

El VPT también se conoce como el Producto Bruto de la empresa, según la terminología usada por los especialistas en administración de negocios.

4.4 Los costos

Nuestro estudio no requiere discutir en detalle todos los aspectos relativos a los costos, sin embargo, es necesario definir claramente algunas ideas básicas sobre los costos de producción.

Un costo es simplemente el valor en términos monetarios (efectivo o no efectivo) que hay que pagar para conseguir un recurso, ingreso biológico o servicio.

Existen algunos tipos de costo que se incluyen siempre en los cálculos de eficiencia económica. Otros en cambio se incluyen solo a veces; todo dependerá del tipo de medida de eficiencia económica que se emplea y en el propósito que se persigue con este análisis.

Los costos se clasifican en dos grandes grupos. Costos variables y costos fijos. Esta clasificación casi siempre causa discusión y cierta confusión al utilizarla por primera vez. La diferenciación entre un costo fijo y un costo variable puede parecer totalmente arbitraria e incluso ilógica. Afortunadamente si logramos asentar ciertas bases conceptuales la diferencia entre ambos costos se puede comprender fácilmente. El primer punto clave es saber que no existe una regla fija para incluir un costo ya sea como fijo o como variable. La definición de cada categoría de costo (fijo o variable) depende totalmente del propósito de análisis.

En términos generales, la diferenciación es la siguiente:

4.4.1 Costos variables

Estos son los costos afectados directamente por flujo asociado al nivel de producción de la empresa. También se denominan costos directos. Si no existe producción, tampoco corren los costos variables.

Por ejemplo, para aumentar la producción de leche de una vaca lactante se puede dar más concentrado. Pero cuando ninguna vaca del hato está dando leche, no se incluye concentrado en la ración y por lo tanto no hay costos respecto al concentrado en tal caso.

El costo de concentrado es considerado como un costo variable, porque varía en proporción al nivel de producción.

Costos que generalmente se consideran variables:

- Concentrados y alimentos comprados.
- Productos veterinarios y servicio de veterinario.
- Semen.
- Fertilizantes.
- Gasolina.
- Mano de obra adicional (extra para propósitos específicos).

4.4.2 Costos fijos

Estos son los costos que hay que solventar obligatoriamente y que están totalmente desligados del nivel de producción. Por ejemplo, el tributo territorial de la finca tiene que ser pagado tenga ésta alta o baja producción. El mantenimiento de cercas es una actividad necesaria que no depende del número de cabezas de ganado y que hay que efectuar obligatoriamente para poder manejar bien la finca. El costo de administración también es independiente del nivel de producción. Los costos fijos son gastos cuyo flujo es permanente y su valor es independiente del nivel de producción de la finca.

Ejemplos de costos fijos:

- Mano de obra fija.
- Alquiler de terreno.
- Impuesto territorial.
- Mantenimiento de infraestructuras.
- Electricidad.
- Costo del capital.
- Costo de administración.
- Agua.

¿Podría Ud. pensar en situaciones a donde sería mejor considerar algunos de los costos fijos nombrados arriba como variables y viceversa?

4.5 Depreciación

La depreciación es un costo fijo (no efectivo) que representa una estimación de la pérdida de valor de un activo durante un período específico, generalmente un año. El activo provee un servicio y la depreciación es un costo que refleja el desgaste del capital invertido en él. El costo de depreciación permite crear un fondo donde se acumula un valor que permitirá reemplazar el activo cuando llega al final de su vida útil.

Existen varias maneras para calcular la depreciación. Para nosotros sería suficiente considerar el método más sencillo, denominado depreciación lineal.

Por ejemplo, un tractor que se compra nuevo en \$10.000, con una vida útil estimada en 8 años y valor residual (precio de venta al cumplir los 8 años) de \$ 2.000 tendría una depreciación de \$ 1.000 por año.

El detalle para éste cálculo es el siguiente:

$$D_a = \frac{V_n - V_r}{A}$$

Donde: Da = Depreciación anual.

Vn = Valor nuevo.

Vr = Valor residual.

A = Años útiles.

Consecuentemente:

$$D_a = \frac{(10.000 - 2.000)}{8}$$

Da = \$ 1.000/año

El Cuadro 4.4 muestra la pérdida anual del valor del tractor y el aumento correlativo del "fondo de reemplazo".

En la práctica se constata que al final de los 8 años el fondo de reemplazo no es suficiente para comprar un tractor nuevo; esto se debe al aumento de precios (inflación). Bajo estas circunstancias se puede agregar un elemento adicional en el costo de la depreciación anual (cierto porcentaje de aumento), para tratar de asegurar que el "fondo de reemplazo" sea suficiente para reemplazar el activo.

Cuadro 4.4 - Cálculos del costo de depreciación anual (lineal) de un tractor (precio nuevo \$ 10.000 precio residual \$ 2.000 y vida útil 8 años).

Ano	Valor a fin de año (\$)	Depreciación (\$/año)	Fondo de reemplazo acumulativo (\$)
Compra	10.000		
1	9.000	1.000	1.000
2	8.000	1.000	2.000
3	7.000	1.000	3.000
4	6.000	1.000	4.000
5	5.000	1.000	5.000
6	4.000	1.000	6.000
7	3.000	1.000	7.000
8	2.000	1.000	8.000
Venta	2.000	1.000	10.000

En la práctica la depreciación no se descuenta, ni se acumula en una cuenta aparte. La depreciación es empleada, en forma abstracta, dentro del manejo de la contabilidad de la finca. Sin embargo, este concepto permite disponer de un cierto "valor en reserva" que está previsto para reemplazar el "activo".

Al no tomar en cuenta los fondos de reserva generados por los cálculos de depreciación y reservados para tales fines, se efectúa una sobre estimación de la eficiencia económica (el costo de depreciación no es adicionado a los costos totales). La depreciación es muy importante cuando se compara diferentes fincas y sistemas que tienen niveles de capitalización muy distintos.

En situaciones donde se consigue un préstamo para comprar un equipo (ej. un tractor), se puede considerar la amortización del préstamo como la depreciación porque en efecto la amortización está creando un fondo de reemplazo. La posibilidad de conseguir otro préstamo al final de la vida útil del activo, es otra forma de presentar esta iniciativa.

No hay que confundir la depreciación con costos de mantenimiento; estos normalmente se refieren a la necesidad de reemplazar algún elemento o parte del "activo", mientras que el concepto de fondo de depreciación se refiere a un "valor de reserva" para reemplazar íntegramente al "activo". El hecho de pagar los gastos de mantenimiento rutinarios no evitan el costo de depreciación.

4.6 Intereses

El pago de intereses representa el costo de utilización de un recurso (capital), que no pertenece a la explotación y que puede influir de manera substancial en las ganancias del ganadero. Este costo no afecta la eficiencia económica de la operación biológica, pero sí al manejo financiero de la finca como empresa comercial.

Los intereses al capital son costos de importancia para del dueño de la empresa, pero en términos de comparación de la eficiencia económica de un sistema con otro, la fuente de capital no afecta la manera en que funciona la explotación pecuaria (se origine ésta del banco o de capital propio del ganadero).

El siguiente ejemplo de dos lecherías idénticas servirá para ilustrar este punto. En la lechería A, el dueño compra todo con una herencia - capital propio; el ganadero B, compra su finca con un préstamo del banco. Las dos fincas tienen condiciones idénticas en términos de producción, costos y capital invertido, pero la única diferencia es la fuente del capital. Durante el año que pasa después de pagar todos los costos, queda una suma de un millón de pesos a favor de la empresa. En el caso A, todo este millón entra al bolsillo del dueño; mientras en el caso B, este millón tiene que ser repartido entre el dueño del capital (pago de intereses al banco, supongamos un pago de \$ 400.000 anuales) y el dueño de la fuerza administrativa que es el ganadero B.

¿Cuál de los dos ganaderos muestra mayor nivel de ganancia? ¿Cuál es, económicamente, la finca más eficiente?

La Figura 4.1 ilustra la diferencia esencial entre los dos casos. Esto debe ayudar a contestar la primera parte de la pregunta.

Figura 4.1 Diferencias en el reparto y destino de las ganancias entre dos lecherías que sólo difieren en sus fuentes de capital (véase el texto para detalles del caso). - Finca A

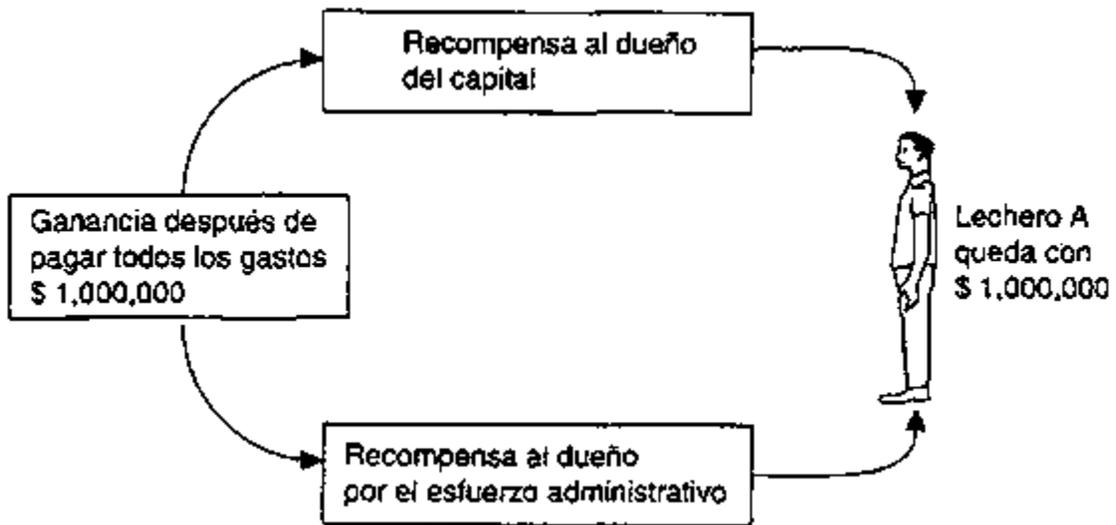
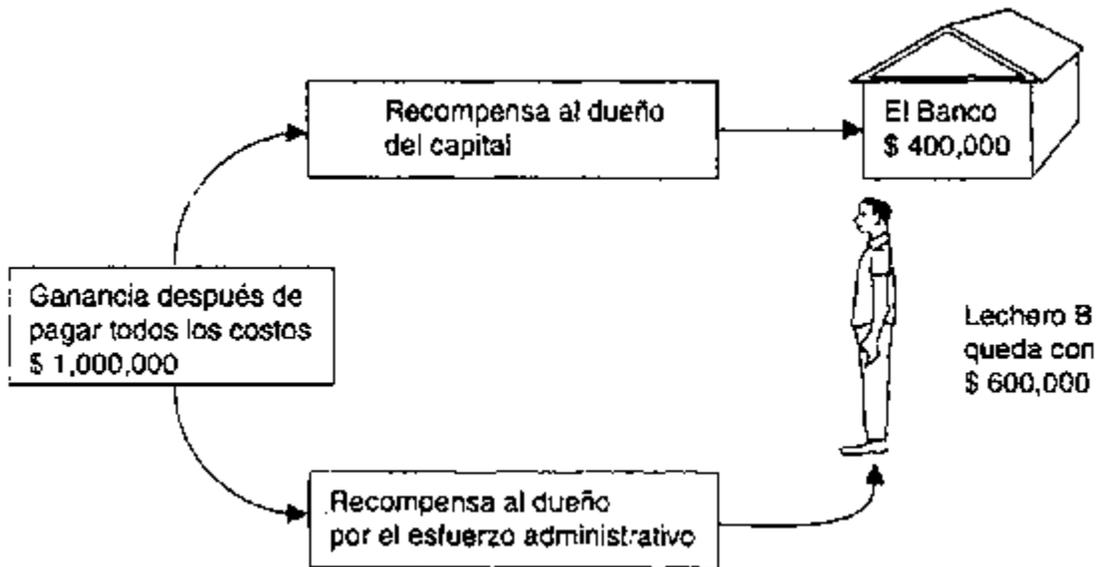


Figura 4.1 Diferencias en el reparto y destino de las ganancias entre dos lecherías que sólo difieren en sus fuentes de capital (véase el texto para detalles del caso). - Finca B



CAPITULO 5 - MEDIDAS DE EFICIENCIA ECONOMICA

- 5.1 La finca "El Ejemplo"
 - 5.2 El "Beneficio Bruto" (BB)
 - 5.3 La "Renta" (R)
 - 5.4 El costo del terreno
 - 5.5 El "Beneficio Neto" (BN)
 - 5.6 El "Ingreso por Manejo e Inversión" (IMI)
 - 5.7 Inversiones nuevas y mejoras
 - 5.8 Uso de IMI para comparar sistemas
 - 5.9 Ejercicio
 - 5.10 El "Margen Bruto" (MB)
 - 5.11 Soluciones a los ejercicios
-

El interés de medir el nivel de eficiencia económica de los sistemas agropecuarios debe afrontar una tarea compleja, ya que existe una gran diversidad de métodos para calcularla.

Esta gran diversidad de métodos crea un cierto nivel de confusión, pero estas alternativas en cuanto a métodos se justifica en función de la especificidad del propósito final del análisis económico y de la interpretación de sus resultados. En efecto esta diversidad de métodos refleja la complejidad generada por el gran número de diversos sistemas que existen en la práctica.

Lamentablemente no existe un indicador que sea universalmente apropiado para medir la eficiencia económica. Esto no es sorprendente ya que al analizar la condición de un paciente, es justificado esperar que el médico no sólo verifique la temperatura, sino también mida la presión sanguínea, tome el pulso y solicite exámenes de laboratorio.

Así es también en el análisis de la eficiencia económica de las explotaciones pecuarias. Para esto será necesario comprender los cálculos, derivaciones y la interpretación de varios parámetros económicos de uso corriente.

Llegar a comprender la metodología y los elementos necesarios para medir la eficiencia económica exigirá comprender ciertos principios básicos. Cabe señalar además que la manera de expresar la eficiencia económica dependerá de las condiciones y del propósito del análisis del estudio a realizar.

5.1 La finca "El Ejemplo"

Para facilitar la comprensión de este capítulo se presenta a continuación la ilustración detallada del caso de la finca "El Ejemplo". Este caso permitirá al lector seguir el desarrollo de ejemplos aritméticos precisos. Todos los datos necesarios para llevar a cabo las operaciones descritas se encuentran en los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3.

Finca "El Ejemplo": si bien se trata de una finca ficticia, ella representa una finca mixta como muchas que existen en Latinoamérica. Se trata de una finca comercial pero que a la vez es una empresa familiar, aunque emplee varios trabajadores además de la mano de obra familiar. La finca maneja un hato de ganado bovino y un rebaño de ovejas para la producción de carne y lana. Los cultivos más importantes son heno, maíz y arroz todos para la venta. La finca ocupa una extensión de 100 ha, de las cuales 43 ha son propiedad del productor y 57 ha son alquiladas a un costo de \$193/ha/año.

Cuadro 5.1 - Finca "El Ejemplo"; valoración y cambios en inventario 1993

Componente de Inventario	Valoración (\$)		Cambio (\$)
	Inicial	Final	
Ganado bovino	27.082	30.511	+3,429
Ovinos	17.854	17.378	-476
Maíz	7.697	11.052	+3.355
Arroz	596	460	-136
Heno	846	994	+148
Paja	180	180	0
Concentrados	305	390	+85
Semillas	719	375	-344
Fertilizantes	1.230	749	-481
Herbicidas	105	135	+30
Combustibles	160	158	2
Otros varios	2.394	3.063	+669
Total	59.168	65.445	+6.277
Valoración promedio	62.307		
Valor equipo fijo	46.840		
Valoración total empresa	109.147		

Cuadro 5.2 - Finca "El Ejemplo"; resumen de costos 1993

Costos efectivos		Costos no efectivos	
Pago	(\$)	Costo	(\$)
Compra de bovinos	2.177	Mano de obra familiar	2.400
Compra de ovinos	2.760	Salario dueño	5.000
Semillas	7.212	Costo capital	14.500
Fertilizantes	11.497	Costo terreno	8.299
Concentrados	1.482	Auto-consumo	1.017
Mano de obra	12.150	Depreciación	4.684
Reparación de equipo	3.532		
Combustible	2.239		
Seguros	477		

Alquiler maquinaria	744		
Transportes	364		
Herbicidas	1.509		
Agua	334		
Medicinas	403		
mantenimiento	4.001		
Alquiler terreno	11.000		
Impuesto territorial	872		
Médico veterinario	551		
Teléfono	209		
Electricidad	100		
Contador	350		
Intereses bancarios	1.673		
Total efectivo	65.636	Total no efectivo	35.900

Cuadro 5.3 - Finca "El Ejemplo"; resumen de ingresos, 1993

Ingresos efectivos		Ingresos no efectivos	
Venta	(\$)	Tipo	(\$)
Venta neta de bovinos ¹	16.425	Auto-consumo	1.017
Venta neta de ovinos ¹	12.291	Cambio inventario	+6.277
Lana	747		
Maíz	17.313		
Arroz	18.318		
Leña	4.197		
Heno	25.126		
Otros varios	250		
Total efectivo	94.667	Total no efectivo	7.294

Nota 1: Las compras de bovinos y ovinos (Cuadro 5.2) ya han sido restadas de la venta bruta para obtener la venta neta de animales (véase Sección 4.3.1).

5.2 El "Beneficio Bruto" (BB)

Es necesario aclarar que la expresión "Beneficio Bruto, (BB)" no es un término contable, ni aparece en ningún libro de administración de fincas. El BB se incluye aquí, simplemente porque los ganaderos lo calculan con frecuencia y le atribuyen nombres erróneos tales como: renta, ingreso, ingreso neto, beneficio neto, ganancia, etc.

El BB se puede calcular en forma sencilla y rápida con el propósito de averiguar la cantidad de dinero "producido" por la empresa (el dueño y su familia), después de pagar todos los costos reales ocurridos durante en el proceso de producción. El BB es una medida muy equívoca, porque no toma en cuenta algunos costos "no efectivos" como la depreciación, costo de capital, costo del terreno, etc., que son importantes. En efecto el

productor descarta ciertos valores que a pesar de su naturaleza abstracta, tienen un gran utilidad práctica para el buen manejo de la empresa económica. Al no incluir estos valores en el cálculo de BB, este indicador tiende a sobre-estimar la eficiencia económica.

Este indicador, BB, tampoco incluye el cambio de inventario en el cálculo de la producción total (producción invisible) ni el auto-consumo. Esta exclusión induce una sub-estimación de la producción total, o en caso de cambio de inventario negativo, una sobre-estimación de la producción verdadera.

El calculo del indicador **BB** es el siguiente:

$$\begin{matrix} \text{Ventas} & - & \text{Costos} & = & \text{Beneficio} \\ \text{(efectivo)} & & \text{(efectivo)} & & \text{Bruto} \end{matrix}$$

En el caso de la finca "El Ejemplo", el cálculo de BB se realiza en la forma dada en el Cuadro 5.4.

Cuadro 5.4 - Cálculo de "Beneficio Bruto" para la finca "El Ejemplo", 1993.

Costos (\$)		Ingresos (\$)	
Costos efectivos	65.636	Ventas	94.667
Beneficio Bruto	29.031		
	94.667		94.667

Algunas críticas muy válidas al significado que tiene el valor de este índice se refieren a la falta de inclusión del costo de mano de obra familiar y el sueldo empresarial del dueño. Por ejemplo, si un hijo del dueño que previamente trabajaba en la finca decide dejar este trabajo por otra actividad, será necesario reemplazarlo con un empleado pagado (mano de obra). Así sin haber ocurrido ningún cambio en la eficiencia de manejo de la finca inmediatamente cambia el valor de BB.

Conclusión: El índice Beneficio Bruto BB representa un indicador muy engañoso y debe ser evitado siempre.

5.3 La "Renta" (R)

La renta es un indicador bien específico y no debe ser confundido con la rentabilidad. Este último es un término muy general que incluye diversas medidas de eficiencia económica.

La renta es un cálculo más confiable que el BB, porque incluye tanto la producción vendida como la producción invisible (no efectivo). En el lado de los costos, al calcular este índice se deduce la depreciación (costo invisible), con lo cual el resultado de su cálculo proporciona un indicador más fiable que el BB.

La renta es un valor que estima la recompensa que pertenece al dueño y a su familia, y que genera el proceso de producción. La renta incluye una recompensa a la mano de obra del dueño y de su familia, el esfuerzo administrativo del dueño y una recompensa por el capital invertido que pertenece al dueño y a su familia.

El cálculo del indicador Renta (**R**) es el siguiente:

$$(R) = \text{Ventas} + \text{Auto-consumo} + \text{Cambio inventario} - \text{Costos efectivos} - \text{Depreciación.}$$

El cálculo de la Renta para la finca "El Ejemplo", se muestra en el Cuadro 5.5.

Cuadro 5.5 - Cálculo de la Renta para la finca "El Ejemplo", 1993

Costos (\$)		Ingresos (\$)	
Costos efectivos	65.636	Ventas	94.667
Depreciación	4.684	Auto-consumo	1.017
Renta	31.641	Cambio inventario	+6.277
	101.961		101.961

La renta es más exacta que el BB, no obstante, sufre de la misma omisión en cuanto a los "costos" de la mano de obra familiar y el "costo" de administración del dueño. La renta no debe ser utilizada para comparaciones entre diferentes fincas y sistemas debido a la diferencia notable que hay frecuentemente entre ellas en la cantidad de mano de obra familiar. Además, la renta sólo toma en cuenta los intereses pagados sobre capital prestado, y no recompensa al capital propio de la empresa; esto sin embargo, no afecta la eficiencia económica en sí de la finca (como se ha visto en la Sección 4.6).

La renta es un indicador adecuado para ciertos propósitos muy específicos de un ganadero en particular, pero no debe ser usado para comparar eficiencias entre ganaderos. Un individuo puede usar la renta para planificar el negocio y medir cambios de un año al otro siempre y cuando la mano de obra familiar y el capital propio con que cuenta la empresa sean estables y conocidos.

5.4 El costo del terreno

Como se muestra en el Cuadro 5.1, una parte de la finca "El Ejemplo" es alquilada y solamente una parte es propiedad privada de la familia.

Pregunta: *¿Si toda la finca fuera propiedad de la familia cual sería el efecto de "posesión" en cuanto al valor de la renta?*

Respuesta: La renta sería más alta, en un monto equivalente a la suma pagada por el alquiler (\$ 11.000).

De aquí que se pueda apreciar como la forma de tenencia de la tierra (alquilada o propia) afecta el valor de la renta calculada. Esto presenta un gran problema, porque la eficiencia de la producción pecuaria depende de la habilidad de manejo de la persona que administra el sistema y no de la relación de tenencia de la tierra. Para poder comparar diversos sistemas, que presenten diferentes relación de tenencia de la tierra, es necesario una metodología que elimine estas distorsiones en el cálculo de eficiencia económica.

Una solución posible sería convertir la tierra a su valor actual en el mercado de tierras y cobrar intereses (imaginarios) sobre esta cantidad de capital, para poder calcular índices para cada finca tomando una misma base.

Este enfoque puede ser puesto en práctica y es relativamente fácil de computar, pero no obstante no es un enfoque realista. La dificultad radica en el hecho que el potencial de producción agropecuaria de un terreno no está reflejado en su valor monetario (precio de compra y venta). En casi todos los países del mundo, la tierra se encuentra generalmente sobre-valorada en comparación con lo que puede producir. Esto se puede explicar porque la tierra se compra por muy diversas razones, no solamente para la producción agropecuaria. Por ejemplo, como inversión, para proteger ahorro contra la inflación, para evitar el pago de impuestos y tributos.

Las consideraciones recién expuestas se ilustran en el siguiente ejemplo. Una finca en una zona ganadera de un país de Centroamericana fue vendida años atrás, en \$ 40.000/ha. La finca tenía alambrados, casas para los empleados, buenos pastos, corrales, etc. Los intereses bancarios para depósitos, en esa época eran del 18% anual. Esto permite calcular que el nuevo dueño habría podido ganar por cada \$ 40.000 puesto en el banco, un valor de \$ 7.200 por año, en vez de invertirlo en la compra de una hectárea de terreno ($40.000 * 0,18 = 7.200$). Esta suma: \$ 7.200 por año, es lo que el ganadero deja de percibir, por el hecho de ser dueño de 1 hectárea de tierra.

Otro aspecto interesante siempre ligado tanto al uso como a la propiedad de la tierra. Siguiendo el ejemplo anterior, un vecino colindante con la finca recién mencionada alquiló gran parte de su propiedad a un precio de \$ 120 por cabeza por mes. Tomando una carga animal optimista de 1,5 cabeza por ha durante todo el año, el cálculo de alquiler por ha por año sería:

$$120 * 1,5 * 12 = \$2.160$$

Este resultado señala que el precio del terreno no refleja de ninguna manera la capacidad de producir un ingreso monetario. En este ejemplo, la suma de \$ 2.160 por ha anual representa la suma pagado al dueño del terreno por arrendar la tierra y sin que tenga ningún costo de operación.

En términos estrictamente económicos, este segundo ejemplo es un pésimo negocio porque el arrendatario deja de ganar \$ 7.200 en intereses bancarios (si su tierra la convirtiera en capital) para escoger el ganar apenas \$ 2.160 alquilando su terreno. Sin embargo, existen muchas otras razones que pueden explicar el interés personal para invertir en terrenos agropecuarios y no querer venderlos.

Regresemos ahora a nuestra pregunta inicial. *Tomando como base el terreno de cada finca para efectuar comparaciones: ¿Es posible establecer una base común que sea válida para poder compararlas?* Esto sería fácil, si se tratara cada finca como alquilada haciendo abstracción total del tipo de tenencia (dueño, arrendatario, etc). Se incluiría como costo de la tierra, el precio que el ganadero tendría que pagar para alquilar la tierra ajena. De esta manera consideramos el valor de alquiler como costo de oportunidad del terreno (Sección 6.4). Obviamente, el valor seleccionado para cada terreno dependerá del tipo de suelo, zona, extensión, ubicación, infraestructura, potreros, etc.

Conviene señalar aquí que si bien el uso de presumir un valor de alquiler es una técnica ingeniosa, ella frecuentemente debe basarse en cifras estimadas o, en el mejor de los casos, en cifras reales pero que por ser limitadas en número ellas son poco representativas. Un ejemplo de este último caso es el uso del valor de alquiler que se paga comúnmente según zona, tipo de finca, infraestructura, suelo, etc. Un ejemplo del primer caso se puede dar, cuando hay que estimar el alquiler de acuerdo al valor de venta, que en muchos casos puede ser más fácil de conseguir aunque aquí el factor tiempo puede introducir serias distorsiones.

Esta nueva técnica permite establecer una relación entre las cifras disponibles tanto para el alquiler como para la venta de tierra. Lo importante será, para efectuar un estudio válido, que se emplee el mismo procedimiento para cada finca al intentar compararlas; en tales casos la relación entre cifras estimadas debe ser la misma. Así, continuando con el ejemplo numérico citado más arriba se puede calcular que porcentaje del valor total del terreno (valor de venta) es normal cobrar como alquiler (pago por pastoreo de potreros):

$$\frac{2.160}{40.000} * \frac{100}{1} = 5,4\%$$

Entonces para una finca cuyo precio de venta se estima en \$70.000/ha el respectivo alquiler calculado sería:

$$70.000 * 0,054 = 3.780/\text{ha/año}$$

5.5 El "Beneficio Neto" (BN)

El beneficio neto es un indicador de eficiencia económica mucho más exacta que las medidas ya citadas. El BN estima el beneficio que es percibido por el negocio después de pagar **todos** los costos de operación (efectivos y no efectivos). El indicador BN representa un índice de la eficiencia económica que permite una serie de comparaciones válidas entre diferentes fincas y diversos sistemas. No obstante, no es un indicador perfecto como se verá posteriormente.

El concepto de Beneficio Neto emplea la misma base recién descrita para la valoración del terreno de diversas fincas (5.3 y 5.4), y hace abstracción de dos relaciones importantes: la propiedad del capital y la posesión de la tierra. Como ya hemos visto (Sección 4,6) al calcular este indicador se presume que "identificar quien es el dueño del capital" es una condición que no influye en la eficiencia de su utilización.

El cálculo del BN incluye no sólo los intereses pagados en efectivo a los acreedores, sino también asigna un costo cuando se utiliza capital propio de la empresa. Consecuentemente al sumar los valores de todos los activos propios (maquinaria, equipo, animales, etc.) y multiplicarlo por la tasa de interés aplicada a los préstamos bancarios, se deriva el "costo" no efectivo del capital propio de la empresa.

El cálculo del BN incluye ajustes relativos a la mano de obra familiar. Es obvio que un ganadero cuyos 8 hijos trabajan en la finca pero sin régimen de asalariados, tendrá un costo de mano de obra más bajo que un ganadero sin hijos que debe contratar y pagar 8

trabajadores. Esto demuestra claramente porqué el valor (no efectivo) de la mano de obra familiar que contribuye a la producción de la empresa debe ser incluido como un costo.

De igual manera, la mano de obra aportada por el dueño, como también sus esfuerzos administrativos tienen que ser incluidos en el cálculo del índice BN. El costo a introducir corresponde al valor del pago para reemplazar al dueño si él no estuviera disponible.

El cálculo correcto del indicador BN debe incluir el auto-consumo de la familia y los "regalos" a empleados y otros, como costos. Un "regalo" se puede considerar como el costo a pagar para motivar la buena fe y voluntad de una persona, o para recompensar su apoyo incondicional; pero en términos de finanzas de la finca ellos gravitan sobre el nivel de beneficio neto.

Para la finca "El Ejemplo", el cálculo de BN se muestra en el Cuadro 5.6.

Cuadro 5.6 - Cálculo de "Beneficio Neto" para la finca "El Ejemplo" 1993

Costos (\$)		Ingresos (\$)	
Costos efectivos	65.636	Ventas	94.667
Depreciación	4.684	Auto-consumo	1.017
Mano de obra familiar	2.400	Cambio inventario	+6.277
Sueldo dueño	5.000		
Auto-consumo	1.017		
Alquiler no efectivo	8.299		
Intereses no efectivos	14.500		
Beneficio Neto	<u>425</u>		
TOTAL	101.961	TOTAL	101.961

El resultado del beneficio neto calculado que aparece en el Cuadro 5.6 muestra un valor muy bajo. Esto no es sorprendente ya que este índice ha incluido todos los costos. El BN es un indicador que puede ser utilizado para comparar diferentes fincas en forma de BN/ha o BN/vaca, etc. Sin embargo, su aplicación principal es para analizar las diferencias e identificar las razones para los cambios en los índices de la eficiencia económica de la misma finca año por año. En cuanto al manejo de una finca lo más importante, es que el BN demuestre un valor positivo; si resulta negativo, significa que un recurso o varios están siendo utilizados de una manera sub-óptima.

Una flaqueza al usar el BN para comparar resultados entre fincas resulta ser el valor que se adjudica al dueño para remunerar sus esfuerzos administrativos (sueldo). No es válido el uso del BN para comparar fincas, en el caso que exista una gran disparidad en el nivel de sueldos atribuidos a sus administradores; esto distorsiona la comparación.

Afortunadamente existe un indicador de eficiencia económica que permite efectuar una mejor comparación entre diferentes sistemas de producción agropecuarios, este indicador es el "Ingreso de Manejo e Inversión".

5.6 El "Ingreso por Manejo e Inversión" (IMI)

El IMI representa la ganancia generada en la empresa, en forma conjunta, por el esfuerzo gerencial (manejo) y el capital total invertido en la empresa (tanto propio como prestado).

Debemos recordar que nuestro propósito para analizar la eficiencia económica de diferentes fincas y sistemas es llegar a comprender las interacciones biológicas y económicas que afectan la rentabilidad económica. Por un lado tenemos que el manejo es el factor crítico que decide cómo y en cuáles combinaciones se deben utilizar los recursos de la empresa. Igualmente, el capital disponible y la forma como éste se utiliza condicionan las opciones factibles para el manejo. Por lo tanto, es algo lógico considerar el Manejo y la Inversión como factores inseparables en estudios de la eficiencia económica.

El estudio comparativo de la eficiencia requiere la introducción de varios ajustes para poner diferentes fincas o sistemas en una base idéntica que permita comparaciones válidas. Para iniciar el cálculo de este nuevo indicador: IMI, se parte del supuesto que todo el terreno es alquilado y que por ende existe un costo de alquiler.

Como el cálculo del IMI resulta de la recompensa que debe adjudicarse al manejo y a la inversión, entonces no se incluyen los intereses como costos, porque esto representaría la ganancia de la inversión. Por las mismas razones el costo de administración (sueldo del dueño) tampoco es incluido como costo porque el IMI calcula su ganancia en vez de asumir un sueldo ficticio como en el caso del BN.

Obviamente, si el dueño de una finca no trabaja en la finca prefiriendo pagar un administrador, entonces el sueldo del administrador se toma como si este fuese el sueldo asignado al dueño y tampoco se incluye como un costo.

Si bien el indicador IMI tiene ciertas desventajas, es el índice de eficiencia económica que resulta ser el más fácil para calcular y el más útil para poder hacer comparaciones entre diferentes sistemas y fincas.

Recordemos que los costos efectivos no incluyen intereses, ni salario del dueño, ni sueldo del administrador si el dueño no se ocupa de la finca.

Cuadro 5.7 - Cálculo de "Ingreso por Manejo e Inversión" para la finca "El Ejemplo" 1993

Costos (\$)		Ingresos (\$)	
Costos efectivos ¹	67.309	Ventas	94.667
Depreciación	4.684	Auto-consumo	1.017
Mano de obra familiar	2.400	Cambio inventario	6.277
Auto-consumo	1.017		
Alquiler no efectivo	8.299		
Ingreso por Manejo e Inversión	18.252		
TOTAL	101.961	TOTAL	101.961

Nota: 1. No incluye \$1.673 pago de interés bancario en efectivo.

El indicador IMI con un valor de \$18.252 que aparece en el Cuadro 5.7 representa la ganancia combinada que retribuye al manejo y la inversión (no olvidar que esto no incluye la inversión en terrenos ya que la recompensa del recurso tierra ha sido cobrado como alquiler.).

Sin embargo el indicador IMI, presentado en como aparece en el Cuadro 5.7, no debe ser utilizado para comparar fincas de diferentes tamaños. Así, para comparar fincas que emplean el mismo tipo de sistema pero que poseen diversos tamaños, es mejor expresar el IMI por unidad de terreno o sea IMI/ha.

En este caso:

$$\text{IMI/ha} = \frac{18.252}{100} = \$182 / \text{ha/ año}$$

Ahora bien si se desea comparar diferentes sistemas de producción, aunque las diversas fincas tengan el mismo tamaño, no es válido usar el indicador IMI/ha. Esto se explica porque las diversas fincas presentan diferencias en la intensidad de producción generadas, en distintos valores en carga animal, productos vendidos, inversión total etc. Para comparar fincas con distintos sistemas necesitamos un denominador común más equitativo que el número total de hectáreas de la finca. En estos casos calculamos el indicador IMI tomando como base la inversión total (sin incluir el valor del terreno porque esto ya ha sido cobrado como un costo de alquiler), de la siguiente manera;

$$\text{IMI / IT} = \frac{\text{Ingreso por Manejo de Inversión Total}}{\text{Inversión Total (sin incluir terreno)}} * \frac{100}{1}$$

Para la finca "El Ejemplo" la ecuación sería:

$$\text{IMI / IT} = \frac{18252}{109147} * \frac{100}{1} = 16,7\%$$

Este indicador permite comparar diferentes sistemas y el valor indicado significa que por cada \$100 invertido en capital y en esfuerzo de manejo, se genera una ganancia de \$16,7 en el año. Para calcular el ingreso generado por la inversión solamente se puede modificar la fórmula anterior, retirando el costo asignado a retribuir el manejo, para calcular la **Utilidad de Capital (UC)**:

$$\text{UC} = \frac{\text{IMI} - \text{Costo de Manejo (Sueldo dueño)}}{\text{Inversión Total (sin incluir terreno)}} * \frac{100}{1}$$

Es obvio que existe el riesgo de sub-estimar o sobre-estimar el costo de manejo y de esta forma falsear la partición entre inversión y manejo.

Para la finca "El Ejemplo" la ecuación sería:

$$UC = \frac{18.252 - 5.000}{109.147} * \frac{100}{1} = 12,1\%$$

El valor de 12.1% para UC se compara muy favorablemente con el 8% cobrado por los bancos y significa que se está utilizando el capital con una eficiencia aceptable.

En lugares donde haya recursos suficientes, las Universidades y Ministerios calculan y publican anualmente resultados calculados para indicadores como IMI/IT basándose en datos suministrados por numerosos productores cooperantes, y para diferentes sistemas. Esta es una gran ayuda para los propietarios ya que así pueden estimar la eficiencia de su propio predio en comparación con el promedio de fincas similares; es por ello que este indicador representa una herramienta muy útil para el manejo práctico de una finca.

5.7 Inversiones nuevas y mejoras

El tema de las inversiones nuevas y mejoras en los sistemas de producción, si bien no serán consideradas en todo su detalle contable, resulta necesario ya que se tratan de gastos de inversión.

Consideremos un ejemplo que subraya el impacto de la variable "tiempo". Los costos de insumos como fertilizante, vacunas y alimentos comprados se contabilizan al momento de su compra durante el año porque generalmente son consumidos en un corto plazo. Pero en el caso de la compra de una gran cantidad de fertilizante, que podrá durar más de un año, la cantidad excedente al cerrar el período contable toma gran importancia; hay que efectuar una entrada en el nuevo inventario para contrarrestar el gasto que fuese cargado a los costos al momento de la compra. Sin embargo, *¿cómo debemos tratar la compra de un tractor que será usado durante muchos años? ¿Se justificaría cargar su costo total contra la producción de un solo año?*

Los costos imputables a inversiones nuevas y mejoras que van a generar un beneficio para la empresa que podrá durar varios años, tienen que ser tratados de una manera especial. Es el caso por ejemplo de: maquinarias, habilitación de potreros, compra de sementales, construcción de edificios etc.) Para estos fines se propone un método consistente con la metodología que se ha seguido antes.

En efecto se carga el costo total de la mejora en los costos efectivos, y para tomar en cuenta el aumento que ella genera en el valor total de la empresa, se incluye simultáneamente el mismo valor en el cambio (aumento) de inventario. En esta forma la hoja contable queda balanceada en ambos lados. El "costo" de la mejora se cobra cada año por medio de la depreciación, en el caso de un activo fijo. Por otro lado debido a que ella genera un aumento en la inversión total del negocio (IT) su impacto es tomado en cuenta en los cálculos de UC y IMI/IT pues la inversión nueva aparece en el denominador de la ecuación. Así toda inversión que no proporcione un beneficio tendría el efecto de reducir los valores calculados para los indicadores UC y IMI/IT.

5.8 Uso de IMI para comparar sistemas

El interés principal en calcular índices para IMI es poder presentar resultados de distintos sistemas, pero expresados sobre una misma base, para así poder validar comparaciones

entre ellos. Este tipo de indicador permite además analizar interacciones biológicas y así llegar a comprender mejor como ellas pueden influir la eficiencia económica de un determinado sistema.

El Cuadro 5.8 resume información publicada anualmente por Universidades inglesas sobre el indicador: Ingreso por Manejo e Inversión, IMI referido a Capital Invertido, CV7, calculados sobre registros de fincas reales.

Cualquier ganadero o agricultor puede calcular el IMI/IT de su propia finca para compararlo con los valores promedios, e incluso con niveles más exigentes como ser el 50%, 20% o el 10% de fincas con mejores índices. Esto daría una indicación de su mérito (mediocre, aceptable o gran habilidad) en el manejo de su sistema de producción.

Cuadro 5.8 - Valores de IMI/capital invertido calculados para varios sistemas según su tipo y tamaño según Barnard and Nix, 1979).

Sistema	Tamaño promedio (ha)	IMI/IT (%)	
		Promedio de todas las fincas	Promedio del mejor 50% de fincas
Leche	< 60	15	26
	60 - 120	22	30
	> 120	19	29
Cultivos	< 100	23	38
	100 - 200	18	28
	> 200	36	55
Mixto (cultivos y leche)	< 200	31	46
	> 200	26	36
Mixto (bovinos y ovinos)	< 100	12	23
	> 100	24	23
Cerdos		30	38
Mixto (Cerdos y cultivos)		26	44
Frutales		34	58
Hortalizas		48	67

¿Qué conclusiones de pueden proponer en base a la información contenida en el Cuadro 5.8?

Primero se nota cómo el nivel de intensificación del sistema influye sobre el valor de IMI/IT. Por ejemplo, cerdos, frutales y hortalizas tienden a ser más altos que las empresas ganado de leche y ganado de carne. Esto se puede explicar en función del uso más intensivo de la tierra. Aunque una finca de hortalizas ubicada en suelos fértiles tiene un cargo mucho mayor en alquiler de terreno que una finca de carne en la montaña, este costo de alquiler como proporción de los costos totales de la empresa representa una cantidad mucho menor en el caso de sistemas intensivos.

En seguida es interesante analizar el efecto del tamaño de la explotación. Por ejemplo, fincas grandes dedicadas a la agricultura tienen IMI/IT más alto que fincas pequeñas. Esto es debido a la mayor eficiencia en el uso de maquinaria y equipos en terrenos más amplios. Además, hay una tendencia a que las fincas de menor tamaño en la categoría "promedio" manejen mejor sus escasos recursos que las fincas de mayor tamaño.

5.9 Ejercicio

El Cuadro 5.9 muestra datos de un caso verídico y contiene toda la información necesaria para calcular indicadores de eficiencia económica, tales como:

- a) Beneficio Bruto
- b) "La Renta"
- c) Beneficio Neto
- d) Ingreso por Manejo e Inversión (IMI) de la finca
- e) IMI/ha
- f) IMI/IT

Las soluciones se presentan al final del capítulo.

Cuadro 5.9 - Datos económicos de un hato de carne en una finca de Centroamérica (J. Wadsworth 1983), Colones © por año.

Egresos durante 1983		Ingresos durante 1983	
Costo o Inversión	©	Productos	©
Mano de obra fija	168.000	Ventas	1.927.855
Seguro social	33.600		
Veterinario	24.000	<u>Total ingreso efectivo</u>	<u>1.927.855</u>
Mantenimiento	33.495		
Medicinas	52.522	Cambio inventario	+ 228.000
Minerales y sal	63.967	Mejoras	217.161
Alimentos comprados	98.092	Auto-consumo	150.000
Mano de obra ocasional	169.891		
Fertilizantes	4.587	<u>Total ingreso no efectivo</u>	<u>595.161</u>
Herbicidas	40.931		
Gasolina	1.997		
Otros insumos varios	5.064		
Mejoras	217.161		
Salario administrador	200.000		
Intereses bancarios	100.000		
<u>Costo total efectivo</u>	<u>1.213.307</u>		
Auto-consumo	150.000		
Alquiler de terreno	240.000		

Intereses no efectivos	471.000		
Depreciación	100.000		
<u>Costo total no efectivo</u>	<u>961.000</u>		
Inversión en animales	4.710.000		
Inversión en equipo	1.000.000		
<u>Inversión total</u>	<u>5.710.000</u>		
Extensión de la finca	120 ha		

5.10 El "Margen Bruto" (MB)

El Margen Bruto (MB) es un indicador de eficiencia económica muy sencillo. Si bien esto tiene ventajas, también implica ciertas limitaciones en el uso del MB como un indicador de eficiencia económica.

Los índices de eficiencia económica considerados hasta ahora (BN e IMI) requieren que se calculen todos los costos de la finca, incluyendo los costos fijos (vea Sección 4.4). En algunos casos esto resulta difícil y su cálculo es demoroso cuando hay que deducir los costos fijos de una explotación. La ventaja del MB es que sólo toma en cuenta los costos variables. Esto se hace de la siguiente manera;

$$\text{MB} = \text{Producto Bruto} - \text{Costos Variables}$$

El MB no es un índice de eficiencia económica en sí, pero sí sirve para comparar diferencias en el nivel de esta eficiencia. Para llegar a un valor del índice (IMI) a partir de MB hay que restarle los costos fijos al valor de MB;

$$\text{IMI} = \text{MB} - \text{Costos Fijos}$$

El Cuadro 5.10 muestra estas relaciones.

Cuadro 5.10 - Comparación de MB y IMI en dos fincas arroceras (expresados en \$/ha/año)

Indicadores	Finca A (\$)	Finca B (\$)
Producto bruto	10.000	18.000
Costos variables	5.000	9.000
Margen Bruto (MB)	5.000	9.000
Costos fijos	2.000	2.000
Ingreso por Manejo e Inversión (IMI)	3.000	7.000

El efecto inducido por diferencias en el tamaño de la explotación el valor de MB se elimina al ser expresado en relación a una unidad de producción (ej. MB/ha, MB/Vaca, MB/Cerda etc.). En el caso del Cuadro 5.10 todos los datos están a base de \$/ha de arroz cultivado. La finca A tiene una producción mucho menor que la de la finca B, sin embargo como tiene costos variables menores el valor de MB resulta ser de \$5.000/ha. La finca B logra un MB/ha de \$9.000/ha que es \$4.000/ha mayor que el MB/ha de A. El uso correcto del

análisis basado en el indicador MB permite concluir que la finca B cultiva arroz con una rentabilidad superior a la finca A y que esta ventaja equivale a \$4.000/ha. De esta forma aunque el indicador MB no la mide en sí, es posible inferir resultados correctos sobre la comparación de niveles.

La conclusión indicada recién puede verificarse al restar los costos fijos de producción de cada valor calculado para MB. En el ejemplo citado (Cuadro 5.10) llegamos a la conclusión que el IMI/ha de la finca B supera en \$4.000 aquel de A ($7.000 - 3.000 = 4.000$). Esto demuestra como el simple uso del MB permite una conclusión comparativa válida, sin abordar en detalle el problema de costos fijos. Sin embargo no se debe olvidar que esto es válido únicamente cuando los costos fijos por unidad de producción son similares entre los casos comparados.

A continuación se resumen tres situaciones cuando es válido el uso del MB para hacer comparaciones de eficiencia económica (haciendo inferencias para):

- i) Comparar diferentes fincas, siempre y cuando los costos fijos por unidad productiva sean similares, (no es válido comparar el MB/ha de una lechería intensiva con el MB/ha de un hato de carne extensivo porque los costos fijos/ha son muy diferentes).
- ii) Comparar la eficiencia económica de la misma finca en diferentes años, siempre y cuando no ocurran grandes modificaciones en los costos fijos del sistema (no es válido comparar el MB/ha de arroz de un año que empleó gran cantidad de mano de obra ocasional con el MB/ha de otro año cuando la finca disponía de un tractor).
- iii) Comparar la eficiencia económica entre diferentes actividades realizadas en la misma finca para así planificar la mejor combinación de actividades productivas, siempre y cuando los costos de la finca se distribuyan en proporción a la superficie de cada actividad.

El uso de indicador MB es de gran utilidad para determinar la eficiencia de utilización de los costos variables. Los costos variables son "el combustible" que permite el aprovechamiento de los recursos fijos. Los recursos fijos no pueden ser movilizadas rápidamente (de allí que se consideran "fijos" literalmente) mientras los costos variables pueden ser manipulados, eliminados, aumentados, etc. en forma inmediata, de acuerdo con las necesidades de manejo. Es por ello que el manejo a través de cambios introducidos en costos variables controla la producción y la del negocio.

Sin embargo cuando se utiliza el indicador MN lo más importante es no olvidar el rol de los costos fijos: los costos fijos representan no sólo una salida obligatoria y permanente, sino que además hay que cubrirlos independientemente del volumen de producción que se genere en la empresa.

5.10.1 Uso de MB en análisis para hacer comparar la eficiencia económica entre diferentes fincas

El uso del indicador: MB, que no toma en cuenta los costos fijos de las empresas, es válido únicamente para hacer comparaciones entre diferentes fincas, siempre y cuando los costos fijos sean parecidos. Como regla general el resultado de comparar el MB de diferentes fincas es válido cuando:

- el tipo de explotación es idéntico (ej. leche, cultivos, carne, etc.);
- se emplean sistemas parecidos;
- el tamaño es similar;
- yacen en la misma zona agro-ecológica;
- se utilizan razas y variedades de cultivo similares.

Se puede concluir que el MB es un indicador muy limitado en cuanto a su capacidad de permitir la comparación de diferentes fincas; sin embargo, utilizado bajo las condiciones mencionadas es una herramienta analítica muy útil.

Gracias a registros productivos mantenidos en las fincas, algunos países pueden determinar "normas" sobre los valores anualmente calculados para sus valores MB. Esto se presenta en detalle describiendo cada año los diferentes grupos según sistema, tamaño, y zona, etc. Se señalan los promedios y el rango de aceptabilidad indicado por los productores. Esta información es publicada y permite a los ganaderos el comparar la eficiencia de su propio negocio frente a los promedios nacionales. En Gran Bretaña este método ha ayudado a los ganaderos a mejorar considerablemente el nivel de manejo de las fincas (ver Nix, 1992).

El Cuadro 5.11 presenta una comparación de 4 fincas.

Cuadro 5.11 - Comparación de datos de 4 lecherías en base a un análisis de Margen Bruto: MB (todos los datos en \$/vaca/año)

Parámetros	Lechería A	Lechería B	Lechería C	Lechería D
Ingresos				
Venta de Leche ¹	600	570	550	1.000
Terneros (venta o valor)	40	30	40	30
Vacas viejas	30	25	35	25
Producto Bruto	670	625	625	1.055
Costos Variables				
Concentrados	200	250	160	250
Heno	10	15	20	20
Fertilizantes y herbicidas	57	80	95	85
Veterinario y medicinas	13	25	10	35
Ensilaje ²	20	20	50	50
Costos Variables Totales	300	390	335	440
MARGEN BRUTO	370	235	295	615
Costos Fijos	240	230	230	485
IMI	130	5	65	130

Notas:

1 Incluye auto-consumo.

2 Ensilaje preparado por contratistas.

El ejemplo presentado en el Cuadro 5.11, la finca A representa una empresa de mérito y con índices de productividad de mejor nivel que el promedio de las lecherías de la zona. Los ganaderos B, C y D pueden comparar sus índices de eficiencia con los valores calculados para la lechería A, con el propósito de indagar como podrían mejorar el manejo de sus explotaciones.

Se recomienda estudiar la información del Cuadro 5.11 y tratar de identificar el posible origen de las diferencias que existen entre las fincas.

Lechería B:

Un factor de suma importancia en consideraciones del indicador MB es la producción bruta. En la mayoría de casos, es el nivel de producción que determina el MB. En este caso la producción de la finca B es baja a causa de los pocos terneros vendidos o de su venta a bajos precios; el nivel de bajos ingreso es causado en parte por malas ventas de vacas de descarte pero principalmente por la mala calidad de la leche y su bajo precio de venta. Esta producción mediocre contrasta desfavorablemente con los costos ya que se utiliza gran cantidad de concentrado, heno y fertilizante. La lechería B comparada con A se caracteriza por una eficiencia inferior en el uso de alimentos. Al comparar B y A en la eficiencia de uso de los costos variables para la producción de pasto (fertilizantes y herbicidas) el valor de B es inferior ya que hay un gasto de \$115/vaca/año para proveer forraje (heno, pasto y ensilaje) comparado con sólo \$77/vaca/año para A.

Los problemas de la lechería B pueden resolverse manteniendo el nivel actual de costos pero hay que mejorar el manejo de las vacas para así poder aprovechar los costos variables en elevar la producción. Por otro lado, podría intentar de mantener la misma producción, pero evitar el mal uso de los insumos, principalmente alimentos, y así reducir los costos. En todo caso la situación de la lechería B necesita investigar a fondo su negocio.

Los costos fijos por otro lado muestran que el IMI de la lechería B es casi cero, lo que indica que la empresa no permite pagar un sueldo al ganadero. El negocio está a punto de quebrar, no porque los costos fijos sean altos, sino por el mal aprovechamiento de los costos variables, lo que resulta en un MB/vaca que apenas cubre los costos fijos sin dejar una "renta".

Lechería C:

Esta finca también muestra una producción bruta inferior a la de la lechería A. Pero como sus costos variables son menores, esto no es tan alarmante como en el caso B. Esta finca pone más énfasis en la producción de pasto y ensilaje (más costos variables) y menos uso de concentrados. Sin embargo, esta estrategia no genera una producción suficiente alta ni una reducción de costos variables para dar un valor de MB igual al de la lechería A.

El ganadero C logra generar un ingreso pero sus prioridades de gestión son inadecuadas. El índice de eficiencia en la utilización de los costos variables es mediocre (valor de MB subóptimo) causado por una combinación de gastos ineficaces que generan costos innecesarios. El ganadero C debe considerar cómo podría aumentar la producción de leche haciendo mejor uso de su sistema de alimentación actual basado en forraje sin elevar los costos variables o gastar más dinero en concentrado y tratar de mejorar la

eficiencia de uso de forrajes reduciendo el costo de ensilaje, fertilizantes y herbicidas sin perjudicar la producción actual. Otra opción para el ganadero C si está seguro de contar con una buena producción de forraje será el reducir aún más los concentrados y aplicar una estrategia de sistema de bajo costo/baja producción, lo cual que tal vez podría resultar más favorable en términos de MB y IMI.

Lechería D:

El caso de la lechería D se incluye para demostrar como no se debe usar el indicador MB. La lechería D es un sistema de alta producción y alto costo (costos fijos). Posiblemente se trata de una lechería que usa la estabulación permanente, con forrajes bajo riego, vacas de altísimo potencial genético que representan una inversión más alta, y que ocupa terrenos de alto precio. En términos de valor de MB se podría decir que la finca D muestra una altísima eficiencia, pero en la realidad su valor de IMI es idéntico al de la finca A. Bajo estas condiciones la comparación entre fincas en base de MB no es válida porque no cumple con los requisitos mencionados más arriba, y específicamente por la gran disparidad en costos fijos de ambas fincas.

En conclusión se puede insistir que una ventaja del análisis del indicador MB es la facilidad de cálculo ya que prescinde de consideraciones complicadas sobre costos fijos. Este indicador enfatiza la consideración de los costos variables, factores que deben afectar directamente el nivel de producción. La eficiencia en cuanto al uso de los costos variables es de suma importancia para el manejo a cono plazo de explotaciones agropecuarias.

5.10.2 Uso del Margen Bruto para el control de la eficiencia económica año por año en la misma finca

La meta de un administrador o dueño debe ser de mejorar la eficiencia económica de la explotación a través de tiempo, (o por lo menos mantener un nivel de eficiencia adecuado), sin comprometer el equilibrio del medio ambiente en el largo plazo. Suponiendo que es más fácil en el corto plazo cambiar los costos variables que los costos fijos, y presumiendo también que no ocurran modificaciones radicales en el tipo de sistema en uso, los costos fijos mostrarían una tendencia a seguir iguales de un año a otro; bajo tales condiciones el MB daría una medida de eficiencia económica válida para comparar los cambios en los resultados a través de los años.

Los precios de los diferentes insumos tal vez cambien en diferentes proporciones durante los años, lo cual introduciría modificaciones en la estructura de los costos variables (ej. reemplazando gastos en concentrado por gastos en fertilizantes etc.). Obviamente, la inflación también influiría sobre el valor del MB cada año. Sin embargo, el MB es tan fácil de calcular que un análisis empleando valores de MB junto con sus respectivas estructuras de los componentes del costo variable total, resulta muy útil. No obstante no debemos descontar la posibilidad de llegar a tal punto de eficiencia biológica y económica en el manejo de la empresa que sea preciso concluir, que la única manera de seguir mejorando la eficiencia económica, sería aumentando la inversión en más equipo, animales o infraestructura, etc. con lo cual se modifica radicalmente el nivel y estructura de los costos fijos de la empresa.

Al analizar las causas de fluctuaciones de los valores de MB de un año a otro hay que verificar si no han surgido cambios en el nivel de producción debidos a fenómenos naturales (sequía, inundación, brotes de enfermedad etc.).

El indicador MB debe ser siempre usado como una guía general. Por ello es aconsejable que, antes de introducir grandes modificaciones en el sistema bajo análisis que pudiesen provocar deterioraciones de la eficiencia económica de tal sistema, se efectúen primero estudios en detalle sobre los posibles resultados de tales modificaciones.

Cuadro 5.12 - Análisis de diversos valores anuales de una porqueriza' para el indicador MB, año por año (todos los datos en términos de \$/cerda/año)

Parámetro	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Ingresos						
Lechones vendidos	60	70	90	120	125	125
Cerdas viejas ²	0	0	0	0	0	0
Producto Bruto	60	70	90	120	125	125
Costos Variables						
Concentrado	17	20	25	28	30	32
Veterinario y medicinas	3	3	6	12	13	14
Iniciador (lechones)	10	12	19	20	22	24
Mano de obra adicional	0	0	0	10	10	10
Costos Variables Totales	30	35	50	70	75	80
MARGEN BRUTO	30	35	40	50	50	45
Costos Fijos	10	10	10	10	10	10
IMI	20	25	30	40	40	35

Notas:

1. No hay inflación durante el período, los cambios en ingresos y costos son debidos a cambios en volumen y/o calidad, no por aumento de precio inflacionario.
2. El valor de una cerda de deshecho es igual al costo de una hembra joven para su reemplazo

Estudiar los datos presentados en el Cuadro 5.12. ¿Ud. podría identificar las causas de las fluctuaciones del valor MB desde 1989 al 1994? ¿Qué cambio importante ocurrió en 1992, y cuál fue su impacto sobre la de la empresa?

El Cuadro 5.12 representa un ejemplo de un análisis de valores MB de datos de producción de una porqueriza desde 1989 hasta 1994. Se nota que hasta el año 1991 el valor de MB aumentó principalmente por el uso de mayor cantidad de alimento, esto tuvo el efecto de mejorar la producción (los precios de insumos y de productos vendidos fueron estables durante todo el período). En 1992 se introdujo mano de obra ocasional, posiblemente para asegurar un mejor control de partos en los fines de semana y en las noches, esto, en conjunto con mayor atención en los aspectos de salud animal provocó un aumento en el MB de \$40 a \$50/cerda entre 1991 y 1992.

En 1993 el valor MB fue igual al del año anterior a pesar que su nivel de producto bruto aumentó la producción en \$5/cerda. *¿Qué indica esto? ¿cómo cambiaron los costos variables en 1993 comparados con 1991?* Los costos variables también aumentaron en \$5/cerda, igualando el aumento en producción; es por ello que tanto el valor de MB como de IMI no cambiaron. La conclusión es que, como el cambio no tuvo ningún efecto sobre la IMI, el dinero usado para esos gastos variables fue malgastado.

En 1994 aunque la producción se mantuvo idéntica al año anterior (\$125/cerda), el gasto en costos variables aumentó en \$5/cerda indicando que los costos variables adicionales en ese último año fueron gastados en vano; consecuentemente los valores MB y IMI bajaron. Una posible explicación para esto podría ser que el sistema haya alcanzado a su máximo techo de eficiencia económica con las inversiones existentes (costos fijos). Para seguir aprovechando niveles más altos de costo variable con mayor eficiencia es probable que sea necesario invertir en cerdas de mejor potencial genético o/y nuevos edificios y equipos.

5.10.3 Uso de Margen Bruto para comparar diferentes actividades en la misma finca

El propósito perseguido por este tipo de análisis es determinar la mejor mezcla de actividades productivas (empresas) en una finca dada. Es un método rápido y fácil que permite evaluar un gran número de diferentes opciones. Una desventaja de este indicador es el supuesto de base que todos los costos fijos se reparten equitativamente en cada hectárea de la finca (ej. el costo fijo de una ha de arroz sería igual al de una ha dedicada a lechería etc.). En algunos casos este supuesto es válido mientras en otros no; en dichos casos habrá que modificar los costos variables de las distintas actividades para obtener una base común con costos fijos iguales. Por ejemplo, si un tractor es utilizado por todas las actividades de la finca, es lógico incluir el costo de su depreciación, mantenimiento, combustible etc. en los costos fijos generales de la finca. Sin embargo, en el caso de una máquina ordeñadora que sólo es usada en la lechería es obvio que su costo de depreciación y mantenimiento debe ser cargado como costo variable de la lechería; este costo es específico a las actividades de la empresa "lechería" y por ello no debe ser compartido con las otras empresas.

La base de este análisis reside sobre las siguientes relaciones aritméticas;

$$MB_F = MB_1 + MB_2 + MB_3 + \dots + MB_N$$

Donde: MB_F = MB de la finca entera

MB_1 = MB de la actividad 1

MB_2 = MB de la actividad 2

MB_3 = MB de la actividad 3

MB_N = MB de la enésima actividad.

Si expresamos los MB de cada actividad por hectárea de terreno que se ocupa, se puede derivar la siguiente relación:

$$MB_F = (MB_1 * S_1) + (MB_2 * S_2) + (MB_3 * S_3) + \dots + (MB_N * S_N)$$

Donde: S_1 a S_N representan las superficies de las diferentes actividades y los MB son expresados por ha (MB/ha).

Con la finalidad de mejorar el índice de eficiencia económica de la finca entera este tipo de análisis permite identificar las actividades productivas con valores MB bajos, las que deben mejorar sus valores o ser reemplazadas por actividades con MB más alto. Existen varias consideraciones importantes que deben ser tomadas en cuenta al realizar estas comparaciones:

i) Optimo uso del suelo: Si existe variación en las características de los suelos presentes en la finca esto afectaría su capacidad productiva en distintos lugares, y como consecuencia la potencialidad de uso de cada parte de la finca. Por ejemplo, aunque la siembra de arroz tenga un MB mucho más alto que la actividad de engorde de novillos, si sólo hay una parte limitada de la finca adecuada para sembrar arroz (ej. mecanizable, topografía etc.) sería imposible aumentar el área de arroz sin incurrir grandes inversiones (costos fijos) en habilitación de terrenos. Así el tipo de recursos "naturales" disponibles en la finca determinan la combinación óptima de actividades.

ii) Interacción entre componentes: Los efectos benéficos de realizar una rotación de cultivos también modifica el cálculo de la mejor combinación de actividades. Aunque en el corto plazo podría ser superior dedicar todo el terreno a un solo cultivo (monocultivo), es siempre aconsejable mantener cierta diversidad en una parte de la finca con pasto, leguminosas, abonos verdes etc. Por ejemplo, al aumentar el terreno dedicado a los cultivos y bajar el porcentaje de pasto significa que aumentará el número de años consecutivos en que los mismos terrenos pasarán bajo cultivos. Las probables consecuencias negativas de practicar un monocultivo serían un aumento en los problemas de plagas y enfermedades, una reducción en el nivel de fertilidad del suelo y una caída de la producción biológica. Para combatir estos problemas habrá que utilizar más productos químicos y fertilizantes lo cual aumentará los costos variables de los cultivos y reducirá el valor MB de esta actividad.

iii) Sincronización de labores: Otro factor importante es el tiempo disponible para ejecutar las labores programadas para las diversas actividades. Por ejemplo, la combinación óptima de cultivos, según el análisis de MB podría ser cultivar 100 ha de arroz. Sin embargo, como la siembra y cosecha deben efectuarse con gran rapidez, no es factible programar más de 70 ha de este cultivo con la maquinaria existente. Para acomodarse a esta restricción se puede proponer dedicar las 30 ha restantes a la siembra de maíz, cuyo cultivo puede ocupar la maquinaria en otras épocas. De esta forma aunque el cultivo de maíz en sí no es tan rentable como el arroz, él permite aprovechar al máximo los recursos (costos fijos) de la explotación considerada en su conjunto.

iv) Cambios en estructura de los costos fijos: Es evidente que las diversas actividades realizadas por diferentes empresas tienen distintos requerimientos en cuanto a recursos fijos (capital, mano de obra fija, instalaciones y maquinaria). El análisis de MB considera siempre el supuesto que los costos fijos se reparten todos equitativamente en cada hectárea de la finca. Es difícil ajustarse para cumplir con este supuesto; pero es también difícil evaluar cambios individuales en el corto plazo (especialmente en el caso de inversiones en infraestructura como agua, caminos, edificios etc.). En ciertas circunstancias hay que considerar la expansión de cierta actividad lo que podría provocar un aumento en costos fijos, por ejemplo un hombre adicional exclusivo para la actividad, un nuevo edificio o máquina, etc. El impacto de estos cambios deben ser cuidadosamente

evaluados después de calcular y evaluar los valores MBs en relación con el valor del IMI total de la finca.

El análisis del valor MB es muy útil al planificar las actividades productivas de una finca; también lo es para averiguar periódicamente (cada 3 años) si la combinación de actividades adoptada como óptima, sigue siendo válida; de no ser así será necesario modificarla y establecer una nueva combinación de actividades.

El Cuadro 5.13 presenta las opciones en actividades productivas del siguiente ejemplo.

Cuadro 5.13 - Valores probables de MBs para varias actividades productivas en una región determinada (todos los datos en \$/ha/año)

Parámetro	Actividad Productiva (\$/ha/año)		
	Carne	Lechería doble propósito	Arroz
Producto bruto	6.000	15.000	30.000
Costos variables			
Semillas	0	0	3.000
Concentrado	0	2.000	0
Fertilizantes	0	1.000	2.000
Vet. y Medicinas	300	1.000	0
Productos Químicos	200	500	2.500
Mano de obra adicional	0	0	4.000
Alquiler de Maquinaria	0	0	500
Costos variables totales	500	4.500	12.000
MB/ha/año	5.500	10.500	18.000

El Cuadro 5.13 representa los valores anuales de MB calculados por hectárea dedicada a las tres actividades posibles de realizar en una finca determinada dentro de cierta zona agro-ecológica. Se constata aquí que el cultivo de arroz es la actividad más rentable seguido luego por la lechería (doble propósito) y por último el hato de carne.

Si la finca sigue un plan productivo tal como el que se representa en el cuadro 5.14 se pueden calcular los valores MB y IMI de la finca en total.

Cuadro 5.14 - Cálculo de valores MB total y IMI de una finca de 200 ha según sus actividades productivas de sus empresas. (\$/Año).

Actividad productivas (empresas)	Margen Bruto (\$/ha/año)	Terreno dedicado (ha)	MB total de actividad (\$/año)
Carne	5.500	100	550.000
Doble Propósito	10.500	60	630.000
Arroz	18.000	40	720.000
		<u>Total ha 200</u>	
			<u>MB Total 1.900.000</u>

			<u>MB/ha/año 9.500</u>
			<u>CF/ha/año 4.000</u>
			<u>IMI/ha/año 5.500</u>

Supongamos que, basado en la combinación de actividades ilustradas en el Cuadro 5.14 y que se ejecutan actualmente en la finca, el dueño quiere indagar si existe alguna otra opción productiva que podría ser más rentable. Para ello primero se debe analizar la empresa de punto de vista de los recursos disponibles y luego determinar el tamaño máximo que sería factible para cada actividad individual, sin afectar los costos fijos. En el Cuadro 5.15 se detalla una lista de restricciones a considerar en la determinación del tamaño máximo.

Cuadro 5.15 - Restricciones que gravitan sobre el tamaño máximo de cada actividad productiva de una finca de 200 ha extensión total

Restricción	Tamaño máximo de actividades (ha)		
	Carne	Doble Propósito	Arroz
Terreno adecuado	200	150	100
Instalaciones	200	100	200
Mano de obra fija (en el momento apropiado)	200	120	90
Maquinaria	200	200	70

El Cuadro 5.15 indica que la actividad de producción de carne podría ocupar toda la finca sin cambiar los costos fijos/ha, porque no existe ninguna restricción para esta actividad que esté ligada a los recursos disponibles. Sin embargo esta empresa no representa la mejor alternativa para la finca en términos de MB. Para determinar la combinación óptima de actividades productivas se las debe considerar con relación al indicador de rentabilidad, ordenándolas de mayor a menor según el rango de este índice. En el presente caso hay que maximizar la cantidad de tierra cultivada con arroz, luego adjudicar la tierra requerida por doble propósito y sólo si sobra terreno, lo que reste se podrá dedicado a la producción de carne.

Arroz: No existe restricción en cuanto a instalaciones. Hay restricciones de terreno pues la finca sólo cuenta con 100 ha aptas para sembrar arroz. No obstante, el cultivo de 100 ha de arroz no es factible por falta de mano de obra disponible, lo cual restringe esta empresa a 90 ha. Sin embargo la mayor restricción en cuanto al cultivo de arroz es la falta de maquinaria, que sólo permite la siembra de 70 ha en forma oportuna. Se concluye que bajo estas circunstancias (Cuadro 5.15) el máximo tamaño de la empresa arrocera debe ser 70 ha y consecuentemente se dispone de 130 ha para repartir entre las otras dos actividades productivas.

Doble propósito: Las totalidad de las 130 ha restantes son aptas para manejar ganado doble propósito. Sin embargo, aunque la mano de obra no impone restricciones para manejar mayor número de ganado doble propósito, las instalaciones disponibles lo restringen a la cantidad de cabezas que pueden mantenerse en 100 ha.

Carne: La producción de carne, por ser la empresa con valor MB más bajo entre las opciones productivas de esta finca, es considerada al final asignándosele así las 30 ha restantes.

Estas conclusiones, al considerarse en su conjunto, permiten efectuar modificaciones en la estructura de la finca, las cuales se ilustran en el Cuadro 5.16. Es interesante señalar que tanto el MB/ha como el IMI/ha de la finca global han aumentado en \$2,875/ha/año.

Cuadro 5.16 - Combinación óptima de actividades productivas de la finca del Cuadro 5.15 al modificar el énfasis por empresa pero sin aumentar los costos fijos (\$/año).

Actividad productiva (empresas)	Margen Bruto (\$/ha/año)	Terreno dedicado modificado (ha)	MB total de actividad (\$/año)
Carne	5.500	30	165.000
Doble Propósito	10.500	100	1.050.000
Arroz	18.000	70	1.260.000
		<u>Total ha 200</u>	
			<u>MB Total 2.475.000</u>
			<u>MB/ha/año 12.375</u>
			<u>CF/ha/año 4.000</u>
			<u>IMI/ha/año 8.375</u>

El cambio introducido en la combinación de actividades productivas de la finca (ver Cuadro 5.16) permite un aumento en MB/ha/año de la finca entera, e ilustrado por una suma adicional de \$2.875 (30% aumento). El IMI aumentó en la misma suma, lo cual representa un aumento porcentual de 52%.

Reiteramos nuevamente que para obedecer estrictamente las reglas estipuladas para efectuar un uso válido del indicador el MB, en el desarrollo de nuestros ejemplos se ha insistido en no cambiar los costos fijos al modificar la combinación de actividades productivas. Insistiremos además que MB es un indicador muy útil para evaluar el grado de aprovechamiento de los costos variables, en el corto plazo.

No obstante es posible analizar este tipo de problemas bajo un ángulo nuevo, que incluya ahora los costos fijos, como ser: *"Qué pasaría con la de la finca si, al comprar maquinaria adicional esto permitiera la siembra de 100 ha de arroz, con lo cual habría que eliminar la actividad de producción de carne?"*

Bajo las nuevas condiciones, al combinar 100 ha de cultivo de arroz con 100 ha de ganado de doble propósito el MB/ha de la finca global corresponde a un valor de \$14,250/ha/año. Se debe insistir que esto será posible aumentando los costos fijos (al invertir más en maquinaria y pagar más mano de obra fija para la producción de arroz). Este aumento en costos fijos, no debe exceder los \$1, 875/ha/año (14,250 - 12,375), para ser económicamente ventajoso; de no ser así el valor IMI bajaría (aunque el MB haya aumentado).

Se puede resumir que en este tipo de análisis que utiliza el indicador MB, es aconsejable proceder por etapas: el primer paso es determinar la combinación óptima de posibles actividades productivas, sin cambiar los costos fijos, y evaluando las restricciones que limiten el tamaño de cada actividad; y luego, averiguar cuánto dinero se encuentra disponible para financiar mejoras en recursos fijos y así eliminar en parte o forma total las restricciones identificadas en un comienzo.

Este enfoque es muy útil para analizar el comportamiento de subsistemas identificados en la finca y que representan sus diversas empresas. Sus resultados pueden indicar la necesidad de eliminar subsistemas que muestren una comparativa deficiente. Este análisis debe tomar muy en cuenta las interacciones entre sub-sistemas, que bajo ciertas condiciones estas podrían ser consideradas como restricciones.

5.10.4 Resumen de uso del indicador margen bruto (MB) para mejorar el valor (IMI)

El análisis del uso del indicador MB lo presenta como una herramienta muy poderosa que facilita mejorar la eficiencia económica del sistema entero. Hay varias estrategias básicas que pueden ser empleadas individualmente o en combinación (Barnard y Nix 1979) para aumentar el valor (IMI) de una finca.

i) Mejorar el valor MB total de la finca por medio de mejoras en los valores MB individuales de las diferentes actividades productivas. Esta es la parte más importante del análisis y debe ser el primer paso para verificar la eficiencia de utilización de los recursos variables en cada actividad. Esto requiere un conocimiento cabal del funcionamiento de cada subsistema en términos biológicos, la evaluación de interacciones y la apreciación de aspectos económicos.

ii) Aumentar el valor MB total de la finca al modificar (optimizar) la combinación de las diferentes actividades productivas. Los resultados del análisis propondrán efectivamente la sustitución de actividades de bajo valor MB por subsistemas (empresas) de mayor MB.

iii) Aumentar el valor MB total de la finca con la expansión de una actividad existente pero sin necesidad de reducir otras actividades. Por ejemplo, expansión de una porqueriza, aumento de carga animal o introducción de una siembra adicional en el ciclo anual que ocupa el terreno vacío entre dos siembras tradicionales (ej. frijoles después de maíz; dos cosechas de arroz).

iv) Reducir el nivel de costos fijos; mejor uso de maquinaria y mano de obra fija.

Estas estrategias pueden ser aplicadas en forma aislada o en diversas combinaciones, como podría ser:

a) Mejorar el MB total de la finca con aproximadamente los mismos costos fijos. Por ejemplo, sembrar más arroz y mantener menos ganado sin aumentar la mano de obra fija, maquinaria o instalaciones.

b) Mejorar el MB total efectuando inversiones que también aumentarán los costos fijos. Pero para mejorar el IMI el cambio en MB tiene que superar al de los costos fijos. Por

ejemplo, este es el caso de la introducción de una lechería en una finca dedicada a la producción de carne. O cualquiera otra expansión grande de una actividad productiva que requiere aumentar la inversión en maquinaria, instalaciones o mano de obra fija.

c) Mantener el mismo nivel de MB y la misma estructura de actividades productivas pero con una reducción substancial en los costos fijos. Por ejemplo, una reducción en el número de mano de obra fija reemplazada por más mano de obra ocasional en momentos estratégicos. Otro ejemplo es por la venta de maquinaria y equipos no necesarios.

d) En algunas circunstancias se puede mejorar el valor (IMI) simplificando el sistema lo que reduce el MB total. En este caso el monto a reducir los costos fijos debe ser mayor a la reducción del MB. Por ejemplo al especializar la finca completa dedicándola sólo a cultivos y eliminar el costo fijo invertido en animales.

e) Mejorar el MB total y a la misma vez reducir los costos fijos. Esta **tarea** es muy difícil de alcanzar y probablemente solamente sería posible en fincas previamente bajo un manejo pésimo.

5.11 Soluciones a los ejercicios

a) $BB = 1.927.855 - 1.213.307 = 714.548$

b) "Renta" = $(1.927.855 + 150.000) - (1.213.307 + 100.000) = 764.548$

c) $BN = (1.927.855 + 595.161) - (1.213.307 + 961.000) = 348.709$

d) $IMI = (1.927.855 + 595.161) - (1.213.307 - 200.000 - 100.000) = 1.119.709$

e) $IMI/ha = 1.119.709/120 = 9.331/ha$

f) $IMI/IT = 1.119.709/5.710.000 * 100/1 = 19,6\%$

CAPITULO 6 - CONCEPTOS ECONOMICOS EN EL MANEJO Y ANALISIS DE SISTEMAS

[6.1 La ley de la oferta y la demanda](#)

[6.2 La ley de "Retornos Marginales Decrecientes" \(RMD\)](#)

[6.3 La sustitución de recursos](#)

[6.4 El "Costo de Oportunidad"](#)

[6.5 Utilidad del capital](#)

[6.6 Soluciones al ejercicio sobre sustitución de recursos \(6.3\)](#)

Los sistemas de producción animal no funcionan en forma aislada. Estos están ubicados dentro de un marco socio-físico-económico, lo cual determina el medio ambiente general que está al contorno del sistema. Esto explica el posible efecto de diversos factores que desde el exterior pueden influir sobre los sistemas. Estos factores externos pueden cambiar constantemente y, aunque para un individuo es difícil o imposible poder controlarlos, el administrador de cualquier sistema agropecuario debe esforzarse por comprender estos efectos, evaluar su impacto y tenerlos presente en sus decisiones de manejo.

En este capítulo introduce un resumen de los conceptos macro-económicos importantes para el manejo y análisis de sistemas, con el propósito de facilitar la comprensión de las fuerzas que operan tanto fuera como dentro de los sistemas de producción.

6.1 La ley de la oferta y la demanda

En términos biológicos la demanda de un producto no afecta su eficiencia de producción; pero en cambio ella podría afectar considerablemente su eficiencia económica. Por ejemplo, en las zonas Andinas es muy común la producción del "Cuy", un roedor (*Cavia porcellus linnaeus*) conocido como "Cobayo" o "Conejillo de la India". La eficiencia del cuy en cuanto a su producción de proteína/ha es muchísimo más alta que aquella de los bovinos de la zona. La producción local de cuyes constituye una industria importante y su carne es tan apreciada como deliciosa. Sin embargo, al establecer una empresa de producción de carne de cuy en un país o región donde no existe la costumbre de comer este tipo de carne, la eficiencia económica de tal empresa probablemente sería muy baja debido a la falta de demanda por tal producto. Si nadie quiere comprar es muy difícil vender.

Por lo tanto debe existir una demanda para lograr una eficiencia económica aceptable. La demanda de un producto también afecta el precio y el precio determina la cantidad total de producto que los empresarios están dispuestos a generar como oferta.

6.1.1 El punto de equilibrio

Las leyes de oferta y demanda trabajan en conjunto para determinar el precio de todos los artículos que compramos y vendemos (automóviles, pantalones, carne, cerveza etc.),

siempre y cuando exista un mercado libre, o sea bajo condiciones especiales donde los precios del mercado no están bajo control, del Gobierno o de alguna otra organización.

Como ejemplo consideramos la relación entre demanda y oferta del arroz (Figuras 6.1 a, b y c).

Figura 6.1 - La relación entre la oferta y la demanda del arroz en un país.(a - Curva de oferta)

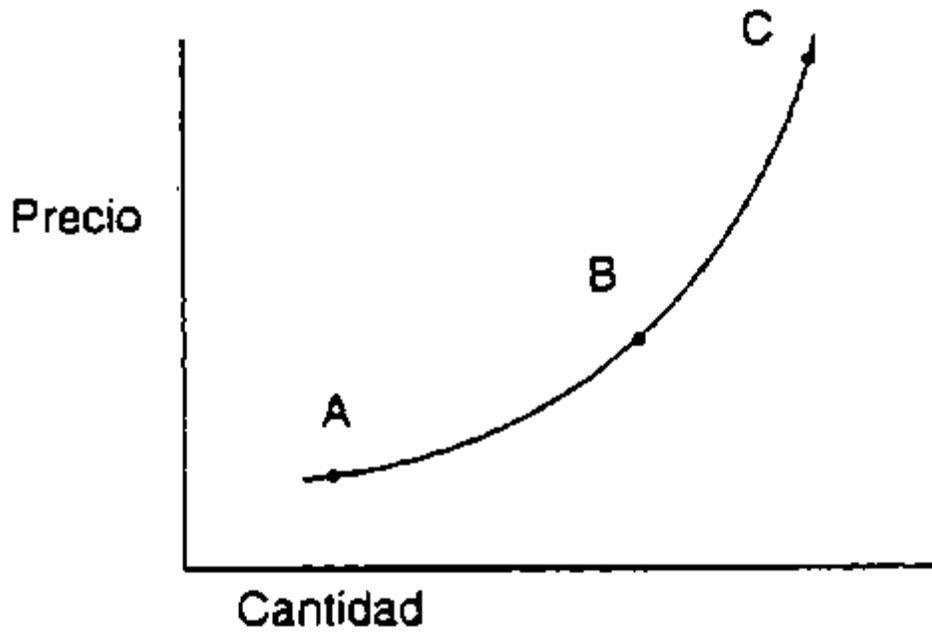


Figura 6.1 - La relación entre la oferta y la demanda del arroz en un país.(b - Curva de demanda)

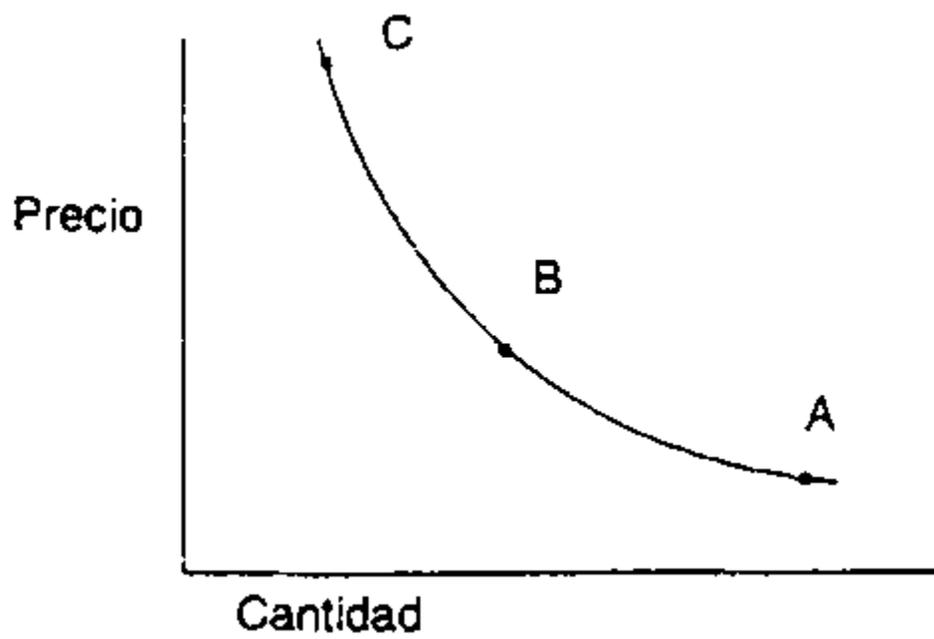


Figura 6.1 - La relación entre la oferta y la demanda del arroz en un país.(c - Punto de equilibrio (E))

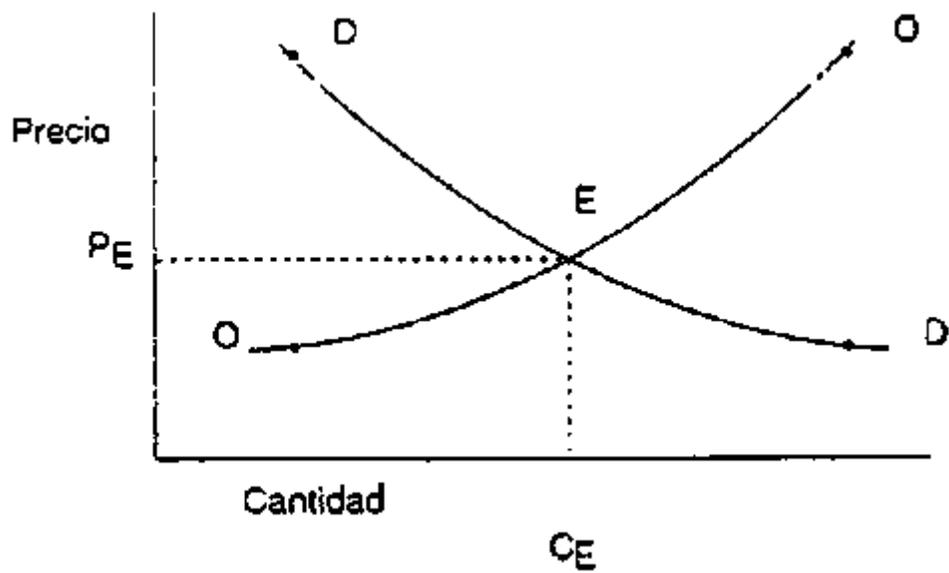
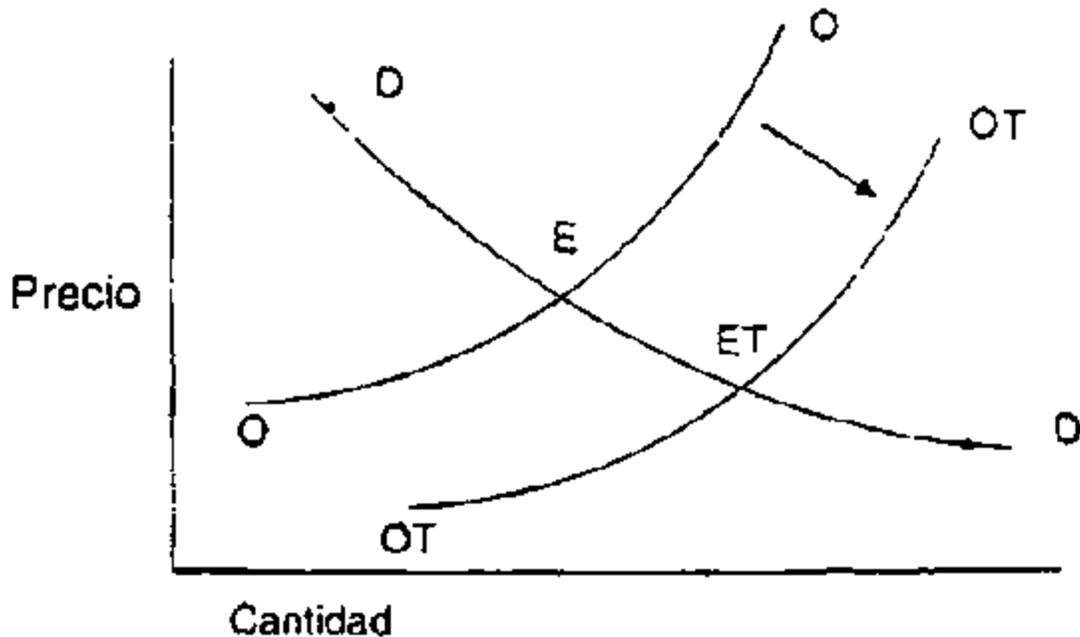


Figura 6.1 - La relación entre la oferta y la demanda del arroz en un país.(d - Nuevo punto de equilibrio (ET))



Oferta: Cuando el arroz tiene un precio bajo (punto A, Figura 6.1a) hay poca oferta (producción) porque sólo los productores sumamente eficientes pueden producir a este precio de venta y obtener una ganancia. Al subir el precio se agregan nuevos arroceros dispuestos a producir y vender por lo que la producción total o la oferta de arroz sube (punto C, Figura 6.1a).

Demanda: El análisis del punto de vista del consumidor sigue la curva de la demanda que presenta una situación inversa a la explicada para aquella de la oferta. Cuando el precio es muy alto (punto C, Figura 6. 1b) hay escasa demanda porque el arroz resulta demasiado caro y así la gente come menos arroz y compra otros productos para sustituirlo (yuca, papa, tortilla, etc.). Cuando el precio del arroz baja hacia el punto A (Figura 6. 1b) la población empieza a consumir progresivamente mas arroz y la cantidad en demanda por arroz aumenta.

Punto de equilibrio: Estas dos curvas (Figura 6. 1e) pueden ser presentadas conjuntamente, y al sobreponerlas se encuentra un punto donde se cruzan. Esto es el punto de equilibrio (punto E) donde la cantidad de demanda es igual a la cantidad que los productores están dispuestos a producir (oferta).

Estas tres fuerzas (oferta, demanda y precio) interaccionan entre sí para establecer el precio de equilibrio en algún momento determinado, el cual depende de las condiciones económicas del contorno general. Cualquiera de las dos curvas (oferta o demanda) puede cambiar su posición y forma si las condiciones económicas cambian. Por ejemplo, si se introduce una nueva tecnología que reduce el costo de producción de una tonelada de arroz, la curva de oferta se desplazaría hacia la derecha (curva OT, Figura 1.6d) para establecer un nuevo punto de equilibrio donde la oferta es mayor y el precio menor (punto ET, Figura 1.6d).

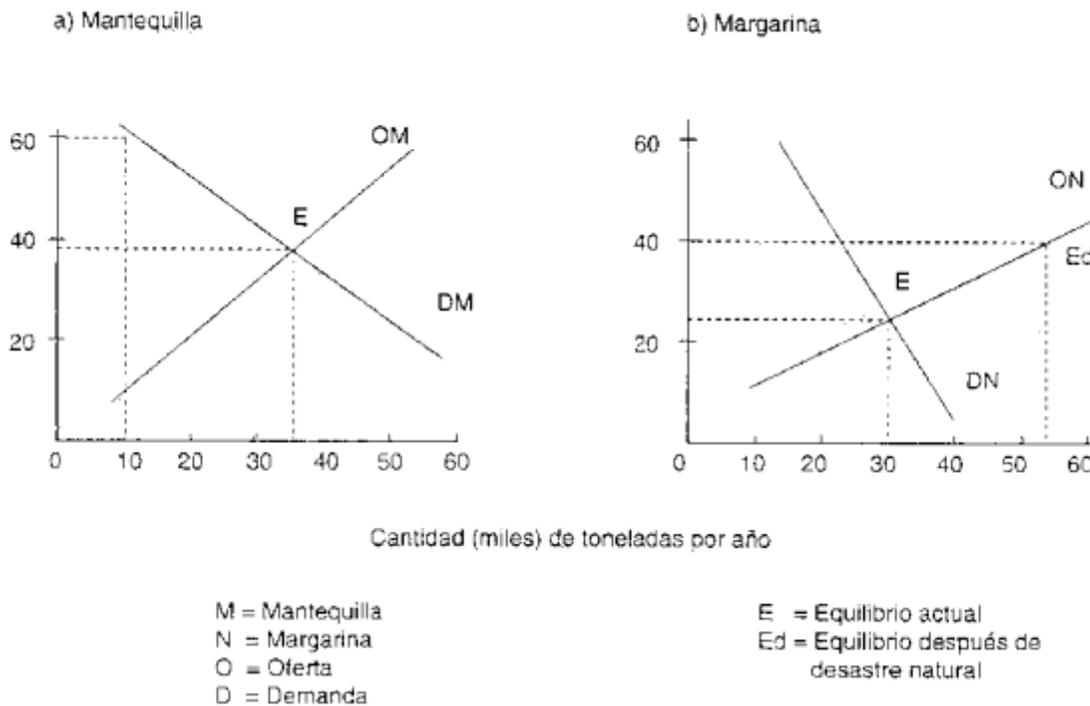
6.1.2 Sustitución

El aumento muy marcado en el precio de un artículo (lapicero), de 15 hasta 2000 pesos por ejemplo, induce inmediatamente a procurarse otro artículo similar (lápiz) pero de menor precio. Esto demuestra el principio económico de la sustitución de recursos. Aunque el lápiz es inferior a un lapicero, como herramienta de trabajo, se aceptan sus limitaciones con tal de ahorrar dinero.

Este concepto influye considerablemente en el manejo eficiente manejo de sistemas de producción animal, y muy especialmente para determinar la mejor combinación de recursos a utilizar en el proceso de producción.

Un ejemplo numérico para ilustrar esto es representar la situación de la oferta y demanda de mantequilla y margarina en un país. En este ejemplo, se supone que el país mantiene un mercado libre que reacciona sin restricciones frente a fuerzas económicas. La Figura 6.2 demuestra la situación de equilibrio en un momento determinado. Se asume que la margarina y mantequilla actúan como sustitutos entre ellos, pese a que las curvas de demanda indican una neta preferencia para la mantequilla que se considera un producto superior.

Figura 6.2 Oferta, demanda y precio de equilibrio de la mantequilla y margarina en un país.



Los puntos de equilibrio señalados en este gráfico indican que el país produce (y consume) 33.000 toneladas de mantequilla por año a un precio de \$39/kg y además 30.000 toneladas de margarina por año a un precio de \$25/kg.

La situación de equilibrio recién descrita es válida para esas condiciones específicas. Ellas pueden cambiar debido a factores como una sequía grave en la zona ganadera o tal

vez una epidemia de fiebre aftosa. El impacto de estos factores adversos sobre la producción de leche la reduciría mucho en cantidad, y por ello la producción de mantequilla (oferta) puede bajar a 10 toneladas por año. *¿Cómo puede distribuirse ahora esta producción reducida frente a los consumidores?* Las leyes económicas lo hace automáticamente. Según la curva de demanda de mantequilla (Figura 6.2a) la población esta dispuesta a consumir 10,000 toneladas a un nuevo precio de \$60/kg (Punto Ed, Figura 6.2a). Cuando se dispone de una cantidad limitada de producto en el mercado su precio sube según la motivación del mejor postor.

Pero bajo estas nuevas condiciones: *¿Qué ocurre con la gente que antes consumía mantequilla, pero que no están dispuestos a comprar a un precio tan alto?* Una opción es substituir la cantidad de mantequilla que escasea por margarina.

La nueva demanda de margarina (en términos muy sencillos), es de 53.000 toneladas (33.000 - 10.000 + 30.000).

La Figura 6.2b, indica además que para incentivar una producción de margarina más alta, hay que pagar un precio más alto. El nuevo precio de margarina será \$40/kg. Esto indica que debido a este desastre natural la nueva situación sería una producción de 10.000 toneladas de mantequilla por año a un precio de \$60/kg, más 53 toneladas de margarina a un precio de \$40/kg. Para simplificar el ejemplo no se han tomado en cuenta el efecto de posibles importaciones de productos lácteos; esto tendría gran influencia en la determinación del nuevo punto de equilibrio.

A pesar que estos cambios recién mencionados actúan a un nivel macroeconómico, y como tal están fuera del alcance de ser modificados por los productores individuales, ellos influyen enormemente en el manejo de sistemas de producción. A continuación damos algunos ejemplos de la aplicación práctica de estos conceptos:

- El precio de los concentrados que usan sorgo aumentaría con una cosecha desastrosa de sorgo. También los precios de maíz y otros alimentos alternativos aumentarían por el efecto de sustitución del sorgo con otras fuentes.
- Una planta de leche reconstituida que utilice leche en polvo importando a un precio muy barato puede vender su producto a un precio muy bajo. Frente a esta nueva oferta de leche los productores nacionales de leche fresca tendrán que bajar su precio para mantener sus ventas.
- Una gran mortandad nacional en granjas de pollos de carne provoca un alza del precio de sus sustitutos ej. cerdo, carne de res, etc. Por otro lado, el empleo exitoso de un nuevo sistema de gran eficiencia para la producción porcina puede permitir una rebaja sustancial en el precio de la carne de cerdo; esta nueva oferta de carne de cerdo barata obligará a los productores de carne de res y pollo a bajar sus precios para mantener sus ventas.
- En muchos países, los precios del ganado bovino fluctúan tradicionalmente durante el año de acuerdo a la estación de lluvias debido a la disponibilidad de pastoreo. El conocimiento de estos ciclos estacionales de precios es de gran ayuda para elegir el sistema más apto localmente y así aprovechar los cambios en precio.

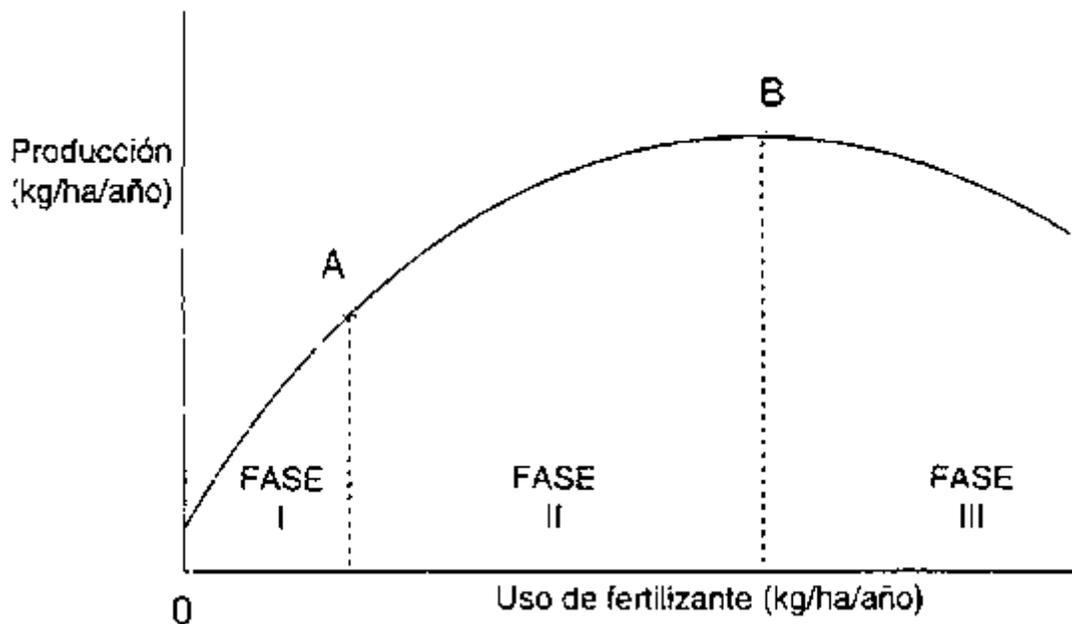
- En una zona con mucho desempleo, la oferta de mano de obra es alta y se puede conseguir obreros a sueldos módicos. En cambio en zonas con muchas oportunidades de empleo hay que ofrecer un sueldo alto para atraer y mantener la prestación de mano de obra.

6.2 La ley de "Retornos Marginales Decrecientes" (RMD)

Esta ley es probablemente considerada la más importante en cualquier actividad agropecuaria. Ella enuncia básicamente, que después de alcanzar un cierto nivel de uso de un recurso (el valor alcanzado por la variable que representa a este recurso), el valor del retorno obtenido al continuar aumentando su uso más allá de este nivel, comienza a bajar.

El ejemplo clásico que se emplea para ilustrar esta ley es la relación entre el rendimiento en la producción de cereales y el nivel de aplicaciones de fertilizante (Figura 6.3).

Figura 6.3 - La producción de arroz en relación a la cantidad de fertilizante utilizada, ambos expresados en kg/ha



El retorno marginal (también llamado producto marginal) se define como la respuesta adicional de producción al último aporte unitario de recurso utilizado. Si la producción inicial de 1.500 kg de grano se obtiene con la aplicación de 4 sacos de fertilizante, al aumentar a 1.800 kg con el empleo de 5 sacos de fertilizante se concluye que el retorno marginal del quinto saco es 300 kg ($1.800 - 1.500 = 300$).

La Figura 6.3 muestra que la curva de producción puede dividirse en tres fases:

Fase I: Ilustra el rendimiento en grano al no aplicar fertilizante (valor cero), con lo cual sólo hay una producción modesta. También muestra como el uso progresivo de mayores cantidades de fertilizante, el retorno marginal (producción adicional) por cada kilo adicional de fertilizante es cada vez mayor hasta el momento en que se alcanza el punto A. Esta fase representa la etapa de retornos marginales crecientes.

Fase II: Ascendiendo la curva más allá del punto A (Figura 6.3), la producción continúa aumentando pero, con cada kilo adicional de fertilizante el retorno marginal aumenta cada vez menos. Esta es la fase de retornos marginales decrecientes y ella continua hasta alcanzar el punto B.

Fase III: Al llegar al punto B de la curva que describe la respuesta agronómica, el nivel de fertilizante aplicado es tan alto que su elevada concentración material comienza a dañar las plantas y, consecuentemente el valor de la producción empieza a bajar., Esta es la fase de retornos marginales negativos.

6.2.1 El caso zootécnico

El Cuadro 6.1 ilustra un ejemplo matemático que se refiere a los cambios en el nivel de producción de leche de una vaca en función a la cantidad de concentrado suministrado en su ración de alimento. Este ejemplo es una simplificación de la situación práctica porque en la realidad la producción de leche es afectada por muchos otros factores, no sólo la cantidad de concentrado empleada. Sin embargo en este ejemplo se asume que todos los otros factores se mantienen iguales siendo la cantidad de concentrado suministrada diariamente el único factor de cambio.

Los datos del Cuadro 6.1 se presentan gráficamente en la Figura 6.4.

Cuadro 6.1 - Ejemplo de la ley de retornos marginales decrecientes (RMD). El uso de concentrado en la producción de leche.

Kg por vaca por día				Observación
Cantidad de Concentrado	Producción Total (PT)	Producción ¹ Marginal (PM)	Producción ² Promedio (PM)	
0	4,5	-	-	
1	7,25	2,75	2,75	
2	10,23	2,98	2,87	
3	13,49	3,26	3,00	PM Máxima
4	16,59	3,10	3,02	PM = PP
5	19,49	2,90	2,99	
6	22,14	2,65	2,94	
7	24,51	2,37	2,86	
8	26,57	2,06	2,76	
9	28,30	1,73	2,64	
10	29,67	1,37	2,52	
11	30,63	0,96	2,38	

12	31,12	0,49	2,22	
13	31,13	0,01	2,05	PT Máxima MP = 0
14	30,61	-0,52	1,87	PM Negativa
15	29,46	-1,15	1,66	PM Negativa

Notas:

1. Producto Marginal (PM) = Producto adicional derivado por el último kg de concentrado dado.
2. Producto Promedio (PP) = Producto/kg de concentrado administrado (sin incluir producción cuando Concentrado = 0).

Fase I: En este ejemplo (Cuadro 6.1) una vaca que no recibe concentrados es capaz de producir 4,5 kg/leche diario. Al suministrar un kilo de concentrado, su producción sube a 7,25 kg diario. Se concluye que 1 kg de concentrado induce un aumento de producción equivalente a 2,75 kg ($7,25 - 4,5 = 2,75$). Este aumento representa la producción marginal (PM) generada al suministrar el primer kilo de concentrado. Al dar un kilo adicional de concentrado el aumento es de 2,98 kg ($10,23 - 7,25 = 2,98$). Los resultados indicados por la curva durante toda la fase I muestran como los retornos marginales son crecientes, por cada unidad de recurso que se agrega consecutivamente. Así el valor PM aumenta cada vez que se agrega un nuevo kilo de concentrado. La fase I en la curva PT termina cuando el PM llega a su máximo (puntos B, Figura 6.4), y que corresponde al nivel de 3 kg de concentrado/vaca/día; y este punto se conoce como el punto de inflexión de la curva.

Fase II: El producto total (PT) sigue aumentando con cada kilo adicional de concentrado durante toda esta fase de la curva PT. Sin embargo ahora, cada kilo adicional de concentrado genera un valor PM que va disminuyendo sucesivamente. Esta es la fase de retornos marginales decrecientes. La curva PP, que denota la producción promedio por kilo de concentrado (PP), alcanza su punto máximo en esta fase de la curva (punto C, Figura 6.4).

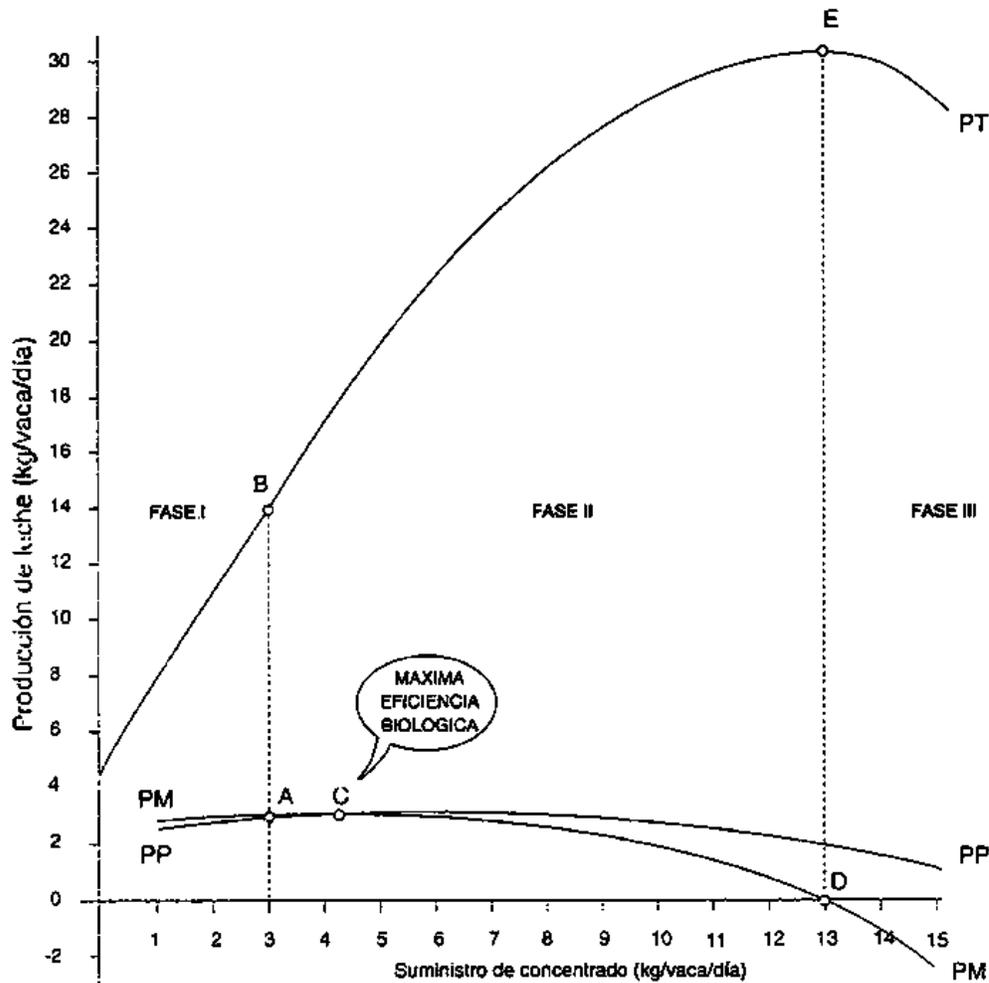
La fase II concluye cuando la producción total alcanza su valor máximo en la curva PT (punto E, Figura 6.4), después del cual se constata un descenso. Este punto corresponde al momento que el suministro alcanza el valor de 13 kilos de concentrado/vaca/día. Es importante observar que el valor máximo para el nivel de producción (punto E en la curva PT) corresponde a un valor "cero" para el retorno marginal de aportes de concentrado (punto D en la curva PM). La curva PM cruza el eje horizontal en el punto D y de allí en adelante sus valores toman signo negativo.

Fase III: En la última fase de la curva de producción PT los retornos marginales son negativos; esto se ilustra claramente observando la curva PM. Los resultados indican que con cada unidad adicional de recurso (concentrado en este caso), el valor de la producción total desciende sucesivamente. Esto se explica fisiológicamente porque la gran cantidad de concentrado ingerido por el animal, afecta el buen funcionamiento general del sistema (en este caso la vaca).

Una conclusión importante del estudio de la ley de los RMD es una regla general respecto a la máxima eficiencia biológica o zootécnica del sistema bajo análisis. La eficiencia biológica alcanza su valor máximo cuando la curva de producto promedio PP llega a su

punto máximo (punto C, Figura 6.4). En este punto el valor PP es igual al valor PM. Si bien es imposible definir el punto de máxima eficiencia económica, sin considerar los costos y precios correspondientes, este punto ocurre forzosamente dentro de la fase II.

Figura 6.4 - Representación gráfica de la ley retornos marginales decrecientes: relación entre valores de producción de leche y alimento concentrado suministrado (correspondiente a los datos del Cuadro 6.1)



- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| PT = Producto Total | B = Punto de-inflexión de la curva PT |
| PP = Producto Promedio | C = MAX PP (MP = PP) |
| PM = Producto Marginal | D = PM = 0 |
| A = MAX PM | E = MAX PT |

6.2.2 El caso económico

La información presentada en el Cuadro 6.1 en términos zootécnicos, es complementada en el Cuadro 6.2 introduciendo sus correspondientes datos económicos.

El valor asignado al costo de concentrado es de \$6/kg y este valor se mantiene constante a cualquier nivel de suplementación de concentrado. Bajo estas condiciones el costo marginal no varía en función del nivel de suplementación; su valor no cambia al aportar cada kilo adicional de concentrado.

Los datos detallados en este cuadro indican que los costos fijos/vaca/día son siempre iguales (fijos), y equivalen a \$40/vaca/día. Bajo estas condiciones la penúltima columna indicada como: Ingreso Total (IT) - Costo Total (CT), representa la estimación del valor de la eficiencia económica o beneficio neto/vaca/día. El punto de máxima eficiencia económica ocurre cuando el valor [IT - CT] alcanza su máximo; en el gráfico esto ocurre entre los niveles de 11 y 12 kg de concentrado por día (Figura 6.5).

La Figura 6.5 permite ilustrar la relación entre los valores de IT, CT y CF. Nótese bien, que la máxima eficiencia económica no coincide con el punto de máximo ingreso total. Tal como se indicara anteriormente tanto el costo fijo como el costo marginal se mantienen constantes a todos los niveles de suplementación; por ello, como el costo total es la suma de costos fijos y costos marginales es lógico que la curva que representa los costos totales sea en efecto una línea recta ascendente.

La Figura 6.6 ilustra la relación entre las curvas de Ingreso Promedio (IP) y Ingreso Marginal (IM). Esta representación gráfica facilita la explicación práctica de la ley de RMD.

El costo de cada unidad de recurso agregado (en este caso 1 kg de concentrado) se mantiene idéntico a todo nivel de suplementación. Esto define que el costo marginal (CM) es constante y su representación gráfica corresponde a una línea recta horizontal (Figura 6.6).

La curva que representa el Ingreso Promedio, IP alcanza su valor máximo en el punto A. Este punto corresponde a un valor de 4.5 kg de concentrado (punto X, Figura 6.6), y nos indica que este es el nivel de suplementación de concentrado que es utilizado con máxima eficiencia económica. Sin embargo, este punto no representa el punto óptimo para lograr la máxima eficiencia económica total. Cabe notar que el punto A en las curvas IP e IM representa el inicio de la fase II. Al utilizar más de 4,5 kg/vaca/día (punto X, Figura 6.6) los valores de la ingreso promedio, IP empiezan a decrecer; pero los valores sobre la curva IM, que representan el ingreso marginal, continúan ascendiendo aunque con la adición de cada kg de concentrado agregado sus valores del aumento adicional va disminuyendo.

Cuadro 6.2 - Resultados para explicar la ley de retornos marginales decrecientes en función de valores de ingresos y costos calculados para la relación entre niveles de producción de leche y suplementación de concentrado. (Según datos zootécnicos de Cuadro 6.1)¹

Concentrado (kg/vaca/día)	\$/vaca/día							Comment.
	Ingreso Total (IT)	Ingreso Marginal (IM)	Ingreso Promedio (IP)	Costo Fijo ² (CF)	Costo Marginal (CM)	Costo Total (CT)	IT - CT ³	
0	45,0	-	-	40	-	40	5,0	
1	72,5	27,5	27,5	40	6,0	46	26,5	
2	102,3	29,8	28,7	40	6,0	52	50,3	
3	134,9	32,6	30,0	40	6,0	58	76,9	
4	165,9	31,0	30,2	40	6,0	64	101,9	IM = IP
5	194,9	29,0	29,9	40	6,0	70	124,9	
6	221,4	26,5	29,4	40	6,0	76	145,4	
7	245,1	23,7	28,6	40	6,0	82	163,1	
8	265,7	20,6	27,6	40	6,0	88	177,7	
9	283,0	17,3	26,4	40	6,0	94	189,0	Max IT - CT
10	296,7	13,7	25,2	40	6,0	100	196,7	IM = CM ⁴
11	306,3	9,6	23,8	40	6,0	106	200,3	
12	311,2	4,9	22,2	40	6,0	112	199,3	
13	311,3	1,0	20,5	40	6,0	118	193,3	
14	306,1	-5,2	18,7	40	6,0	124	182,1	
15	294,6	-11,5	16,6	40	6,0	130	164,6	

Notas: 1. Costo concentrado = \$ 6/kg.

Precio de leche = \$10/kg.

2. Costo fijo representa todos los otros costos sin incluir concentrado.

3. Ingreso Total menos Costo Total.

4. Máximo IT - CT ocurre en el mismo punto donde IM = CM, en este caso entre 11 y 12 kg concentrado/vaca/día.

Figura 6.5 - Niveles de producción de leche y de suplementación, que coinciden con el punto de máxima eficiencia económica en el uso de concentrado (datos del Cuadro 6.2)

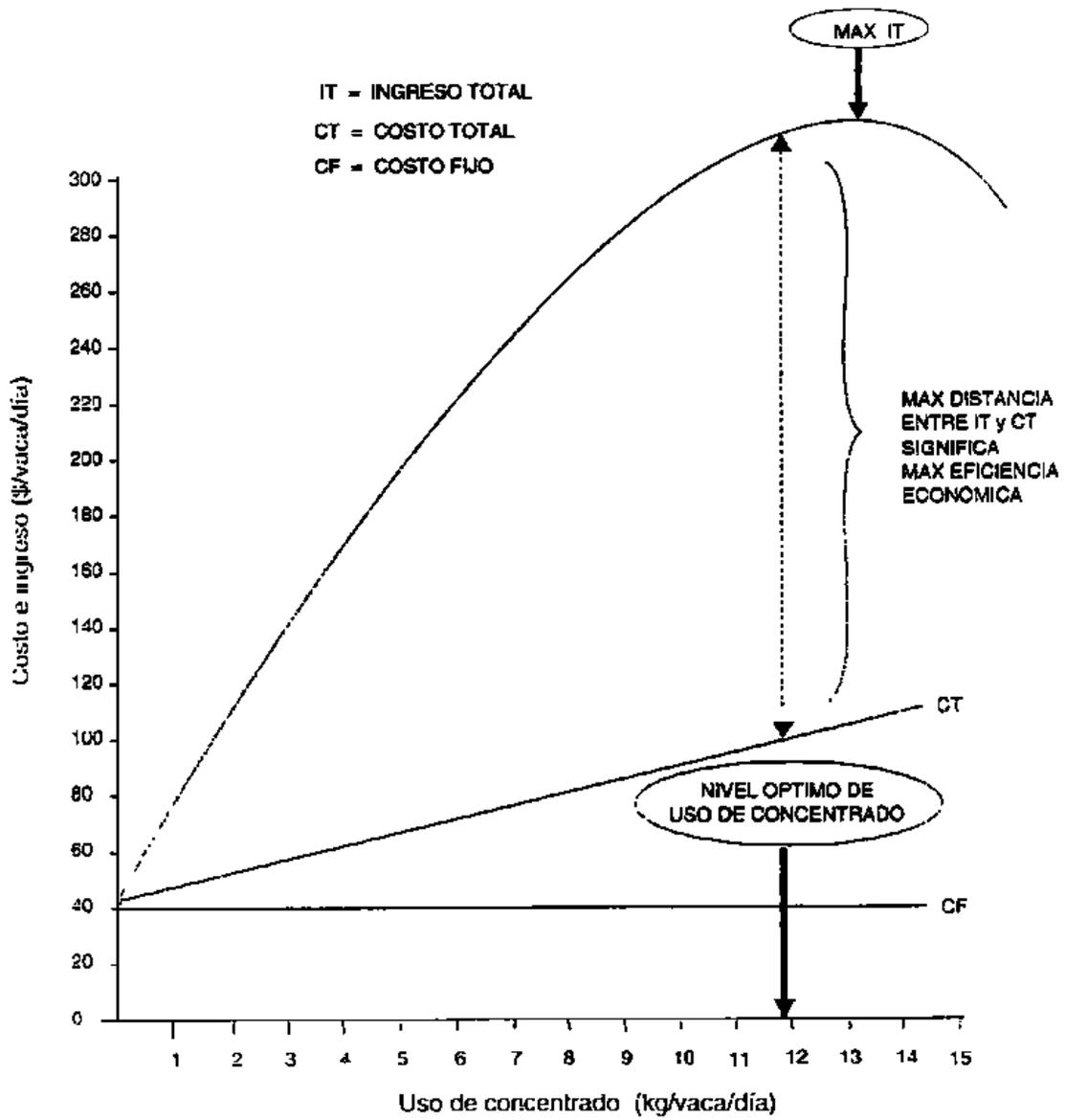
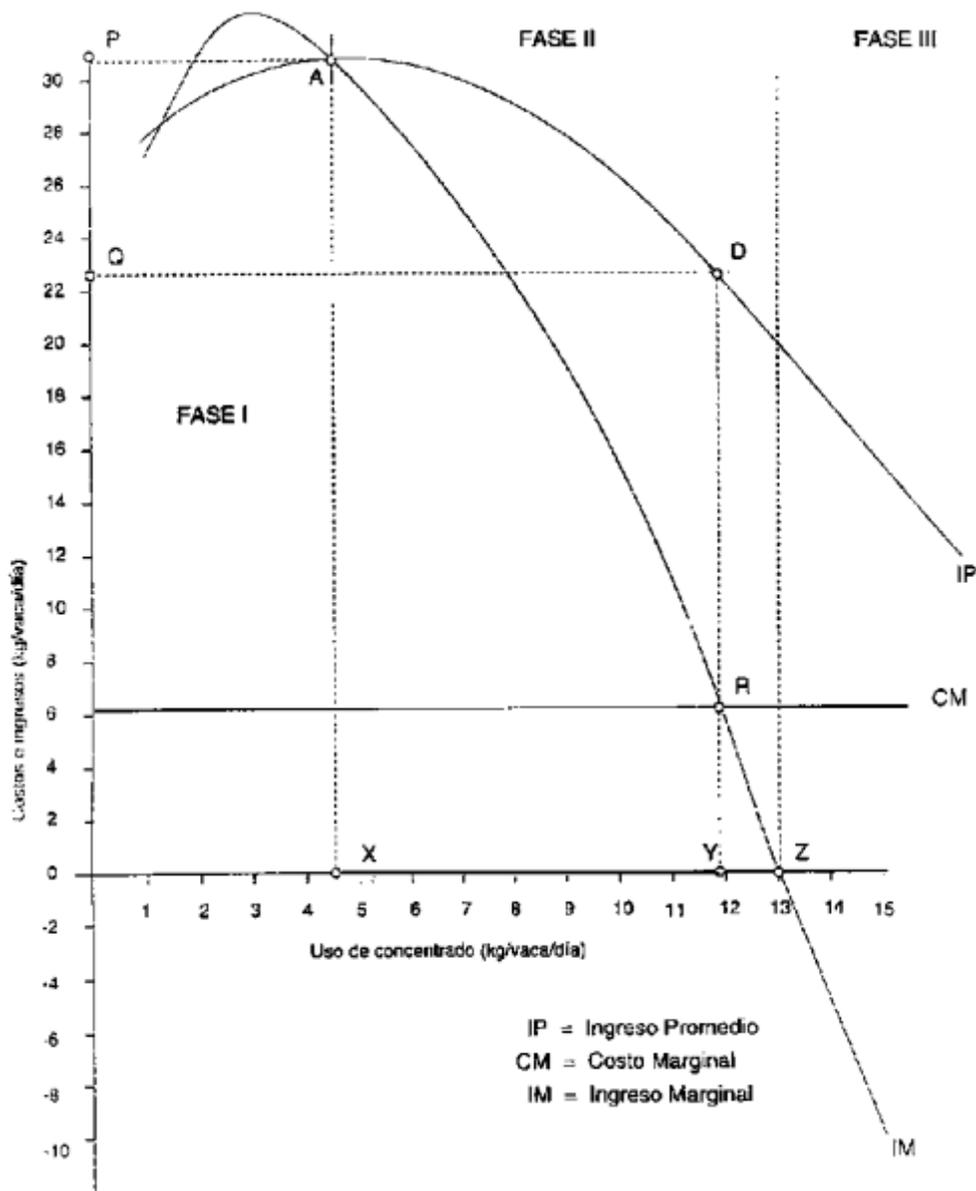


Figura 6.6 - Curvas para determinar el punto de máxima eficiencia económica - "Curvas Marginales"



La fase II comienza en el punto "X" y finaliza en el punto "Z" (Figura 6.6). El punto Z señala el inicio de los retornos marginales negativos. Como dicho anteriormente el punto de máxima eficiencia económica tiene que estar ubicado dentro de la fase II, ya que en ella se identificó el punto de máxima eficiencia biológica o zotécnica. El hecho de encontrar el punto de máxima eficiencia económica entre los puntos X y Z (4,5 y 13 kg/vaca/día) se puede explicar como sigue:

- Al suministrar menos de 4,5 kg de concentrado se está dejando de aprovechar el aporte de un beneficio, ya que el aumento del nivel de suplementación induce un mayor ingreso promedio, IP (Fig 6.6).

- Al exceder el nivel de suplementación de 13,0 kg se provoca una reducción de nivel de producción que induce un ingreso marginal, IM negativo (Figura 6.6).

Para determinar el nivel de suplementación de concentrado que permitirá la máxima eficiencia económica en el uso de este recurso hay que proceder de la siguiente forma: localizar el punto donde el Costo Marginal (CM) es igual al Ingreso Marginal (IM). Este se señala como el punto R en la Figura 6.6. En este punto los valores de costo, tanto para el último kilo de concentrado suministrado, como para su correspondiente producción, son idénticos. En la Fig. 6.6 el punto de máxima eficiencia económica se encuentra entre 11 y 12 kg de concentrado por día (punto Y).

Es preciso resaltar que el punto de máxima eficiencia económica no coincide con ninguno de los puntos que representan: producción máxima, ingreso máximo, costo mínimo, máximo ingreso marginal ni máximo producto promedio.

El punto de máxima eficiencia económica es el punto donde la producción resultante de la última unidad de un recurso apenas paga el costo de esa unidad de recurso ($IM = CM$).

El objetivo final de la planificación y manejo de empresas es asegurar que el uso de cada recurso variable es empleado alcanzando su propio punto de máxima eficiencia económica.

En términos de cálculos matemáticos (sin necesidad de dibujar los gráficos) este punto se puede determinar en la siguiente manera:

El "Punto de Máxima Eficiencia Económica (MEE)" se alcanza si se cumple la siguiente relación:

$$IM = CM$$

Es decir: $IM - CM = 0$

Para este análisis también utilizaremos la siguiente ecuación:

$$\text{Producto Marginal} * \text{Precio Producto} = \text{Recurso Marginal} * \text{Costo Recurso}$$

De donde se deduce:

Considerando el caso específico bajo estudio tenemos:

Solución: PM Leche = 0,6

Este resultado indica que en el punto de máxima eficiencia económica ubicado entre los niveles de suplementación de 11 y 12 kg concentrado, el último kilo de concentrado produce 0,6 kilos leche (ver Cuadro 6.1).

Estas relaciones matemáticas permiten calcular el punto de máxima eficiencia económica al introducir modificaciones al sistema; estas pueden representar cambios externos que afectan los precios de productos y costos de insumos.

Ejemplo:

Si el precio de leche aumenta a \$15/kg y el costo de concentrado a \$30/kg, y suponiendo que todos los otros factores siguen iguales: ¿Cuál es el nuevo punto de máxima eficiencia económica?

Cálculo:

La máxima eficiencia económica que corresponde a un producto marginal de 2.0 kg de leche obtenida al agregar 1 kilo de concentrado, según los datos de producción señalados en el Cuadro 6.1), se obtendría al suministrar 8 kg de concentrado por vaca/día.

Ejercicio. Con el propósito de averiguar si la solución obtenida para el ejemplo anterior es correcta: Calcular los datos detallados en el Cuadro 6.2 y dibujar las Figuras 6.5 y 6.6 basándolas en nuevos precio de leche de \$30/kg y costo de concentrado de \$15/kg.

6.3 La sustitución de recursos

La ley de retornos marginales decrecientes es un postulado económico muy importante para la planificación del uso de los recursos en la finca. La meta técnica es utilizar cada recurso en cantidades óptimas, evaluando su precio y la verificando la respuesta biológica marginal esperada.

La aplicación en la práctica de este concepto es difícil cuando se considera recursos de naturaleza muy diferentes, por ejemplo medicinas y fertilizantes. En este caso hay que tratar de seguir el principio de "retornos equi-marginales"; esto significa simplemente que los últimos \$1.000 gastados en medicinas debe generar un retorno igual a los últimos \$1.000 gastados en fertilizantes.

El principio enunciado es más fácil de aplicar si lo podemos referir a la sustitución entre dos recursos similares (ejemplo entre tipos de fertilizante, o productos veterinarios o diferentes tipos de alimento).

Siguiendo esta sugerencia podemos analizar un ejemplo que considera la sustitución entre diferentes recursos alimenticios. El Cuadro 6.3 cuantifica los datos zootécnicos de 12 diferentes combinaciones (raciones o dietas) de heno o maíz que generan el mismo tipo de producto, en este caso una canal de novillo con un peso de 100 kg. Aunque en la realidad es posible que las diferentes dietas requieran más o menos recursos fijos (ej. mano de obra, tiempo e inversión en instalaciones etc.) este ejemplo partirá del supuesto que para este caso el costo en otros factores de producción es idéntico.

La definición de la tasa de sustitución (o sustitución marginal, SM) equivale a la relación entre los valores de los recursos que se intercambian; aritméticamente corresponde a la cantidad de recurso R_2 que se reemplaza con una unidad del recurso R_1 .

$$SM = [R_2]/[R_1]$$

En el Cuadro 6.3 cuando se cambia la ración 1 por la 2 esto implica dar 200 kg más heno (R_1) que reemplazarán 70 kg de maíz (R_2) que se incluían en la ración 1:

$$SM = 70/200 = 0,35$$

En cambio el aumento de 200 kg de heno entre la dieta 11 a 12 equivale a apenas 16 kg de maíz, o sea:

$$SM = 16/200 = 0,08$$

Esta situación es obvia tomando en cuenta la ley de retornos marginales decrecientes porque, de acuerdo a esta ley, al usar más de un recurso la eficiencia de utilización baja.

Cuadro 6.3 - Diferentes mezclas de heno y maíz que producen una canal de novillo que pesa 100 kg.

Dieta	Kg Heno (R_1)	Kg Maíz (R_2)	Sustitución Marginal (SM) ¹
1	400	953	-
2	600	883	0,35
3	800	818	0,33
4	1.000	757	0,30
5	1.200	704	0,27
6	1.400	654	0,25 ^{*2}
7	1.600	612	0,21
8	1.800	574	0,19
9	2.000	542	0,16
10	2.200	515	0,13
11	2.400	494	0,11
12	2.600	478	0,08

Notas:

1.

2. Ejemplo

El Cuadro 6.3 indica los valores ligados a la sustitución marginal (SM) entre los dos recursos (heno y maíz) para producir la misma cantidad de producto (canal) en términos zootécnicos. La utilidad de esta concepto es determinar la combinación con mínimo costo

entre dos recursos para así poder maximizar la eficiencia económica del proceso biológico o zootécnico. Para ilustrar como se emplea este concepto se puede considerar el siguiente ejemplo:

Condición económica A: *Los precios iniciales son: Heno \$0,3/kg y maíz \$5,0/kg. ¿Cuál sería la dieta óptima?*

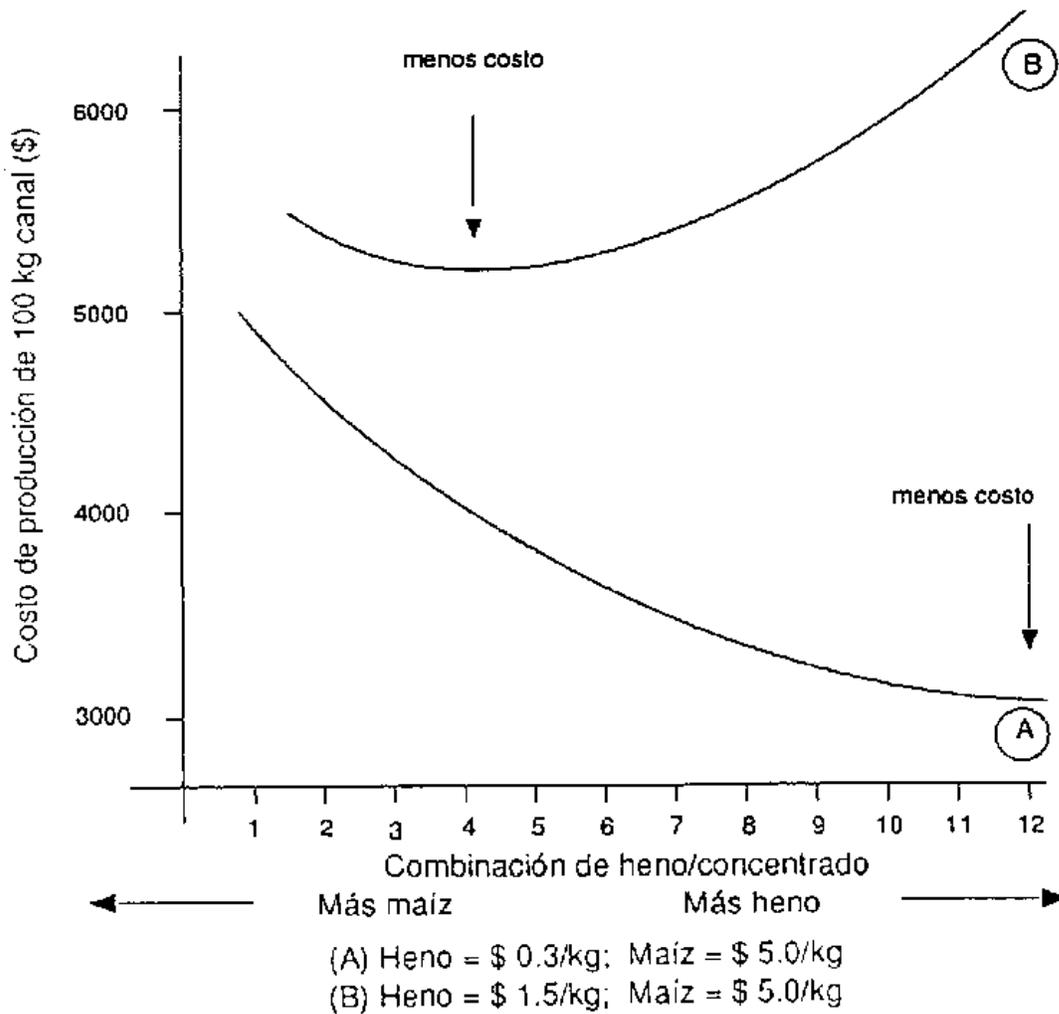
Condición económica B: *Si el precio del heno sube a \$1,5/kg pero el maíz sigue igual, ¿sería necesario cambiar la composición de la dieta?*

El cálculo del costo incurrido para producir una canal de novillo con un peso de 100 kg, para cada dieta y bajo las dos condiciones económicas ya indicadas, se puede efectuar a partir de la información presentada en el Cuadro 6.4 y Figura 6.7.

Cuadro 6.4 - Costo (\$/cabeza) para producir una canal de novillo de 100 kg: 12 dietas posibles y 2 tipo de condiciones económicas.

Dieta	Condición Económica	
	A	B
	Heno = \$0,3/kg Maíz = \$5,0/kg	Heno = \$1,5/kg Maíz = \$5,0/kg
1	4 885	5 365
2	4595	5 315
3	4325	5 290
4	4 090	5285
5	3 880	5 320
6	3 690	5 370
7	3 540	5 460
8	3 410	5 570
9	3 310	5 710
10	3 235	5 875
11	3 190	6070
12	3 170	6290

Figura 6.7 - Gráfico ilustrando la sustitución entre recursos similares (según datos del cuadro 6.4)



Efecto de la relación entre precios unitarios: Cuando el heno tiene un costo muy bajo en relación al maíz (condición A) la dieta 12 que emplea mucho más heno que maíz (Cuadro 6.3) es la más eficiente en términos económicos. Sin embargo si el precio de heno sube (condición B) la dieta óptima es la número 3 que utiliza casi iguales proporciones de heno y maíz. Este concepto de sustitución de recursos sirve para evaluar el impacto de cambios externos, como ser el caso de cambios en el precio que debe pagarse por diferentes insumos, y para responder adecuadamente con cambios en la estrategia de producción. En este caso el cambio provocado por el alza del precio de compra de heno, es la sustitución de heno por maíz.

Las conclusiones derivadas en la Sección anterior sobre la ley de retornos marginales decrecientes permiten simplificar el procedimiento para efectuar los cálculos relativos a la sustitución de recursos, sin tener que preparar nuevamente cuadros y figuras similares al Cuadro 6.4 y Figura 6.7 cada vez que un insumo cambia de precio.

Estas conclusiones indican que el punto óptimo para el uso de un recurso se encuentra, gráficamente, donde el valor del producto marginal coincide con el valor del costo marginal. En dicho punto el ingreso marginal toma el valor cero.

Al aplicar estas conclusiones a la sustitución de recursos, el punto óptimo para la producción de una cantidad determinada de producto se alcanza cuando el costo marginal de aumentar el uso de R1) es igual al costo marginal ahorrado por usar menos cantidad de R2.

El análisis de la ecuación matemática descrita abajo permite derivar una solución numérica, en la siguiente forma:

$$\text{Cambio en } R_1 * \text{Precio de } R_1 = \text{Cambio en } R_2 * \text{Precio de } R_2$$

Equivale a:

De allí que la Sustitución Marginal, SM se exprese como sigue:

Desarrollo de esta ecuación para los casos A y B del ejemplo:

Caso A:

El resultado de los cálculos indican que la combinación con menor costo es aquella de la dieta 12. Volviendo a revisar la curva A presentada en la Figura 6.7 se aprecia su forma convexa, que insinúa que podría existir una dieta cuya combinación tuviese todavía un menor costo, al usar mayor cantidad de heno y menos de maíz. Aunque los datos zootécnicos presentados en el Cuadro 6.3 no permiten calcular la combinación exacta, la ecuación matemática recién citada indica que para el Caso A esto ocurriría en el punto donde la sustitución marginal SM toma el valor 0.06. Extrapolando ahora fuera del margen del Cuadro 6.3 se puede postular que este resultado se obtendría con "la dieta 13" que combina 2,800 kg de heno y 466 kg de maíz; esto es, sin embargo, sólo una extrapolación teórica.

Caso B:

Al tomar como referencia la información del Cuadro 6.3 podemos calcular que para el caso B, cuando la relación de precios de heno y maíz equivale a 0,3, la dieta de menor costo es la combinación número 4, cuyo valor de SM es también igual a 0,3.

Ejercicio:

Si el precio de heno cambia a \$4,5/kg y el precio de maíz a \$22,5/kg, ¿cuál será la ración con menor costo?

6.4 El "Costo de Oportunidad"

El concepto del costo de oportunidad se encuentra íntimamente ligado a las consideraciones ya mencionadas acerca de la ley de retornos marginales decrecientes y es de suma importancia para definir la combinación óptima entre diferentes recursos utilizados en un sistema de producción.

El costo de oportunidad de un recurso es el beneficio factible pero no materializado, al no incluir esta opción de uso del recurso en cuestión como la manera alternativa más rentable

Ejemplo: un ganadero dispone de un terreno que podría ser alquilado en \$10.000/ha, a un agricultor vecino para la siembra de maíz. No obstante el ganadero opta por sembrar pasto para engordar ganado. El costo de oportunidad fue definido como el beneficio que se deja de percibir como alquiler al optar por la siembra de pasto, y que equivale a \$10.000/ha. Este nuevo concepto de "costo" debe ser tomado en cuenta al calcular el resultado del engorde de ganado en este terreno. Si las entradas del engorde de ganado no permiten cubrir este costo y mostrar un beneficio adicional se puede deducir que esta alternativa no representa el óptimo uso de recursos.

Muchas decisiones que se toman en la vida cotidiana se basan en resultados provenientes del análisis de costos de oportunidad de diferentes opciones. Por ejemplo, el trabajo de pintar una casa puede realizarlo directamente el dueño o efectuarlo contratando un pintor. En el primer caso, si el dueño debe ausentarse de su empleo, deberá evaluar la reducción de salario que esto implica. Suponiendo que en ambos casos la calidad del trabajo fuese igual, la decisión económica debe basarse en la comparación entre la cantidad de dinero que implica ausentarse del trabajo y el costo de contratar un pintor. El salario sacrificado representa el costo de oportunidad al usar la propia mano de obra. Por ello, si el salario del dueño es muy alto es probable que sería mejor contratar un pintor; pero si el dueño se encuentra sin empleo sería mejor hacer el trabajo personalmente porque su costo de oportunidad sería muy bajo o cero.

Otros casos muy frecuentes que necesitan una evaluación del costo de oportunidad son: el uso de mano de obra familiar, el autoconsumo de alimentos producidos en la finca y el uso sub-óptimo de la maquinaria, etc. La mayoría de los productores frecuentemente no toman en cuenta los costos de oportunidad de estos recursos. Esto es un grave error porque lleva a decisiones erróneas en cuanto al manejo de los recursos.

La norma básica de manejo es que cada recurso que se utiliza en un sistema de producción debe ser usado en la forma más eficiente posible. Por cumplir esto a nivel del sistema es muy complejo debido a las fuertes interacciones entre los diversos componentes del sistema, y el recurso dinero que casi siempre es la principal restricción. Esta problemática se puede ilustrar con una pregunta: ¿cuál es la mejor manera de gastar \$10, en fertilizante, vacunas, semen, herbicidas, alambre, mano de obra etc.? Para tratar de responder a esta pregunta habrá que calcular, para cada opción de uso de este dinero que no es elegida, el beneficio que se deja de percibir para compararlo con las otras alternativas.

El siguiente ejemplo permite presentar este concepto utilizando el caso de un recurso fundamental, el capital. Si una finca recibe un aporte de capital de 5 millones de pesos, su

dueño tiene que pensar en la mejor forma de utilizar este capital. Una opción es invertir todo el aporte de 5 millones en maquinaria nueva con un aumento en IMI (calculado) de 5,1 millones, lo cual en términos de inversión representaría un resultado muy aceptable. Sin embargo, antes de retener esta opción se debe evaluar el resultado de considerar la ley de retornos marginales decrecientes. La presentación de este ejemplo se facilita si el aporte de capital de 5 millones, se efectúa subdividiéndolo en "paquetes" de un millón cada uno (Cuadro 6.5).

Cuadro 6.5 - Aporte de 5 millones de pesos adicionales, invertidos en maquinaria de una finca para ilustrar la ley de retornos marginales decrecientes

Inversión Adicional (Millones de pesos)		Aumento en Ingreso por Manejo e Inversión (IMI) (Millones de pesos)	
Inversión Marginal	Inversión Total	IMI Marginal	IMI Total
1	1	2,0	2,0
1	2	1,2	3,2
1	3	1,0	4,2
1	4	0,8	5,0
1	5	0,1	5,1

Los resultados resumidos en el Cuadro 6.5 derivados de la aplicación de la ley de retornos marginales decrecientes indican que el primer millón invertido en una actividad da un beneficio mucho mayor que el último millón. Esto se explica porque en un comienzo la inversión en máquinas incluye aquellas que son muy necesarias y que contribuyen a un aumento significativo de la producción; sin embargo muy pronto las nuevas inversiones en máquinas incluirán equipos que son sub-utilizados tanto en jornadas/año como en su relación de capacidad/carga efectiva, o equipos que son superfluos. Los valores del Cuadro 6.5 muestran que aunque el aumento en IMI de 5,1 millones originada por una inversión total de 5 millones es sumamente rentable, ella podría ser mejor utilizada para otros fines; esto lo ilustra claramente el resultado que indica como el último millón invertido sólo genera un beneficio adicional de \$100.000. Una pregunta oportuna es la siguiente: "¿puede distribuirse mejor esta inversión de 5 millones?".

Otra opción productiva que puede considerarse es la compra de ganado con un potencial genético superior. La compra de un toro excelente y su buen uso en el rebaño puede aumentar substancialmente la producción, lo cual se puede complementar con la compra excelentes vacas; pero al proseguir con nuevas compras de mayor número de toros o vacas esto no contribuirá con aumentos elevados de la producción. Este tipo de inversión llega rápidamente a un techo en sus potencial para generar posibles mejoras.

Otro caso similar es el de instalaciones y edificios. Las primeras inversiones son necesarias y aumentarán la producción al corregir factores que limitaban la capacidad productiva del sistema; pero una vez que ya existen las instalaciones necesarias y funcionales los aportes adicionales en inversión en edificios ya no generarían mayores aumentos en la producción.

El cálculo del beneficio marginal de cada peso invertido es un proceso complicado pero, para reducir al mínimo el costo de oportunidad (potencial perdido) es preciso intentarlo al

aplicar un buen manejo técnico de recursos. El Cuadro 6.6 presenta posibles alternativas entre las cuales se puede escoger para invertir los 5 millones de capital del presente ejemplo.

Cuadro 6.6 Ejemplo que ilustra el empleo del concepto de costo de oportunidad de diferentes opciones productivas, en la determinación del uso óptimo de una nueva inversión de 5 millones de pesos en una finca.

Inversión Adicional	Beneficio Marginal (IMI adicional) por cada millón invertido (millones de pesos)			
	Fertilizante	Ganado	Maquinaria	Instalaciones
1r. millón	<u>6,0</u>	<u>5,0</u>	<u>2,0</u>	1,5
2nd. millón	<u>4,0</u>	<u>4,2</u>	1,2	0,8
3r. millón	1,8	1,9	1,0	0,4
4to. millón	1,2	1,0	0,8	0,1
5to. millón	0,5	0,5	0,1	0,0
Total	13,5	12,6	5,1	2,8

Nota: Las cifras subrayadas indican la mezcla óptima para minimizar el costo de oportunidad.

La información presentada en el Cuadro 6.6 muestra los resultados calculados para valores de retornos marginales decrecientes, para 4 tipos de alternativas de producción donde invertir el capital. Si el objetivo fuese invertir en una sola actividad, estos resultados recomiendan escoger la opción fertilizantes. Sin embargo analizando el sistema en su conjunto esta estrategia resultaría en un uso subóptimo de los recursos e incurriría un costo de oportunidad de 7,7 millones:

$$21,2 - 13,5 = 7,7$$

(ver más abajo: Total Beneficio adicional)

La mejor manera para invertir los 5 millones se puede determinar al elegir las opciones productivas con máximo beneficio marginal (BM).

Siguiendo la información del Cuadro 6.6, el patrón para distribuir la inversión sería el siguiente:

- 1er. millón invertido en Fertilizante	6,0 BM
- 2o. millón invertido en Ganado	5,0 BM
- 3er. millón invertido en Ganado	4,2 BM
- 4to. millón invertido en Fertilizantes	4,0 BM
- 5to. millón invertido en Maquinaria	2,0 BM
Total Beneficio Adicional	21,2

La solución propuesta minimiza el costo de oportunidad en esta modalidad de inversión total, puesto que cada paquete de un millón es invertido en la actividad que da el máximo beneficio marginal.

Si el dueño deseara invertir el quinto millón en edificios, tendría que incurrir un costo de oportunidad de 0,5 millones porque la inversión en maquinaria sería superior en términos de su beneficio marginal ($2,0 - 1,5 = 0,5$).

El costo de oportunidad es muy útil para evaluar con exactitud el comportamiento de diferentes actividades productivas de una finca, y especialmente al analizar el uso de productos del sistema que podrían ser vendidos o utilizados como recursos (subproductos) en otra actividad productiva de la finca.

Un ejemplo práctico puede ser el de una finca que produce maíz y que también tiene una porqueriza. Bajo buenas normas de manejo la finca debe "cobrar" a la empresa porcina por el suministro de maíz no según el costo de producción de maíz, sino de acuerdo a su posible precio de venta o sea su costo de oportunidad.

Este ejemplo se puede desarrollar en forma numérica para ilustrar este punto. Para calcular el IMI por cada 100 kg de cerdo producido se supone que los valores son: el precio de venta de cerdo en \$70/kg, el costo de producción de maíz en la finca a \$3/kg y el precio de venta de maíz a \$6/kg.

Basado en estos datos se puede ejecutar un cálculo para determinar el valor de IMI, pero utilizando un método erróneo, aplicando el siguiente procedimiento:

Ingreso:	100 kg de cerdo @ \$70/kg	7.000
Costo:	300 kg maíz @ \$3/kg	900
Otros costos:		2.100
IMI por cada 100 kg cerdo:		4.000

¿Por qué cree Ud. que este cálculo es erróneo?

El error radica en el hecho que este procedimiento no toma en cuenta el costo de oportunidad del maíz. El valor calculado para estimar el IMI en \$4,000 incluye el IMI ganado por la actividad de producción de maíz. Esta es la razón porque el IMI mal calculado aparece "sobre valorado" al incluir en él los beneficios generados por la producción de maíz, y presenta a este valor IMI de la producción porcina como "sumamente rentable".

El cálculo correcto es el siguiente:

Ingreso:	100 kg de cerdo @ \$70/kg	= 7.000
Costo:	300 kg maíz @ \$6/kg	= 1.800
Otros costos:		= <u>2.100</u>
IMI por cada 100 kg cerdo		= 3,100
IMI ganado por 300 kg maíz		= 900
(Total IMI		= 4,000)

Este nuevo resultado confirma que la producción porcina de verdad es muy rentable (IMI \$3,100 por cada 100 kg cerdo vendido), aún poniendo el maíz a su costo de oportunidad. Bajo las condiciones establecidas, con maíz a un precio de \$6/kg es interesante considerar la compra de maíz para expandir el negocio de producción de cerdos.

¿Qué pasaría si el precio de maíz aumenta (ej. por escasez) y todas las otras consideraciones siguen iguales?

Bajo estas condiciones el costo de oportunidad del maíz aumentaría y consecuentemente la proporción aportada por el maíz al IMI total también sería mayor.

Si el precio de maíz sube a 15 \$/kg tenemos:

Ingreso:	100 kg @ \$70/kg	= 7.000
Costo:	300 kg @ \$15/kg	= 4.500
Otros costos:		= <u>2.100</u>
IMI por cada 100 kg cerdo		= 400
IMI por 300 kg maíz		= 3.600
(Total IMI		= 4,000)

Bajo las nuevas condiciones, el precio de maíz (costo de oportunidad) es tan alto que la producción porcina ya no es muy rentable; la mayor parte del IMI total es aportado directamente por la producción de maíz. Estos resultados cuestionan el interés de mantener la producción porcina bajo tales condiciones. La opción mejor y más simple es vender el maíz. También puede considerarse la manutención de la producción de cerdos pero con la compra de algún alimento alternativo que permita mantener un buen beneficio.

6.5 Utilidad del capital

Los postulados de la ley de retornos marginales decrecientes, expuestos anteriormente, indican claramente que la etapa para optimizar la eficiencia económica corresponde con la fase II de la curva presentada en las Figuras 6.5 y 6.6. Este aspecto es de suma importancia al considerar el capital total de una finca.

La utilidad del capital (UC) fue calculada en la Sección 5.6 en la siguiente forma:

El resultado de esta expresión, haciendo referencia a la ley de retornos decrecientes, representa la respuesta promedio al capital invertido. En Secciones anteriores, al comparar diferentes fincas se ha considerado que un valor alto de UC representa un valor asociado con alta eficiencia económica. Si bien esto es verdad, no se debe perseguir altas tasas de UC olvidando el impacto de la ley de retornos marginales decrecientes. Se debe recordar siempre que se alcanza la producción óptima cuando el valor del beneficio marginal es igual al valor del costo marginal atribuible a un recurso.

La cantidad de capital a emplear en una finca se ilustra en un ejemplo detallado en el Cuadro 6.7. La utilidad de capital con bajo nivel de inversión es de UC: 40% ($1,2/3,0 \times 100$) lo que se puede considerar muy alto comparado con el interés bancario supuesto a un nivel de 10%. La misma finca podría ser manejada con una inversión mucho mayor que resultaría, sin embargo en un valor de UC: 25% ($3,75/15 \times 100$, Cuadro 6.7). *¿Qué nivel de capital puede recomendarse para usar en esta finca?*

En la práctica los resultados para la situación con nivel bajo de inversión muestra una utilización de capital excesivamente eficiente. El beneficio marginal del uso de capital es muy alto pero se está dejando de perseguir una ganancia potencial (valor IMI de 1,7 millones).

Los resultados de la alternativa con alto nivel de inversión aunque indican un valor UC es más bajo, el valor el IMI es muchísimo más alto (4,25 millones en comparación con 1,7 millones).

Obviamente, estos comentarios a favor del sistema con alta inversión serán válidos si el nivel de interés bancario es menor al 25% (costo de oportunidad del capital).

Una conclusión muy importante es la de, no solamente considerar el promedio de eficiencia (de cualquier indicador) sino también la utilización marginal de la última unidad de recurso aportado al proceso productivo ya sea, mano de obra, fertilizante, inversión, etc.

Cuadro 6.7 - Comportamiento económico de la misma finca empleando distintos niveles de inversión (adaptado de Barnard y Nix, 1979).

Parámetro	Baja Inversión	Alta Inversión
	(millones de pesos)	(millones de pesos)
Inversión total	3,0	15,0
Producción total	10,0	30,0
Costos Totales	8,3	25,75
IMI	1,7	4,25
Costo Manejo	0,5	0,5
Ingreso por inversión	1,2	3,75
Utilidad Capital	40%	25%
IMI Total	1,7	4,25
Recompensa al Manejo	0,5	0,5
Recompensa al Capital	0,6	3,0
"Renta"	0,6	0,75

Las condiciones del ejemplo anterior (Cuadro 6.7) incluyen el supuesto de una tasa anual de interés de 20%. Bajo estas condiciones la empresa manejada con un nivel de inversión alto tendría, después de pagar los intereses, una "renta" con un valor de 0,75 que es superior al valor de la renta calculado para la empresa con un nivel de inversión bajo que sólo es de 0,6. Estos resultados aportan un nuevo enfoque que no concuerda con la

ordenación de los valores calculados para la utilidad de capital: UC (25% inversión alta versus 40% en el caso de baja inversión).

La política de manejo de fincas persigue maximizar el retorno del uso de recursos escasos, y cómo en la práctica de todas las restricciones de recursos, aquella inducida por el capital es la más crítica, entonces la optimización del manejo de la finca frecuentemente persigue maximizar la utilización del capital.

Una conclusión final de este ejemplo es recordar que la comparación de diferentes sistemas en términos económicos, no sólo depende de muchas consideraciones sino que además ellas se deben tomar en su conjunto, para así poder realizar comparaciones válidas.

6.6 Soluciones al ejercicio sobre sustitución de recursos (6.3)

Bajo estas condiciones de precio la dieta óptima sería la número 7.

Resultados: (Dieta 6 = \$21.015)
(Dieta 7 = \$20.970)
(Dieta 8 = \$21.015)

BIBLIOGRAFIA Y LECTURAS SUGERIDAS

Capítulo 1

Aguilar, C y Cañas, R (1992) *Simulación de Sistemas: Aplicaciones en Producción Animal*. **En:** Simulación de Sistemas Pecuarias, editado por Manuel Ruiz, IICA, RISPAL, San Jose, Costa Rica. pp. 195-284.

Brown, M. L (1979) *Farm Budgets: From Farm Income Analysis to Agricultural Project Analysis. Chapter 6, Farm Models*. World Bank Staff Occasional Papers Number 29, World Bank, Washington, pp. 69-90.

Dalton, G. E (1982) *Managing Agricultural Systems. Chapter 2, Agricultural Systems*. Applied Science Publishers, London. pp. 6-20.

Preston, T. R. and Murgueitio, E (1992) *Strategy for Sustainable Livestock production in the Tropics. Chapter 9, Sustainable Production Systems*. CONDRIT Ltda., Cali, Colombia, pp. 49-79.

Spedding, C. R. W (1975) *The Biology of Agricultural Systems. Chapter 3, Biological Systems*. Academic Press, London. pp. 42-65.

Capítulo 2

Spedding, C. R. W (1975) *The Biology of Agricultural Systems. Chapter 5, The Principles of Animal Production*. Academic Press, London. pp. 101-147.

Spedding, C. R. W (1979) *An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 4, Biological Efficiency in Agriculture*. Applied Science Publishers, England. pp. 43-60.

Spedding, C. R. W., Walshingham, J. M and Hoxey, A. M (1981) *Biological Efficiency in Agriculture. Chapter 1, Biological Efficiency*. Academic Press, London. pp. 3-13.

Capítulo 3

Dent, J. B (1975) *The Application of Systems Theory in Agriculture*. **In:** Study of Agricultural Systems, edited by G. E. Dalton. Applied Science Publishers, London. pp. 107-127.

Spedding, C. R. W (1975) *The Biology of Agricultural Systems. Appendix, The Methodology of Circular Diagrams*. Academic Press, London. pp. 231-241.

Spedding, C. R. W., Walshingham, J. M and Hoxey, A. M (1981) *Biological Efficiency in Agriculture. Part III, Efficiency in Animal Production*. Academic Press, London. pp. 205-351.

Capítulo 4

Barnard, C. S and Nix, J. S (1979) *Farm planning and Control (2nd Edition). Chapter 1, The Planning Environment and the Managerial Function*. Cambridge University Press, England. pp. 3-18.

Bishop, C. E. and Toussaint, W. D (1958) *Introduction to Agricultural Economic Analysis. Part I, Introduction*. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 2-36.

Brown, M. L (1979) *Farm Budgets: From Farm Income Analysis to Agricultural Project Analysis. Chapter 2, Farm Income Analysis*. World Bank Staff Occasional Papers Number 29, World Bank, Washington, pp. 9-24.

Castle, E. N., Becker, M. H. y Smith, F. J (1977) *Administración de Empresas Agropecuarias (segunda edición). Capítulo 4, Análisis de la Información Administrativa de la Empresa Agropecuaria*. Librería "El Ateneo", Buenos Aires, Argentina, pp. 52-64.

Castle, E. N., Becker, M. H. y Smith, F. J (1977) *Administración de Empresas Agropecuarias (segunda edición). Capítulo 12, Administración de la Actividad Ganadera*. Librería "El Ateneo", Buenos Aires, Argentina, pp. 189-201.

Spedding, C. R. W (1979) *An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 5, Economic Efficiency in Agriculture*. Applied Science Publishers, England. pp. 61-70.

Upton, M (1973) *Farm Management in Africa; The Principles of Production and Planning. Chapter 2, The Production Function and Profit Maximization*. Oxford University Press, London. pp. 21-53.

Capítulo 5

Barnard, C. S and Nix, J. S (1979) *Farm Planning and Control (2nd Edition). Part II, The Organization of Enterprises*. Cambridge University Press, England. pp. 157-227.

Bishop, C. E. and Toussaint, W. D (1958) *Introduction to Agricultural Economic Analysis. Part II, Production and Supply*. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 29-117.

Brown, M. L (1979) *Farm Budgets: From Farm Income Analysis to Agricultural Project Analysis. Chapter 7, Financial Analysis*. World Bank Staff Occasional Papers Number 29, World Bank, Washington, pp. 91-111.

Gittenger, J. P (1982) *Economic Analysis of Agricultural Projects. Chapter 4, Farm Investment Analysis*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA. pp. 85-187.

Nix, J, S (1992) *Farm Management Pocketbook (22nd edition)*. Wye College, University of London, Ashford, England. pp. 216.

Upton, M (1973) *Farm Management in Africa; The Principles of Production and Planning. Chapter 12, Farm Business Analysis*. Oxford University Press, London. pp. 228-243.

Yang, W. Y (1971) *Metodología de las Investigaciones sobre Administración Rural. Capítulo 3, Análisis de la Empresa Rural*. FAO, Roma, Italia, pp. 57-87.

Capítulo 6

Barnard, C. S and Nix, J. S (1979) *Farm Planning and Control (2nd Edition)*. Chapter 2, *Basic Principles and Concepts of Planning*. Cambridge University Press, England. pp. 19-49.

Bishop, C. E. and Toussaint, W. D (1958) *Introduction to Agricultural Economic Analysis. Part III, Consumption and Demand*. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 181-221.

Castle, E. N., Becker, M. H. y Smith, F. J (1977) *Administración de Empresas Agropecuarias (segunda edición)*. Capítulo 2, *Principios Económicos* Librería "El Ateneo", Buenos Aires, Argentina, pp. 12-28.

Upton, M (1973) *Farm Management in Africa; The Principles of Production and Planning. Chapter 8, Capital*. Oxford University Press, London. pp. 149-184.

Yang, W. Y (1971) *Metodología de las Investigaciones sobre Administración Rural. Capítulo 5, Análisis Marginal de la Relación Factor-Producto*. FAO, Roma, Italia. pp. 107-132.