

00381

6

20/1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

MODELOS DE DECISION ECONOMICA PARA LA EVALUACION INTEGRAL DE UN
CENTRO CUNICOLA (PROCESAMIENTO E INDUSTRIALIZACION DEL ESTIERCOL:
CONDICIONES DE EQUILIBRIO Y RENTABILIDAD) ASPECTOS COMPUTACIONALES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

(BIOLOGIA)

PRESENTA:

GUADALUPE MORA VITAL

1991

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION ----- iii

1.- ANTECEDENTES.

- 1.1. Importancia productiva del conejo.
- 1.2. Crecimiento corporal, global y diferencial.
 - 1.2.1. Modelos generales del crecimiento.
- 1.3. Características especiales del estiércol de conejo.
- 1.4. Procesamiento del estiércol mediante detritívoros.
 - 1.4.1. Desintegradores y su función.
 - 1.4.2. La lombriz.
- 1.5. Relación entre modelos productivos y económicos.
 - 1.5.1 Los determinantes fisiológicos de los eventos de la explotación

2.- OBJETIVOS.

3.- DISEÑOS DE LA EXPLOTACION EXPERIMENTAL.

- 3.1. Crianza de conejos.
 - 3.1.1. Selección de la raza a ser criada.
 - 3.1.1.1. Edad más comercial para el sacrificio.
 - 3.1.2. Planta física y otras facilidades.
 - 3.1.3. Técnicas del manejo.
 - 3.1.4. Alimentación.

3.2. Procesamiento del estiércol.

3.2.1. Selección de la lombriz.

3.2.2. Diseño de la fosas.

3.2.3. Manejo del estiércol y producción de humus.

4.- RESULTADOS BIOLÓGICOS EXPERIMENTALES.

4.1. Curvas de crecimiento experimental.

4.2. Mortalidad ocurrida.

4.3. Producción de estiércol.

5.- FORMULACION DEL MODELO BIOLÓGICO.

6.- FORMULACION DEL MODELO ECONOMICO.

6.1 Criterio de evaluación económica.

6.2. Operación global del sistema de explotación cunícola.

6.2.1. Carta de planeación multiproducto de la explotación.

6.2.2. Determinación el punto de equilibrio y condiciones de flujo estacionario.

6.3. Modelos económicos de la operación de la carne y subproductos.

6.3.1. Precio óptimo viable de venta de carne y subproductos

6.3.2. Determinación del costo unitario de alimentación. Punto de equilibrio y ΔP mínimo semanal.

6.3.3. Efectos de mortalidad.

6.3.4. Corrección por mortalidad a la operación de la carne.

6.3.5. Cálculo de la mortalidad máxima permisible por ciclos de explotación.

6.4. Modelo económico de la operación del fertilizante.

6.4.1. Diagrama de procesamiento e industrialización,

6.4.2. Función de costos.

6.4.3. Función de velocidad de transferencia de masa.

7.- APLICACION DEL MODELO PARA LA PRODUCCION EFECTUADA.

7.1 Programa en FORTRAN

8.- DISCUSION.

9.- BIBLIOGRAFIA.

10.- APENDICES.

S U M M A R Y

In order to plan ahead meat, fur and fertilizer production in rabbit extensive production centers, time and events diagrams are established.

For New Zealand rabbit manure processing, collection and industrialization phases are described, describing Cisaria Phoetida role as transforming and catalyst agent.

For rabbit extensive production centers meat, fur and fertilizer economic decision models are established according to a maximum possible profit criterion.

In order to dynamically define the manure processing system, cost and mass transfer equations have been included in a general mathematic descriptive model.

All the elements of the economic decision model presented in this thesis, have been integrated in a computer system that works in conversational mode allowing users to make easy and speedy consultations on their own extensive production centers performance.

[Handwritten signature]

RESUMEN

Se establecieron los diagramas de tiempos y eventos para la planeación de la producción de carne, piel y fertilizante de un centro cunícola, desglosando el sistema de cuatro procesos que lo conforman: Producción, transformación, industrialización y comercialización.

Respecto al procesamiento de estiércol de conejo en Nueva Zelanda para la producción de fertilizante, se describen las fases de recolección y las etapas de procesamiento, haciendo énfasis en el papel de la lombriz Eisenia foetida, como agente transformador y principal catalizador en la transformación de dicho estiércol.

De acuerdo a un criterio de utilidad máxima posible se establecen modelos de decisión económica para cada uno de los subproductos (carne, piel y estiércol) en una explotación integral del conejo.

Se establecen las ecuaciones de costo y velocidad de masa que permiten definir dinámicamente al sistema del procesamiento del estiércol.

Se incorporan todos los elementos citados en un programa de computadora (FORTRAN) que permite un cálculo expedito, susceptible para consulta a todos los potenciales inversionistas en esta industria.

J. T. T. T.

I N T R O D U C C I O N

La autora ha trabajado en investigación de aspectos cuantitativos de la Zootecnia y se ha especializado en Cunicultura.

Aprovechando su experiencia, y en la idea de enriquecerla con la vivencia directa de la producción, fundó un establecimiento propio dedicado a la explotación intensiva de conejo donde poder ensayar libremente nuevas técnicas.

En particular, dado que el excremento de este animal constituye un efluente rico, incorporó un ciclo productivo colateral dentro del que el excremento era procesado por lombrices para obtener humus y biomasa.

Sobre la base de los datos de su explotación, formuló un modelo biológico para describir el comportamiento global y predecir la producción bajo diferentes condiciones (principalmente cambio de raciones).

Posteriormente generalizó el modelo para un espectro más amplio de condiciones, con vista a dotar a otros productores con un instrumento predictivo, estructurado bajo la forma de un paquete computacional de manejo sencillo.

La presente tesis da cuenta de la fundamentación y diseño del referido modelo, analiza sus predicciones para las condiciones reales observadas y discute las bases para su aplicación bajo diferentes circunstancias y diferentes condiciones de manejo zootécnico.

Capítulo I ANTECEDENTES

1.1. Importancia productiva del conejo.

El objetivo de la crianza del conejo, al igual que el de muchas otras especies animales, presenta dos aspectos. Se trata de producir en las mejores condiciones de rentabilidad una cantidad máxima de alimento de la mejor calidad posible. El aspecto cuantitativo depende de los rendimientos reproductivos y de la conducta de la especie en explotación, pero también de su viabilidad económica y de su velocidad de crecimiento (Ayala, 1976; Bosch, 1982).

En el caso específico del conejo, es preciso recordar que hay una amplia variabilidad genética (aún dentro de una misma raza) de los parámetros del crecimiento: constante de tiempo, conformación final y precocidad, composición corporal, etc.

Es justamente esta variabilidad la que facilita una producción con posibilidades de mejoras cualitativas y de selección.

Desde el punto de vista del interés del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, el punto más importante es la medición analítica de las condiciones que optimizan la rentabilidad de una explotación cunicola. Esto implica el análisis, el diseño y la programación de un modelo de decisión económica que permita predecir el comportamiento económico de una raza en explotación, en esta ocasión la Nueva Zelanda blanco.

1.2. Crecimiento corporal, global y diferencial.

Desde el punto de vista empírico el crecimiento de cualquier organismo vivo es simplemente el aumento de talla en intervalos sucesivos. Este incremento del tamaño es un resultado de la síntesis de materia orgánica que se traduce en un incremento de masa, que es la consecuencia de un saldo positivo del anabolismo sobre el catabolismo. Visto así, el crecimiento puede definirse en función de sus dos aspectos más evidentes: el primero es el aumento del peso del organismo en función del tiempo; el segundo se refiere a los cambios de formas y composición que resultan de la maduración del organismo vivo (Ouhayoun, 1983).

El crecimiento en peso entre el nacimiento y el estado adulto, se expresa como $P = \psi(t)$ donde p = peso y t = tiempo.

$$(1) \quad P = \psi(t)$$

Esta evolución es continua (Lopez et al 1987). La curva de crecimiento, en forma genérica, tiene un punto de inflexión y tiende asintóticamente hacia un valor final P_f que corresponde al peso adulto del conejo (Figura 1).

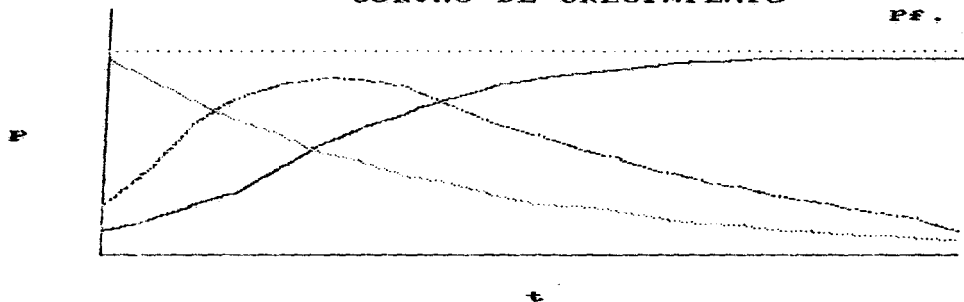
La velocidad de crecimiento instantáneo es la derivada de la ecuación $P = \psi(t)$. La curva representativa presenta un máximo que corresponde al punto de inflexión de la curva de crecimiento en peso.

$$(2) \quad V = \frac{dP}{dt}$$

La velocidad de crecimiento específico es la derivada logarítmica de la ecuación de crecimiento en peso:

CURVAS DE CRECIMIENTO

Pf.



— CURVA 1 — CURVA 2 — CURVA 3 — Pf.

1. * * * * * Curva 1: $P = P(t)$
2. * * * * * Velocidad de Incremento Instantáneo $V = dP/dt = f_1(t)$
3. * * * * * Velocidad de Crec. Específico $S = (1/P) dP/dt = f_2(t)$
(Cohayson, 1951).

Figura 1. Parámetros del crecimiento global. Evolución del peso corporal (P), de la velocidad de crecimiento instantáneo (V) y de la velocidad de crecimiento específico (S) en función del tiempo. Pf. equivale al peso final.

$$S = \frac{1}{P} \frac{dP}{dt}$$

Esta es una función regularmente decreciente, siempre y cuando la curva sea una curva en S alargada.

1.2.1. Modelos generales del crecimiento.

Para describir el crecimiento se han propuesto varias expresiones matemáticas las cuales deben satisfacer las siguientes condiciones:

1. Partir de datos experimentales
2. Permitir una extrapolación correcta en el tiempo
3. Poseer parámetros con significado biológico.

Citaremos dos de ellos. Los modelos de Brody (1945) y Laird (1965). El primero de ellos está basado en el desarrollo que presenta la velocidad de crecimiento, el cual se analiza en dos fases (Figura 1).

- a) Una fase autoacelerada durante la cual la velocidad de crecimiento instantáneo es directamente proporcional al peso P ya adquirido.

$$(4) \frac{dP}{dt} = K_1 P$$

integrando esta expresión obtenemos:

$$(5) K_1 t = \text{Log } P - \text{Log } P_0$$

o lo que es lo mismo.

$$(6) P = P_0 e^{K_1 t}$$

En esta ecuación K_1 es constante de velocidad de crecimiento instantáneo y P_0 es el peso inicial en el instante de la anidación del huevo.

- b) Una fase autoretardada durante la cual la velocidad instan

tánea de crecimiento es proporcional al monto de lo que aún falta por crecer para alcanzar el peso adulto:

$$(7) \quad \frac{dP}{dt} = -K_2 (P_f - P)$$

integrando:

$$(8) \quad \text{Log} (P_f - P) = -K_2 t + \text{log} B$$

o sea que:

$$(9) \quad P = P_f - B e^{-K_2 t}$$

En esta ecuación K_2 es un índice de la maduración, si se mide en términos de aproximación al peso final; en términos de velocidad de crecimiento indica un decrecimiento. B es la constante de integración.

La crítica principal que se le ha hecho a este modelo en numerosas ocasiones es que las discontinuidades presentadas por él no tienen justificación biológica. En un intento por encontrar una representación analítica que se aproxime aún más a la realidad biológica, Laird (1965), ha propuesto la siguiente corrección al modelo. Si la velocidad específica de crecimiento, $S = \frac{1}{P} \left(\frac{dP}{dt} \right)$ decrece exponencialmente con el tiempo y la función es integrable en el intervalo correspondiente entonces obtendremos una ecuación de la forma: $S = A e^{-bt}$ o lo que es lo mismo escrito en forma logarítmica:

$$(10) \quad \text{log} S = -bt + \text{log} A$$

La ventaja de expresar así esta ecuación reside en que se hace evidente que el logaritmo de la velocidad de crecimiento específico disminuye linealmente en el tiempo.

A la ecuación diferencial.

$$(11) \quad \frac{1}{P} \frac{dP}{dt} = A e^{-bt}$$

Se le puede integrar y ello conduce a una ecuación de Gompertz.

$$(12) \quad P = P_0 e^{A/b(1-e^{-bt})}$$

Esta ecuación es una representación analítica de una curva en forma de S alargada cuyo punto de inflexión tiene las siguientes coordenadas:

$$(13) \quad t_{if} = \frac{1}{b} (\log A/b)$$

$$(14) \quad P_{if} = P_0 e^{(A/b - 1)}$$

El valor asintótico P_f se encuentra en $P_f = P_0 e^{A/b}$

Existen algunos otros modelos particularmente interesantes para describir el crecimiento del conejo, como por ejemplo la relación alométrica de Huxley (1932) que expresa la variación de crecimiento de un organismo en relación a un sistema de referencia X, la ecuación alométrica de Deltoro y Lopez (1985) y la curva de crecimiento multifásico de Koops (1986).

Prud'hon, Vezingeth y Cantier (1970) han propuesto también modificaciones a los modelos de crecimiento que en líneas generales se pueden considerar como variaciones del modelo matemático de Gompertz.

Se presenta sin embargo para todos estos modelos una objeción

de carácter práctico que no puede ser de ninguna manera ignorada y es la siguiente: si bien es cierto que los modelos matemáticos son muy analíticos, no describen con fidelidad el proceso biológico como tal.

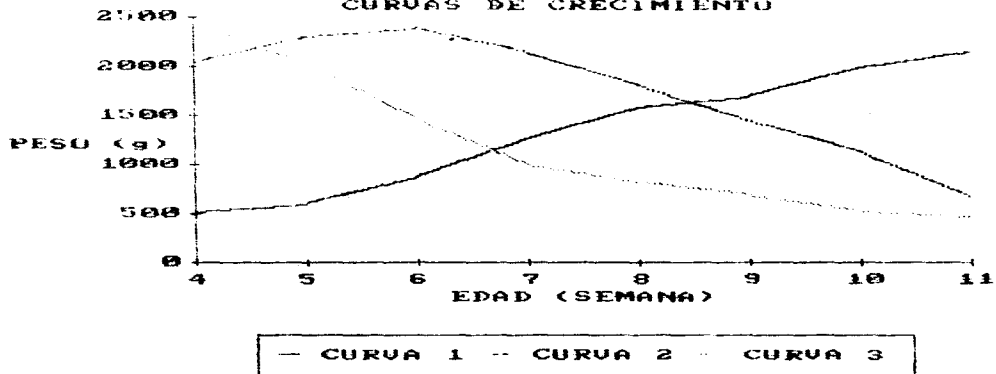
Si se hace una representación cartesiana de los datos de crecimiento de peso tomados semana a semana durante un lapso de dos meses y tratamos de sobreponer a la línea quebrada resultante (Figura 2) la curva sigmoidea del modelo matemático de Gompertz, nos damos cuenta de que la función analítica deja mucho que desear en lo que se refiere a fidelidad de representación del fenómeno biológico.

Más aún, si los datos se utilizan para alimentar un programa en el paquete estadístico SAS (Barr y Goodnight 1972) para tratar de encontrar una representación analítica polinomial, las diferencias entre el modelo matemático y las curvas reales de crecimiento siguen siendo muy apreciables, particularmente si estamos interesados en encontrar valores puntuales.

Esta es una de las razones por las cuales en el modelo matemático propuesto en esta tesis, el análisis de crecimiento se hace disminuyendo los intervalos de medición del crecimiento. De esta forma consideraremos el crecimiento como un fenómeno que se estudia semana a semana y los datos experimentales puntuales se analizan estadísticamente para cada lote de conejos en particular y para cada semana específica.

Dicho de otra manera, no haremos una representación diferencial del fenómeno de crecimiento sino que lo estudiaremos mediante un análisis en diferencias finitas.

CURVAS DE CRECIMIENTO



1. \dots
2. \dots
3. \dots

Figura 2. Evolución del peso corporal (1), de la velocidad de crecimiento (2) y de la velocidad de crecimiento específica (3) a función de la edad (Duhayon, 1987).

Por ejemplo, con nuestro modelo un predecantero presentará cual sea el peso al nacer de 5 semanas, aún así bien, si al ser el peso más probable en la siguiente semana el consumo el día la semana a 1.1).

La expresión asociada del modelo se ha permitido a Modelos de Decisión Económicos.

1.3. Características especiales del estiércol de conejo.

El estiércol de conejo es uno de los estiércoles mas valiosos de todo el ganado como puede verse en su análisis. En base seca contiene:

- 2.7% Nitrógeno
- 1.5% Acido fosfórico
- 1.0% Potasio

El nitrógeno, el acido fosfórico, la potasa y otros elementos químicos, así como su gran número de bacterias enriquecen el terreno y la materia orgánica aumenta sus propiedades hidrostáticas.

El conejo produce dos tipos de excrementos, duros y blandos cuya composición química es bastante diferente, como se observa en el Cuadro 1.

La composición del estiércol varia según el tipo de ración, su contenido de humedad y grado de descomposición.

Cuadro 1.- Composición química de los excrementos de conejo.
(Cross, 1975).

	Blandos	Duros
Materia seca (%)	55.3	82.5
Cenizas (% sobre m.s.)	7.7	6.2
Grasa bruta (% sobre m.s.)	1.3	1.4
Proteína bruta (% sobre m.s.)	39.7	20.3
Fibra bruta (% sobre m.s.)	26.4	47.4
M.E.L.N. bruta (% sobre m.s.)	24.9	24.7

La cantidad de estiércol fresco requerida para producir 45.4 Kg de estiércol seco es solo 63.6 kg comparado con 106.9 kg. de estiércol de caballo y 217.9 kg de estiércol de vaca. Esto lo podemos comprobar observando el siguiente cuadro:

Cuadro 2.- Composición de elementos fertilizantes de distintos tipos de estiércoles. (en porcentajes) (Ayala 1976).

Clases	Agua %	Nitrogeno %	Ac. fosforico	Potasa %
caballo	42-76	0.5-0.7	0.3-0.5	0.2-0.6
vaca	75-79	0.4-0.6	0.2-0.3	0.4-0.6
buey	78-84	0.3-0.7	0.2-0.5	0.2-0.5
cordero	59-66	0.7-1.1	0.3-0.5	0.2-1.1
cerdo	74-82	0.5-0.8	0.3-0.5	0.3-0.5
aves	55-75	1.0-2.0	0.8-2.8	0.4-0.9
conejo	3-5	1.8	0.7	1.1

La cantidad de estiércol producida depende de factores como: raza, dieta, etc. (Gilbertson y Clemens, 1986)

El peso del estiércol de conejo varía entre 30-40 libras por pie cúbico (0.5-0.6 gr/cm³) y una camada producirá al año alrededor de 12 pies cúbicos (aproximadamente 340 litros) de estiércol o sea alrededor de 170 kgs. (Templeton, 1976).

En muchos países el estiércol es secado y vendido como fertilizante ya que seco no huele mal y es fácilmente manejable.

El estiércol de conejo se puede usar a razón de 5-10 ton/ha para cultivos agrícolas, de 7.5-1.0 ton/ha para árboles frutales y unos 10 kg/m² para hortalizas.

Algunos jardineros usan estiércol diluido, otros lo aplican fresco al suelo. Actualmente se usan lombrices de tierra (Eisenia Phoetida) debajo de las jaulas para transformar las

deyecciones en humus (Cegarra, 1989). Cuando se mantiene una gran población de lombrices la transformación es más rápida y no se producen malos olores ni moscas en el conejar. Además de que las lombrices pueden aprovecharse de varias formas. (Apéndice #5)

1.4. Procesamiento del estiércol mediante detritívoros.

En esta tesis se utiliza como catalizador del proceso de transformación de estiércol en humus de elevado rendimiento (ver Apéndice # 2) al detritívoro Eisenia Phoetida (Ferruzzi 1982).

1.4.1. Desintegradores y su función.

La descomposición es una desintegración gradual de materia orgánica efectuada por agentes físicos y biológicos. Culmina con el desdoblamiento de moléculas ricas en energía, por sus consumidores (desintegradores y detritívoros) en CO₂, agua y nutrientes inorgánicos. Algunos de esos elementos químicos son inmovilizados por un tiempo como parte de la estructura corporal de los organismos desintegradores y la energía presente en la materia orgánica será usada para realizar trabajo, siendo eventualmente perdida como calor. (Begon, Harper y Townsend, 1980).

Las heces animales, compuestos de material orgánico muerto, químicamente relacionados a lo que su productores ingerieron, son otra categoría de recursos para desintegradores y detritívoros. Las heces de herbívoros contienen gran cantidad de materia orgánica.

El proceso de descomposición usualmente comienza por la colonización de bacterias y hongos, los cuales son omnipresentes en el aire, agua y material muerto. (Sing y Gupta, 1977).

Las especies como *Penicillium*, *Mucor* y *Rhizopus*, llamados "hongos azucarados" junto con bacterias, crecen rápidamente en los primeros estados de descomposición, ya que en la naturaleza como en procesos industriales y domésticos, la actividad de los primeros colonizadores es dominado por el metabolismo del azúcar y fuertemente influenciado por la aireación. En condiciones aeróbicas los azúcares son metabolizados a bióxido de carbono por los microbios en crecimiento. Bajo condiciones anaerobias, la fermentación produce un rompimiento de azúcares, menos eficiente, a productos como alcohol y ácidos orgánicos que cambian la naturaleza del ambiente para subsecuentes colonizadores. En particular bajan el PH por la producción de ácidos que favorecen la actividad de hongos opuesta a la actividad de bacterias.

Después del rompimiento de azúcares (principalmente por ficomicetos) la descomposición es a cargo de microbios especialistas (principalmente ascomicetos, basidiomicetos y actinomicetos) que usan celulosa y lignina y rompen proteínas más complejas.

La flora bacteriana y de hongos realizan la descomposición completa. Esta descomposición es acelerada enormemente por cualquier actividad que fragmente los tejidos, tal como la acción de masticación de detritívoros.

La mayor parte de los animales detritívoros involucrados en la descomposición de materia orgánica son consumidores generalistas, de detritus y de poblaciones de microflora. (Crovetti et al, 1983; Papparatti et al, 1980)

De acuerdo a su tamaño, los detritívoros se clasifican en: microfauna (100 μ m), mesofauna (100 μ m,-2 mm), macrofauna (2 mm-20 mm) y megafauna (> 20 mm).

Las lombrices de tierra forman parte de la megafauna y su acción consiste en: enterrar desechos, mezclarlos con el suelo (exponiéndolos así a otros desintegradores), crear túneles

(permitiendo aireación y drenaje) y depositar heces ricas en materia orgánica. En el proceso de descomposición, la actividad microbiana es mayor que la de los detritívoros pero la de éstos es más constante ya que es menos sensible a cambios climáticos. La descomposición de material muerto no es simplemente la suma de actividades de microbios y detritívoros, sino que en gran medida, es el resultado de la interacción entre los dos. La acción fragmentadora de los detritívoros producen partículas más pequeñas con un área superficial mayor que aumenta el área de sustrato para crecimiento de microorganismos (principalmente bacterias (Begon, Harper y Townsend, 1980)).

1.4.2. La lombriz.

Las lombrices son anélidos cavadores que se alimentan de materia orgánica en descomposición. Construye sus agujeros forzando su extremo anterior a través de grietas y tragando tierra el material defecado se mezcla con moco. Sus deyecciones son abono orgánico con una riqueza bacteriana de prácticamente el 100 % (2×10^{12} colonias/gr.) (Apéndice 2). Debido a estas características este humus debería llamarse elemento corrector. (Ferruzzi 1986). Las galerías que construye mejoran el drenaje y permiten la aireación del suelo, aunque es más importante la mezcla resultante de la construcción de túneles.

Todos los días ingiere una cantidad de comida equivalente a su peso, expeliendo en forma de humus el 60 % de la misma, el 40 % restante es asimilado por la lombriz. En esta acción la faringe actúa como bomba, la parte anterior del verme sale de su agujero y la boca presiona contra las partículas de materia orgánica presentes en el suelo. En este momento la faringe por contracción bombea el alimento.

El grado de humedad, temperatura, acidez y textura del suelo pueden imponer limitaciones a su distribución. Los suelos ácidos son hábitat desfavorable ya que tienen deficiencia de Ca^{+} libres, necesarios para que el gusano tenga un PH alto en su sangre.

Las características principales de las lombrices son:

Su cuerpo está metamerizado, se alimenta de materia orgánica en descomposición. Las glándulas faríngeas secretan una saliva que contiene moco y enzimas (proteasa)

El esófago tiene buche y molleja; el primero actúa como cámara de almacenamiento, el segundo se utiliza para triturar partículas alimenticias.

Su intestino es un tubo recto a todo lo largo del cuerpo. En la región anterior se lleva a cabo la secreción y digestión, en la posterior la absorción. Secretan algunas enzimas digestivas usualmente, celulasa y quitinasa.

El intercambio de gases se hace por difusión a través del integumento general del cuerpo. Tiene hemoglobina disuelta en el plasma transportando el 40% de oxígeno. La circulación la realiza por un vaso ventral y uno dorsal (o corazones) unidos por vasos laterales cuyas ramificaciones envían sangre a los capilares del integumento.

El sistema nervioso está formado por un cerebro en el tercer segmento, con dos cordones ventrales y 5 fibras nerviosas gigantes. Existe estrecha relación entre sistemas nervioso y locomoción peristáltica.

El sistema muscular esta muy desarrollado tanto en sentido longitudinal como en sentido perimetral (circular) lo que le permite efectuar cualquier tipo de movimiento.

Las lombrices carecen de ojos pero poseen un sentido dérmico de la luz ya que el integumento tiene fotorreceptores conectados a los nervios centrales. Muestran fototactismo negativo a luz fuerte y positivo a luz débil.

Su reproducción es asexual (hermafroditas) con gran capacidad de regeneración. Cada lombriz tiene un aparato genital masculino en la region anterior, y uno femenino posterior a éste.

La fecundación es cruzada y alcanzan su madurez sexual entre los 6-12 meses de edad.

El clitelo es una estructura reproductiva y produce moco para copulación; secreta la pared del capullo y además albúmina en la cual depositan los huevos dentro del capullo.

Después de un periodo de 14-21 días de incubación emergen de cada huevo entre 2-21 lombrices de color blanco. A los 5-6 días adquieren una tonalidad rosa y a los 15-20 días se parecen fenotípicamente a sus progenitores.

1.5. Relación entre modelos productivos y económicos.

Mientras que el objetivo de un sistema biológico productivo consiste en generar ganancia de biomasa bajo sus diferentes formas, el objetivo de un negocio consiste en generar ganancia de dinero (Figura 3).



E = ENTRADA CONSTITUIDA POR EL COSTO (\$) DE ALIMENTO Y SERVICIOS

S = SALIDA CONSTITUIDA POR EL PRECIO DE VENTA DE LOS PRODUCTOS
(CARNE, PIEL Y HUMUS)

Figura 3. Sistema de producción. Mostrando la entrada y salida del sistema así como los porcentajes de los subproductos resultantes.

Dado que cada forma de la biomasa tiene un precio de venta, puede establecerse correlación entre la producción biológica y la gestión económica de la empresa constituida por el criadero.

No obstante, esta relación no es sencilla, ya que el costo de los insumos y los precios de los productos se hallan sometidos a las condiciones del mercado. A su vez, el mercado podría visualizarse como una especie de macro-sistema con retroalimentación negativa, ya que la entrada de productos al mismo suele determinar un efecto atenuador sobre los precios de venta de los productos.

Por otra parte, dado que una parte considerable del precio

oficial de venta de los productos pecuarios queda determinada por los costos de transporte e intermediación, ocurren en la práctica relaciones fuertemente no-lineales, ya que el comprador intermedio impone precio unitario en proporción inversa al tamaño del lote que adquiere en un solo acto.

Otro tanto no resulta cierto en cuanto a la estructura de sus costos para el pequeño productor, ya que debe comprar a una escala que no le permite obtener descuentos por cantidad. Además de que no dispone de capacidad de almacenaje como para especular sobre el movimiento del precio del principal insumo: la ración.

1.5.1. Los determinantes fisiológicos de los eventos de la explotación.

La ruta crítica es el análisis de tiempos y eventos en que se pueden desglosar los cuatro procesos que forman al sistema: producción, transformación, industrialización y comercialización.

El tiempo crítico de un ciclo productivo en una explotación cunícola en equilibrio es de 126 días: 61 días que van de la cruce de las hembras al destete, más 45 días de engorda, más 20 días para completar los procesos de industrialización y comercialización así como para hacer un balance contable del ciclo.

Las actividades complementarias de esta red de decisiones son:

almacenamiento de alimento, contratación de personal y entrenamiento, acondicionamiento de equipo, tratamiento de fosas, selección genética, curtido de pieles, patas y colas, sacrificio de animales, venta de carne, etc.

Este sistema de producción animal que estamos estudiando, conservará su equilibrio siempre y cuando las condiciones de borde que lo delimiten se ajusten a la red de decisiones expresada en forma de ruta crítica que aquí se presenta (Figura 4).

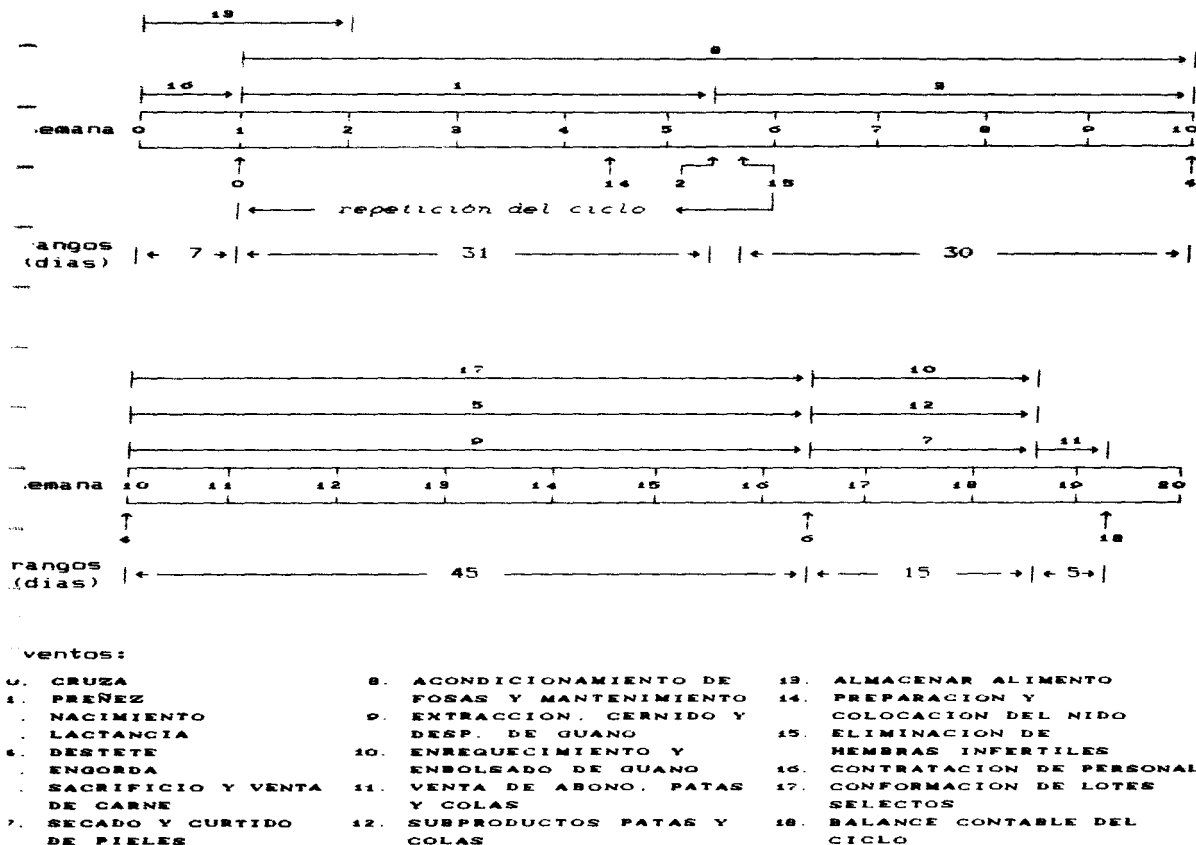


Figura 4. Eventos de la explotación.

Capítulo 2 OBJETIVOS

El objetivo central de esta tesis consistió en elaborar un modelo cuantitativo para explotaciones cunicolas integrales, partiendo de una revisión de antecedentes zootécnicos, y de una experiencia productiva real llevada a cabo por la propia autora.

Dicho modelo se desarrollaría considerando, de manera progresiva, los siguientes tres planos:

- 1- Biológico (crecimiento, reproducción, lactación, mortalidad, etc.)
- 2- Productivo (insumos, productos)
- 3- Económico (costos, ventas, inversiones)

Una vez elaborado el modelo, el mismo sería aplicado para predecir el comportamiento de la producción bajo tres tipos de circunstancias:

- 1 - Observadas realmente en la explotación propia.
- 2 - Verosímiles para la explotación propia efectuada.
- 3 - Verosímiles para otros productores analógicos.

Una vez obtenidos resultados satisfactorios, se procedería a la elaboración de un paquete computacional que serviría para apoyar al productor, basándose en las predicciones del modelo.

Otro de los objetivos de este trabajo fue demostrar que el uso adecuado de Eisenia Phoetida, permite la recuperación a gran escala de los desechos orgánicos de la explotación y el aprovechamiento del estiércol con los consiguientes beneficios económicos para el cunicultor.

También tenía por objetivo esta tesis hacer un análisis en diferencias finitas del proceso de crecimiento que debe considerarse como complementario a los modelos diferenciales que también se exponen en este trabajo, pero con la ventaja de que el análisis en diferencias finitas representa con mayor fidelidad el fenómeno biológico del crecimiento.

Capítulo 3 DISEÑO DE LA EXPLOTACION EXPERIMENTAL

3.1. Crianza de Conejos.

Como se explicó previamente, se trataba de instalar y operar una pequeña granja cunicola, de características representativas, pero que a la vez incorporase algunos perfeccionamientos. En particular, el manejo del estiércol.

3.1.1. Selección de la raza a ser criada.

Se seleccionó la raza de Nueva Zelanda por lo siguiente:

Esta raza se utiliza principalmente para la producción de carne, piel, pelo y elementos para la experimentación en laboratorios. Adicionalmente su estiércol se puede procesar para producir humus de elevado rendimiento.

Aun cuando el interés principal de la crianza del conejo es la producción de carne, la piel también representa un valor a considerar y en esto también resulta ventajosa la raza Nueva Zelanda ya que el color blanco de su piel es más cotizado.

El conejo nueva Zelanda es un animal cuyo peso adulto del macho varía de 4.1 a 5.0 kg y el de la hembra de 4.5 - 5.1 kg.. Alcanzan su madurez sexual a los 6 ó 7 meses de edad (Scheelje, 1968).

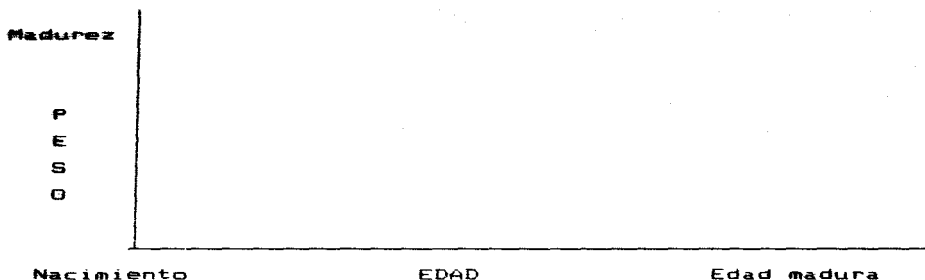


Figura 5. Curva típica de Crecimiento. Se muestra la evolución del peso en función de la edad, desde el nacimiento a la edad madura. (Sandford y Woodgate 1957).

Después del nacimiento la curva típica de crecimiento de los conejos es la que se muestra en la Figura 5.

El rendimiento en canal (peso del animal en canal/peso del animal en pie) de los conejos nueva Zelanda es de alrededor de 55.0%.

Las principales enfermedades que se presentan en estos conejos son: coccidiosis, catarros, septicemia, mastitis, etc. (Cross, 1975). Se debe mantener por lo tanto un estricto control sanitario y un eficiente calendario de vacunas para evitar la presencia de estas enfermedades.

En la granja experimental las bajas se producen principalmente por enteritis mucoide. Esta enfermedad ataca entre las 5 y las 8 semanas de edad.

Los requerimientos nutricionales del conejo Nueva Zelanda, durante el crecimiento, son el doble de los requerimientos para mantenimiento pero caen considerablemente en relación a estos a medida que el animal crece (Sandford y Woodgate, 1957 ; Cheeke, 1988).

Con un periodo de gestacion de 31 a 32 dias y un periodo de lactancia de 4 semanas, una hembra nueva Zelanda puede producir 4 a 5 camadas por año. El promedio de gazapos por parto es de 7, de tal manera que una coneja de 5.5 kg que desteta al año 30 gazapos de 2 kg c/u, o sea 60 kg, produce mas del 1000% de su peso vivo al año.

El conejo nueva Zelanda se desarrolla rapidamente, solo se necesita de 95-98 dias desde la cubrición de la hembra, hasta el destete y venta al mercado. Estos datos se refieren a lotes de alto rendimiento; a medida que la calidad de los animales disminuye su estancia en el conejar es mayor.

Al inicio de la preñez, los requerimientos nutricionales son aproximadamente 1 1/3 veces los requerimientos para mantenimiento, aumentando al doble al final de esta etapa (Aghina, 1989).

3.1.1.1 Edad más comercial para el sacrificio del conejo.

Para la elección de la edad de sacrificio del conejo se tomaron en cuenta los siguientes puntos importantes:

1. El conejo tiene dos fases de crecimiento: máximo en sus primeros meses de edad y lento antes de llegar a su estado adulto. La pendiente de la curva de crecimiento después de la 9a. semana se hace muy pequeña, lo cual significa que el alimento

consumido por el conejo no está siendo transformado en carne. Este hecho coincide con los experimentos de Cantier et al (1969) en el sentido de que los coeficientes de alometría del tejido muscular se hacen fuertemente decrecientes tanto para machos como para hembras a partir de la 9a. semana.

El coeficiente de alometría según Huxley (1932) es la relación entre las velocidades de crecimiento específico de un sistema de referencia X y un sistema de estudio Y, tal que: $S_y / S_x = a$.

Si $a = 1$ el crecimiento es isométrico. Si $a > 1$ decimos que la alometría del sistema bajo estudio es creciente y si $a < 1$ decimos que la alometría es decreciente.

2. — Es preciso contabilizar gastos e ingresos a diferentes edades y determinar así el momento de sacrificio.

El momento a partir del cual el incremento de costo de alimentar un gazapo durante una semana (CS_i) sea igual al incremento de su valor de venta durante esa misma semana (ΔV_i), señala el origen de utilidad económica en esa semana.

Así pues, de la condición de equilibrio del sistema tendremos que:

$$(15) \quad \Delta V_i \geq CS_i$$

Es decir que el incremento mínimo semanal de peso que debe experimentar un gazapo para que sea rentable al seguir alimentándolo, se obtiene a partir de la condición de equilibrio:

$$(16) \quad \Delta P_{\min} \geq \frac{CS_i}{0.55V_i}$$

siendo 0.55 rendimiento y V_i precio de venta. De tal manera que cuando:

$$(17) \Delta P_{min} < \frac{CS_i}{0.55 V_i}$$

se deben sacrificar los conejos. (Para mayor detalle, referirse al capítulo Modelo Económico de Crecimiento).

3.1.2. Planta física y otras facilidades.

Los conejos se encontraban en jaulas suspendidas del techo con un sistema de provision de agua compuesta por tubos de PVC y bebederos automaticos; esto, además de permitir el suministro continuo de agua, facilita la administración de medicamentos y contribuye a prevenir la transmisión de enfermedades.

Las dimensiones de las jaulas eran 40 x 60 x 90 cm hechas de tela metálica y con tolvas para el alimento.

Los nidos, que se utilizaban durante la preñez, están hechos de madera con dimensiones de 30 x 30 x 60 cm con uno de los extremos abierto.

Debajo de las jaulas estaban las fosas de recolección de estiércol. Las dimensiones de una fosa típica son de 50 cm. de profundidad por 4 metros de largo, colocándose las lombrices a razón de unos 700 gr. por tonelada de tierra y estiércol (Figura 6).

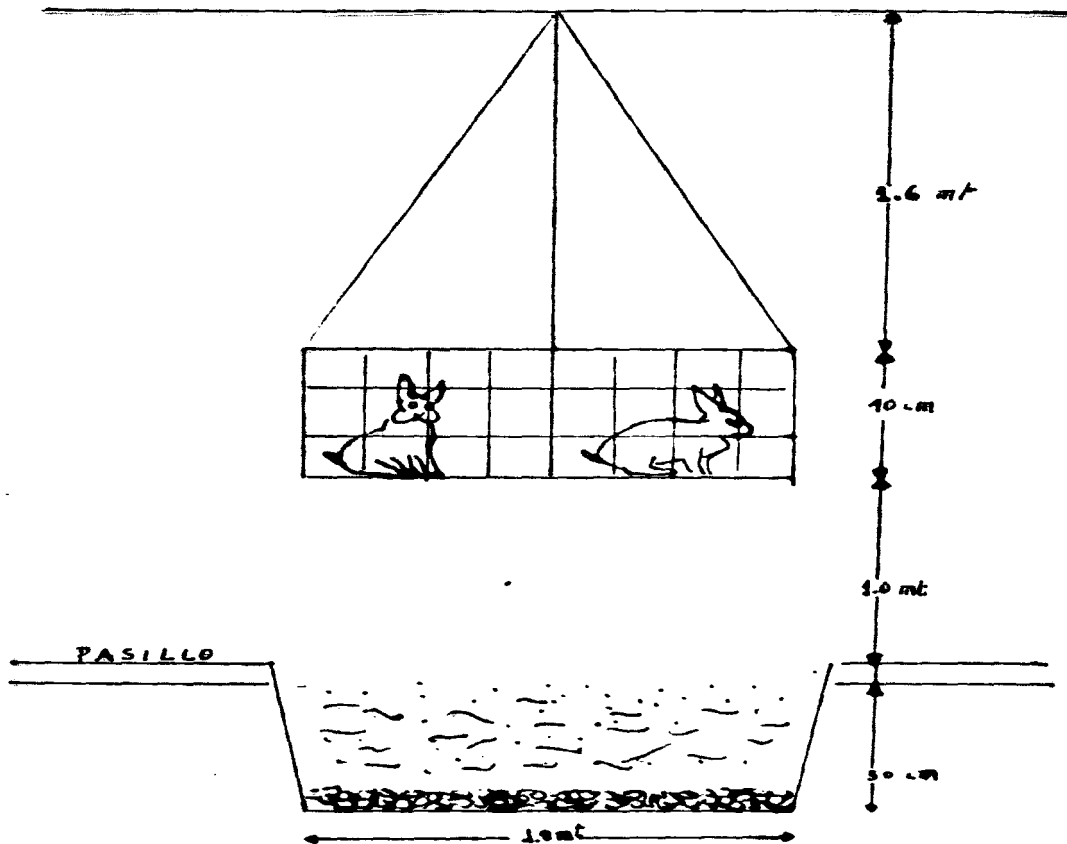


Figura 6

3.1.3. Técnicas del manejo.

En base a la experiencia de la autora en la Granja Experimental de la UACH, se decidió utilizar las siguientes técnicas de manejo:

- 1 - La hembra se cubre a los 6 o 7 meses de edad.
- 2 - La gestación dura entre 31 y 32 días.
- 3 - Se aguarda 5 días después del parto antes de volver a cruzar a la madre.
- 4 - Se conservan los integrantes de una camada que abran los ojos a los 10 o 12 días de nacidos.
- 5 - A los 20-25 días los gazapos brincan fuera del nido y a partir del día 25 se les empieza a dar alimento para crecimiento hasta el destete.
- 6 - El destete de los gazapos se hace a los 35 días de edad, en forma gradual, separando primero a las crías más grandes y vigorosas.
- 7 - Las crías más débiles y/o pequeñas se dejan una semana más con la madre.
- 8 - Después del destete se separan por sexos.

Los conejos de la raza Nueva Zelanda de mejor rendimiento pesan por término medio de 1.7 a 2.0 kg a las 7 u 8 semanas después del nacimiento, estando en este momento listos para su venta.

3.1.4. Alimentación.

La alimentación interviene sobre el crecimiento de tres maneras diferentes y complementarias:

Por la presencia o ausencia de elementos esenciales de la ración, tales como vitaminas, oligoelementos, aminoácidos

indispensables, fibras, carbohidratos, etc.

- Por el adecuado equilibrio entre los diferentes constituyentes de la ración, tales como la relación proteína-energía, relación grasa-fibra.
- Por el nivel energético de la ración. Este factor es de orden esencialmente cuantitativo (Aitken y Wilson, 1962).

A continuación se presenta una lista donde se indican cuales son los componentes mas usuales del alimento para conejo que se utilizan en el Departamento de Zootecnia de la UACH, así como los porcentajes de proteína, grasa y fibra para las diferentes etapas de desarrollo.

Las curvas resultantes y de las cuales hace uso el modelo de decisión económica de esta tesis resultan de alimentar conejos Nueva Zelanda blanco y/o California con alimento cuya composición genérica es la que se indica a continuación:

Como fuente de fibra en porcentaje 40-60:

Cema
Harina de avena
Harina de alfalfa
Tréboles y pastos

Como fuente de energía en porcentaje 20-40:

Maíz
Sorgo
Avena
Cebada
Trigo

Como fuente de proteína en porcentaje 10-15:

Harina de Carne
 Harina de pescado
 Harina de sangre
 Soya (lisina y metionina)
 Cartamo
 Girasol

Las vitaminas y minerales se administran en porcentajes 0.15-0.25 y la sal en 0.5 %. Los antibióticos son principalmente coccidiostatos en porcentaje 0.15-0.25.

La alimentación normal contiene en % :

Proteína	12 - 15
Grasa	2 - 3.5
Fibra	20 - 27

La alimentación en hembras preñadas en % :

Proteína	25
Grasa	3
Fibra	6

La alimentación de hembras lactantes en % :

Proteína	16 - 20
Grasa	3 - 5
Fibra	15 - 20

La alimentación en el crecimiento:

Proteína	22
Grasa	5
Fibra	12

3.2. Procesamiento del estiércol.

3.2.1. Selección de la lombriz.

La clasificación de la lombriz Eisenia Phoetida es:

Phylum: Anélida
Clase: Oligoqueta
Fam.: Lumbricidae
Var.: Eisenia Phoetida

En base a la experiencia europea (Ferruzi, 1986; Cegarra et al, 1989) y americana (Baez, 1990) se optó por Eisenia Phoetida por lo siguiente:

- 1.- La lombriz Eisenia Phoetida es un anélido que se puede producir en cautividad, es decir en recintos cerrados y superficies limitadas, al contrario de las lombrices silvestres que podemos ver en los jardines.
- 2.- La temperatura y PH optimos de Eisenia son de 28°C y 6.8-7.6 respectivamente. Por lo que respecta a la temperatura ésta es similar a la del sitio experimental.
- 3.- Es una lombriz resistente al orin de conejo, lo cual la hace ideal para colocarla en fosas debajo de las jaulas.
- 4.- Su explotación es inodora. El sitio donde se procesa estiércol y residuos por lombriz, es relativamente inodoro, si la densidad de lombrices es alta.
- 5.- El humus resultante de la transformación por Eisenia tiene un enorme valor debido a la flora bacteriana que

contiene, es por esto que más que elemento fertilizante debería llamarse elemento corrector (Ferruzi 1986).

6.- Produce un fertilizante orgánico de gran calidad con un PH \approx 7 (neutro) lo cual le confiere un valor óptimo.

7.- Es comercial y se encuentra con facilidad en el mercado, ya que no solo se puede utilizar para procesamiento de estiércol si no como alimento de peces, ranas, gallinas, etc.

A continuación se observan las Figuras 7a y 7b que muestran la actividad de Eisenia Phoetida en las fosas.

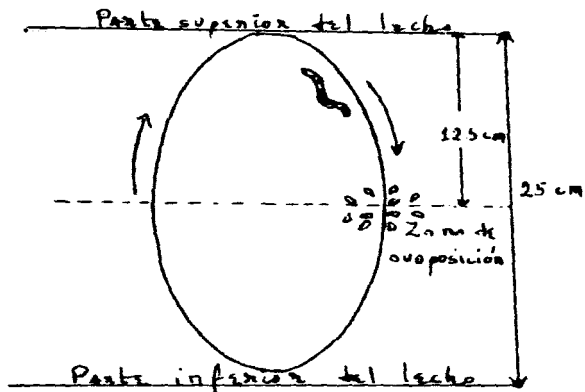


Figura 7a. Actividad reproductora de Eisenia Phoetida en la fosa.

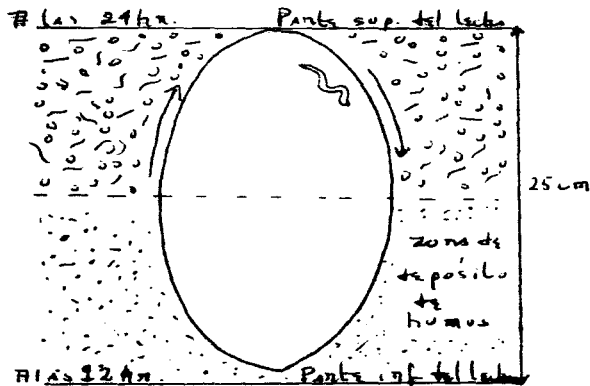


Figura 7b. Actividad de *Eisenia Phoetida* durante las 24 horas.

3.2.2. Diseño de las fosas.

A fin de cuantificar el proceso de transformación de humus es preciso definir un patrón que sirva de comparación: este patrón es la fosa ideal, la fosa que nunca podrá existir, pero en la cual ocurren todos los procesos físicos, químicos, mecánicos y biológicos que aseguran la producción continua y regular de humus.

Mediante análisis comparativo directo y utilizando un muestreo estratificado aleatorio, se puede determinar si el comportamiento de la fosa real es satisfactorio o no.

Todos los parametros definición de la fosa real se establecerán con relacion a la ideal. Así por ejemplo, sabiendo que la velocidad de producción de guano en la fosa ideal es 20% y la de la real es 14%, diremos que la eficiencia de tranformación es de 0.7, o sea 14/20.

Como veremos en seguida la fosa ideal se encuentra dividida en cinco partes iguales, en cada una de las cuales se encuentra material organico en una de las cinco etapas de decomposicion.

Ocurren en ellas tres procesos básicos que mantienen operando armónicamente al sistema de transformación de estiércol en humus: primero, un proceso de extracción de guano que ocurre a velocidad constante e igual al 20% del volumen total de la fosa. El material extraído no está contaminado y es de calidad homogénea. Segundo, un proceso de inyección de materia organica sin descomponer, estiércol fresco ,que ocurre a velocidad constante y desde luego igual al 20% extraído en el proceso anterior. Tercero un proceso de degradación de la materia organica, caracterizada por modificaciones de potencial químico, físico y biológico (por ejemplo, variaciones en el potencial de oxido reducción, textura, grado de disociación, contenido de bacterias nitrificantes, etc.).

El proceso de degradación es el que nos asegura que el material que se encontraba en la etapa 1 de descomposicion proceda a la etapa 2, luego a la 3 y así sucesivamente.

Cabe destacar aquí, que este proceso es independiente de la presencia de lombriz, o sea que sin ella ocurriría de todas maneras, sólo que a una velocidad muchísimo menor (Allievi et al 1986). Esto implica que de aquí en adelante, consideraremos la acción de la lombriz como un proceso catalítico, complementario de la degradación, pero de naturaleza diferente.

Las condiciones generales requeridas para que la fosa ideal opere armónicamente son:

- a) Temperatura ambiente constante durante todo el ciclo de explotación.
- b) Velocidad de filtración constante.
- c) Humedad constante y uniforme en toda la fosa.
- d) Distribución uniforme de la lombriz y nula contaminación por agentes extraños.
- e) Fosa neutra, o sea $\text{PH} = 7.0$.
- f) Material en descomposición, homogéneo en cada una de sus etapas.
- g) El índice de recambio (turnover) de la fosa es 5.0 es decir que constantemente estamos extrayendo el 20% de su volumen en forma de guano y simultáneamente inyectamos una cantidad igual de estiércol.

Desde luego que toda esta lista de condiciones son, a su vez, también ideales y en la práctica encontraremos, con cierta frecuencia, condiciones de operación muy distintas y algunas veces francamente adversas a la transformación.

El diseño del sistema de producción animal en equilibrio que la autora de esta tesis se ha propuesto hacer, supone la construcción de fosas reales que deben producir guano en forma continua y tiene que tomar en cuenta, forzosamente, condiciones reales de operación como son las siguientes:

- a) La lombriz está distribuida aleatoriamente en la fosa y puede ser destruida por sus predadores o por condiciones adversas del fondo de la fosa. Por ejemplo, presencia de gasterópodos carnívoros, rotíferos, arácnidos o también alta salinidad, variaciones bruscas de PH , alta o baja humedad, alteraciones muy bruscas de temperatura, etc.

- b) La velocidad de filtración no es uniforme ni en todas las fosas ni en todos los puntos de cada una de ellas.
- c) El material en descomposición no es homogéneo y si tomamos un perfil de la fosa, obtendremos una imagen de distribución aleatoria.
- d) La temperatura ambiente y la de bulbo húmedo varían de ciclo a ciclo.
- e) Los índices de recambio, que son la medida de la velocidad de extracción, rara vez caen por debajo de 6.0.
- f) La fosa real está profusamente penetrada por millones de microorganismos, insectos, artrópodos, etc. que si bien contribuyen a la formación de humus, también contaminan. Vale la pena recordar que es justamente esta contaminación biológica la que nos obliga a desparasitar, mediante irradiación solar, el producto antes de venderlo.

Así pues, la única forma de garantizar la producción continua y regular de guano de elevado rendimiento en una fosa de carácter industrial, es utilizar un sistema de control de calidad que nos permita fijar los rangos de tolerancia dentro de los cuales operar la fosa sin caer en riesgo y paralizar la producción.

La fosa real no opera en forma armónica simple, sino en forma armónica compuesta e irregular, donde los tres procesos básicos de extracción, inyección y degradación están complementados por el control de calidad. Las condiciones de operación varían de ciclo a ciclo y de fosa a fosa y mediante un muestreo aleatorio estratificado se regulan esas condiciones buscando siempre producción continua de humus.

Para que el sistema de explotación integral en equilibrio que ha diseñado la autora de esta tesis opere en condiciones de flujo estacionario (Figura 9) es preciso que la

producción de humus (transformación del estiércol) sea continua y regular.

Esta producción industrial estable de humus ocurre en una fosa donde se realizan procesos físicos, químicos, mecánicos y biológicos que aseguran dicha transformación.

Para mantener la temperatura abajo de los 40°C, la humedad a 60% y favorecer el habitat de la lombriz se efectuaron riegos cada 3 días.

3.2.3. Manejo del estiércol

Cada semana se volteaba todo el material con objeto de permitir la aireación y evitar zonas duras en la materia en descomposición, así como homogeneizar el contenido de desecho en toda la fosa.

Las fosas de recolección se encontraban debajo de las jaulas y ahí habitan cientos de miles de lombrices (Eisenia Phoetida) que se encargan mediante su acción vital de transformar el estiércol en humus.

Para propósitos de trabajar en forma industrial se considera que el proceso de transformación ocurre en cinco etapas. Aquí es preciso recalcar que el proceso de descomposición es continuo pero que esta división arbitraria por etapas se hace para facilitar el manejo del humus.

En la etapa numero uno, la materia orgánica se encuentra en el mismo inicio de su proceso de degradación. Consideramos que se ha degradado entre 0 y 10% fundamentalmente por acción bacteriana

y fungosa y no se presentan vestigios de lombriz ya que las condiciones son adversas al desarrollo de Eisenia Phoetida.

En la etapa número 2, la materia orgánica se ha degradado entre 10 y 30%. Todavía no puede entrar la lombriz, pero se detectan condiciones para su supervivencia menos adversas que en la etapa número 1. Intensa actividad microbiana y fungosa con desprendimiento de metano, propano y amoníaco.

En la etapa número 3, las lombrices adultas empiezan a penetrar la masa orgánica, el PH tiende a neutralizarse y la degradación oscila entre 30 y 50%.

En la etapa número 4, la lombriz se ha establecido libremente formando colonias de las cuales hay predominancia de elementos jóvenes. A estas alturas se detectan poblaciones numerosas de adultos y fácilmente identificables por encontrarse a flor de tierra, entre 0 y 10 cm de profundidad. La degradación varía entre 50 y 75%.

En la etapa número 5, la degradación sobrepasa al 90%, el guano está listo para su extracción y la población de lombrices disminuye considerablemente.

Existen zonas donde el proceso de degradación se estanca. Las razones pueden ser: mal manejo de la fosa, presencia de condiciones de destrucción de la lombriz (salinidad extrema, presencia de predadores, fuerte acidez, resequedad, etc), exceso de material de origen animal en la zona, etc.

Capítulo 4. RESULTADOS BIOLÓGICOS EXPERIMENTALES

4.1. Curvas empíricas de crecimiento.

Se dividieron los conejos recién destetados en 5 lotes de acuerdo a su peso.

Cada lote consistió de 20 conejos a los cuales se les registró el peso cada semana durante todo el periodo de engorda que fué de 8 semanas de acuerdo a la Figura 4 .

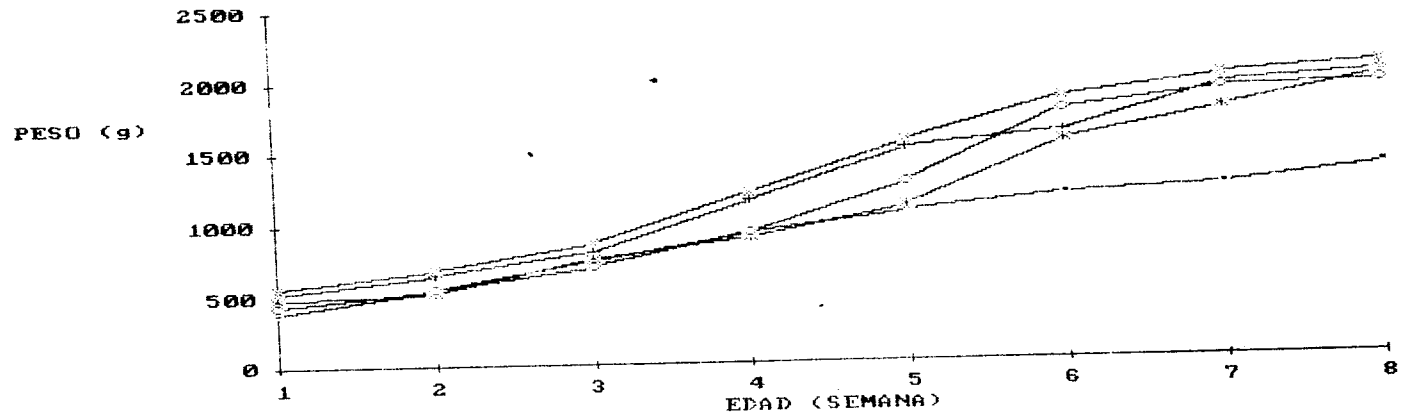
La alimentación y el manejo fué similar para todos los lotes obteniéndose, los siguientes datos de pesos semanales en gramos.

Las curvas experimentales resultantes de graficar los datos mostrados en la siguiente tabla, se muestran en la Figura 8

Tabla 1.- Pesos semanales de 5 lotes de conejos. Cada lote consistente de 20 conejos.

	S E M A N A							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Lote 1	390	548	740	924	1058	1167	1219	1342
Lote 2	525	647	805	1155	1505	1610	1925	1995
Lote 3	490	520	750	890	1100	1539	1750	1955
Lote 4	440	550	700	930	1260	1760	1890	1915
Lote 5	564	686	857	1207	1557	1850	1977	2048

CURVAS EXPERIMENTALES



-- LOTE 1 + LOTE 2 * LOTE 3 > LOTE 4 -- LOTE 5

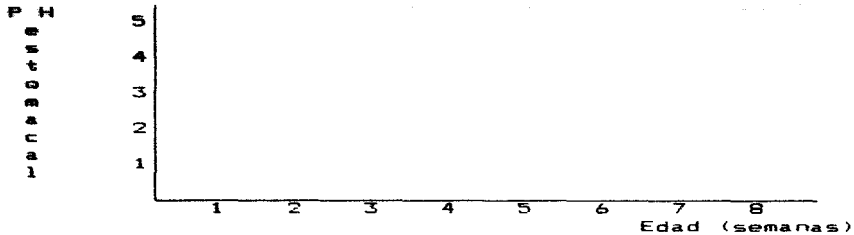
Figura 8.

4.2. Mortalidad ocurrida

No obstante que la explotación del conejo permite condiciones de estabulación de fácil manejo y control sanitario (Sandford y Woodgate, 1957), que la especie es razonablemente resistente a epizootias (Templeton, 1976) y que la especie tolera versatilidad en la dieta (De Blas, 1986), en todo conejar se observa un cierto porcentaje de mortalidad que limita el crecimiento de la industria cunicola.

Los conejos son muy susceptibles al desarrollo de alteraciones digestivas, habiendo mortalidades que van desde un 15 a 20 % o más alrededor de la quinta a séptima semana de vida, donde intervienen diversos agentes patógenos como bacterias (Salmonella, Proteus, Clostridium, etc.), protozoos (Eimeria), hongos (Aspergillus, Saccharomycopsis, etc.) y virus (Rotavirus), según reporte de De Blas (1986).

En cuanto al factor edad del animal, la mayor incidencia de éstas enfermedades ocurre al destete. En esta etapa, que Cheeke (1988), denomina "la ventana de vulnerabilidad entérica", el conejo sufre una serie de cambios fisiológicos encaminados a poblar los nichos metabólicos en el ecosistema del tracto intestinal, principalmente en el ciego, con microorganismos tratando de mantener un equilibrio (Eubiosis) que sea benéfico para el hospedero.



La ventana de la vulnerabilidad entérica en conejos
(Tomado de Cheeke 1988)

En el caso de la granja experimental donde se llevó acabo este estudio las bajas se produjeron principalmente por Enteritis la cual ataca entre la quinta y octava semana de edad.

Esta mortalidad incide directamente en la utilidad económica del conejar por lo que es necesario incluir el efecto de la mortalidad en el modelo económico que se realice para un sistema de producción cunicola integral. Ver capítulo 4 en su numeral 4.3.3 y 4.3.4.

4.3. Producción de estiércol.

Durante toda la experiencia se hizo un análisis comparativo semanal entre la cantidad de alimento consumido y el peso de ellos al final de cada semana. (Ver curvas de crecimiento, Figura 8).

La cantidad de estiércol producido durante la semana i, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$(18) \quad Q E P_{(i)} = \Sigma Q A S_{(i)} - \Sigma \Delta P_i$$

donde:

$Q E P_{(i)}$ = Incrementos de peso vivo de los conejos bajo estudio.

$\Sigma Q A S_{(i)}$ = Cantidad de alimento consumido por los conejos bajo estudio.

$\Sigma \Delta P_i$ = Cantidad de estiércol producido en la semana i .

Para mayor detalle ver ecuaciones del capítulo 6 en su numeral 6.3.2.

Puesto que evidentemente los animales adultos no aumentan ni de talla ni de peso, el incremento de peso vivo del lote bajo observación se debe a los aumentos de peso experimentados por los animales en etapa de desarrollo.

En líneas generales es posible decir que la curva de producción de estiércol es aproximadamente paralela a la de crecimiento del lote bajo estudio.

Y en forma global podemos decir que por cada 100 kg. de aumento de peso vivo del lote, se obtienen entre 300 y 350 kg. de estiércol en base seca. O sea entre 450 y 500 kg. en base húmeda. (Ver Cuadro 2).

Capítulo 5 FORMULACION DEL MODELO BIOLÓGICO

En base a las curvas de crecimiento corporal obtenidas en la explotación propia (misma que se admitió como representativa de las condiciones a esa escala) y teniendo en cuenta la concordancia general con lo reportado por diversos autores (Ouhayoun, 1983; Bennet, 1975; Cross, 1975; Deltoro, 1985), se procede a proponer algunos modelos matemáticos representativos del comportamiento de la población biológica bajo estudio.

Modelo lineal.— Si aceptamos que el crecimiento promedio de un lote de conejos entre las semanas 4 y 8 de vida es constante de tal modo que la tasa semanal de ganancia del peso sea la misma ($dp/dt = cte$), entonces el modelo lineal (Lopez et al 1987) resulta suficiente para representar el fenómeno de crecimiento.

$$(19) P = A_1 + A_2 * t$$

donde P es el peso instantáneo al cabo del tiempo t, A_2 es la tasa de crecimiento constante cuyo valor depende del tipo de alimento utilizado y la calidad genética de los animales y A_1 es el peso promedio del lote al destete.

Modelo Exponencial.— Este tipo de modelo parte del supuesto de que el desarrollo instantáneo es directamente proporcional al peso ya adquirido, es decir que $dp/dt = k_1 * P$, donde k_1 es la constante de velocidad de crecimiento instantáneo y P_0 es un valor inicial de referencia de peso el cual arbitrariamente se fija como peso al instante de la anidación del huevo.

Por integración directa obtenemos:

$$(20) P = P_0 * e^{k_1 t}$$

En vista de lo inexacto de este modelo excesivamente

general, Brody (1945) propone representar el modelo en dos fases: una fase autoacelerada que esta adecuadamente descrita por la ecuación (20) y una fase autoretardada en la que la velocidad de crecimiento es proporcional a lo que aún falta por crecer para alcanzar el peso adulto (P_f).

$$(21) \quad dp/dt = -k_2 (P_f - P)$$

Por integración directa obtenemos:

$$(22) \quad P = P_f - B e^{-k_2 t}$$

donde k_2 es un índice que se expresa en términos de aproximación al peso final y B es un parametro que depende de la calidad genética de los animales y del tipo de alimento utilizado.

Así pues la adecuada representación de todo el proceso del crecimiento viene dado por la suma algebraica de la ecuación 20 y 22.

Otros Modelos Exponenciales.—En vista de que las discontinuidades presentadas por el modelo de Brody no tienen justificación biológica, Laird y Gompertz han propuesto las siguientes correcciones al modelo de Brody en un intento por expresar analíticamente la realidad biológica con mayor exactitud.

$$(23) \quad P = P_0 e^{(a/b)(1-e^{-bt})}$$

donde a y b son las constantes definición del lote bajo estudio. Para mayor detalle ver ecuaciones 1 - 14 del capítulo 1.

Modelo de Aproximación Polinomial .— Dada una serie de datos experimentales se puede utilizar el paquete SAS (Statistical Analysis System) para realizar un análisis de regresión y ajustar los datos a un modelo polinomial de la forma:

$$(24) \quad P = C_1 * t^n + C_2 t^{n-1} + \dots + C_k t^{n-k}$$

donde n es un número no necesariamente entero y las constantes C dependen del tipo de alimento empleado y la calidad genética del lote.

Análisis mediante Curvas de Crecimiento Multifásico.

(Koops, 1981).

En este tipo de análisis el crecimiento del lote bajo estudio se divide en varias fases y se trata de describir analíticamente mediante una curva de ajuste, todo el proceso de crecimiento. La función resultante es la sumatoria de n funciones logísticas de la forma:

$$(25) \quad P_i * t_i = \alpha [1 + \tan H (b (t_i - d))]$$

$$(26) \quad P_i = \sum_{i=1}^n P_i t_i$$

donde $P_i * t_i$ es la predicción de la medida al instante t_i y α es el valor asintótico superior de P . b es el parámetro de crecimiento y d es la edad a la cual ocurre el punto de inflexión. Ambos valores dependen de la calidad genética del lote y el tipo de alimentación empleado. n es el número de fases en las cuales se ha dividido el crecimiento del lote bajo estudio.

Capítulo 6 FORMULACION DEL MODELO ECONOMICO

6.1. Criterio de evaluación económica.

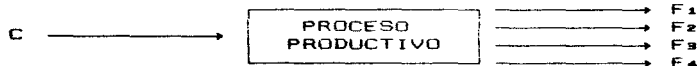


Figura 10a. Diagrama del proceso productivo.

C = CANTIDAD DE ALIMENTO

F₁ = CORRIENTE DE CARNE (kg)
 F₂ = CORRIENTE DE PIEL (kg)
 F₃ = CORRIENTE DE HUMUS (kg)
 F₄ = CORRIENTE DE PIE DE CRIA (kg)

$$\frac{C}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} = \text{CONSTANTE}$$

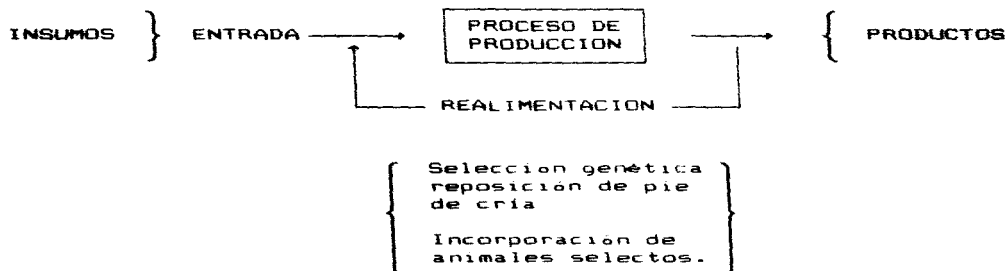
Figura 10b. Condiciones de flujo estacionario.

ASUMIENDO QUE EL PROCESO DE PRODUCCION ES SUSCEPTIBLE DE ALCANZAR CONDICIONES DE FLUJO ESTACIONARIO Y QUE TANTO LA ENTRADA COMO LA SALIDA SE EXPRESAN EN UNIDAD MONETARIA (\$). LA CONDICION MINIMA DE EQUILIBRIO ECONOMICO DEL SISTEMA ES E(S) S I MIENTRAS SE MANTENGA ESTA CONDICION EL PROCESO SERA RENTABLE, SI (E(S) > I) ENTONCES HABRA PERDIDA ECONOMICA. ESTABLECIENDO ESTA CONDICION MINIMA, EL PROBLEMA, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE INVESTIGACION DE OPERACIONES QUEDA TIPIFICADO COMO UN PROBLEMA DE CERTIDUMBRE, ES DECIR, CASO LIMITE DEL PROBLEMA DEL RIESGO. UN PROBLEMA DE CERTIDUMBRE SE PUEDE CONSIDERAR COMO UN CASO LIMITE DEL PROBLEMA DEL RIESGO PUESTO QUE, O BIEN SE CONOCE LA PROBABILIDAD DE CADA SUCESO O SE SUPONE QUE ES IGUAL A UNO O CERO, POR CONSIGUIENTE EL CRITERIO DE LA INVESTIGACION SERA MAXIMIZAR LA UTILIDAD ESPERADA:

$$\text{MAX}_{C_i} \left[EU(C_i) = \sum_{j=1}^n P_j(G_j/C_i) U(G_j, C_i) \right]$$

Figura 10c. Criterio de la investigación.

Conceptualmente, el problema de explotar integralmente al conejo en escala industrial, puede ser descrito como una "caja negra" de las siguientes características. (Distefano, Stubberud y Williams, 1976).



Asumiendo que el proceso productivo es susceptible de alcanzar condiciones de flujo estacionario (Figura 10) y que tanto la ENTRADA como la SALIDA se expresan en unidades monetaria (ENTRADA equivale a Costo y SALIDA ingreso por concepto de ventas) la condición de equilibrio económico del sistema es:

$$(E/S) \leq 1$$

6.2. Operación global del sistema de explotación cunicola.

6.2.1. Carta de planeación multiproducto de la explotación.

Partiendo de la condición mínima de equilibrio económico del sistema ($E/S = 1$), o lo que es lo mismo $E = S$ y tomando en cuenta que el objetivo de la investigación es el diseñar un modelo de Programación Lineal (Ventsel, 1983, Seymour 1967) que represente adecuadamente al fenómeno de explotación industrial del conejo, procedemos a hacer un análisis de costo mínimo y punto de equilibrio para producción múltiple. (Riggs, 1968), (Ver Apéndice #3)

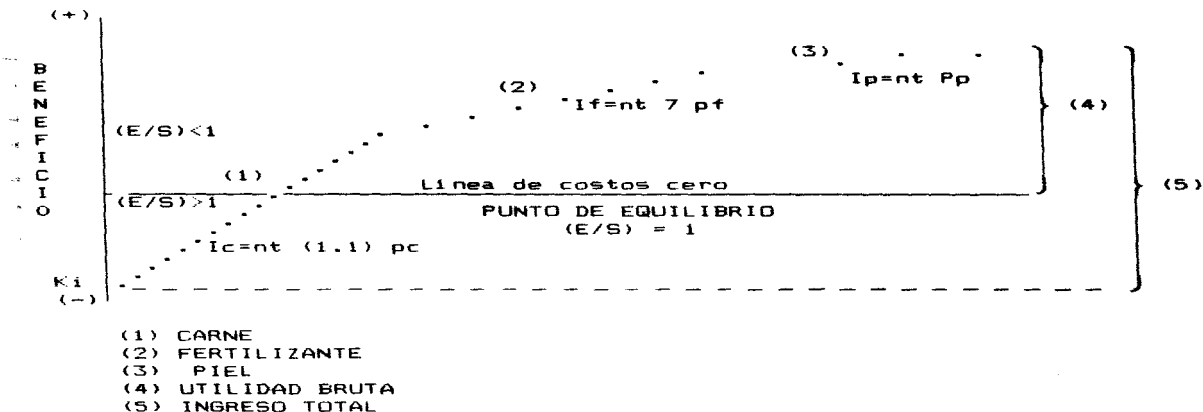


Figura..11. Carta de Planeación Multiproducto de la Explotación Integral del Conejo

Ki representa los costos fijos en esta carta de planeación multiproducto (Cashin y Polimen, 1980). Estos costos fijos son:

Depreciación del equipo y construcciones
 Mano de obra indirecta
 Luz, agua, gas, impuestos indirectos
 Gasolina, limpieza, empaque
 Selección genética

En primera aproximación, pueden suponerse precios unitarios constantes para los diferentes productos (independientemente de la cantidad vendida).

Esta suposición resulta aceptable para la producción en pequeña escala y bajo la modalidad discontinua (zafra cada 11 semanas).

Entonces, los ingresos generados por la venta de los diferentes productos vienen dados por sendas funciones lineales, cuya pendiente corresponde al precio unitario del producto.

Dado que el ingreso ocurre únicamente una vez por ciclo, se expresa en unidades monetarias (\$) por ciclo:

$$\begin{array}{ll}
 \text{(I)} & I_c = N_t P_c \quad (\text{\$/ciclo}) \\
 \text{(II)} & I_f = N_t P_f \quad (\text{\$/ciclo}) \\
 \text{(III)} & I_p = N_t P_p \quad (\text{\$/ciclo}) \\
 \text{(IV)} & I_t = I_c + I_f + I_p \quad (\text{\$/ciclo})
 \end{array}$$

Siendo I_c , I_f e I_p los ingresos debidos a venta de carne, fertilizante y piel respectivamente. I_t es el ingreso total por ciclo

N_t es el número de gazapos de 2 kilogramos de peso vivo producidos por ciclo. No incluye a las bajas.

P_c , P_f y P_p son los precios de venta de la carne, el fertilizante y la piel respectivamente.

Las constantes 1.1 y 7 de las ecuaciones (I) y (II) se utilizan para normar las rectas correspondientes (N_t gazapos de 2 Kg de peso equivalente a (1.1 N_t) Kg de carne aproximadamente 55% del peso vivo y a (7 N_t) Kg de fertilizante.

Los costos fijos de la explotación son constantes y se representan por K_t .

Los costos variables están integrados por el costo del alimento C_a (\$/Kg de alimento) y los de manejo y matanza C_m (\$/gazapo).

Por lo tanto, el costo total mínimo por ciclo, es:

$$(V) \quad C_t = N_t (8.3)C_a + N_t C_m + K_t \quad (\$/\text{ciclo})$$

La constante 8.3 es la conversión, 4.56 Kg de alimento por el 55% de kg de peso vivo.

6.2.2. Determinación el punto de equilibrio y condiciones de flujo estacionario.

De la condición de equilibrio económico del sistema (Tarquin y Blank, 1979) se deduce que:

$$(VI) \quad C_t = I_t$$

o sea que:

$$(VII) \quad K_c + N_c (8.3 C_a + C_m) = N_c (1.1 P_c + 7P_f + P_p)$$

Por lo tanto, el punto de equilibrio del sistema o sea el número mínimo de unidades que la explotación debe de producir por ciclo es:

$$(VIII) \quad N_c = \frac{K_c}{(\sum P_c - \sum C_c)} \quad (\text{gazapos/ciclo})$$

$$\text{siendo } \sum P_c = 1.1 P_c + 7 P_f + P_p$$

$$\text{y } \sum C_c = 8.3 C_a + C_m$$

La máxima utilidad bruta (utilidad económica = beneficio) que puede producir la explotación viene dada por:

$$(IX) \quad \text{MAX BENEF} = N_c (\sum P_c - \sum C_c) - K_c \quad (\$/\text{ciclo})$$

siendo N_c el número de gazapos producidos durante el ciclo.

Si la explotación no logra producir como mínimo, N_c gazapos, (ver Ec. VIII), tendrá pérdidas. La utilidad comenzará cuando produzca $(N_c + 1)$ gazapos.

6.3. Modelos económicos de la operación de la carne y subproductos.

6.3.1. Precio óptimo viable de venta de carne y subproductos.

Para propósitos de esta investigación, nos interesa conocer los precios óptimos a los cuales nuestros productos concurren al

mercado (Gittinger, 1978; Vangelder 1987).

Siguiendo nuestro criterio inicial de pretender maximizar la utilidad económica y utilizando el árbol de decisiones que se indica en el Apéndice # 4 , se llega a la conclusión que la máxima utilidad bruta posible se obtiene cuando los ingresos totales por ventas, sean iguales a 1.923 el costo mínimo, es decir:

$$\begin{array}{ll} \text{(X)} & I_t = F C \\ & I_t = (1.923) C_t \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Ecuación general} \\ \text{(\$ / ciclo)} \end{array}$$

Ver ecuación (V)

Las correspondientes contribuciones de la carne, el fertilizante y la piel, son respectivamente:

$$\begin{array}{ll} \text{(XI)} & F_c = 1.000 \\ & F_f = 0.700 \\ & F_p = 0.223 \end{array}$$

Los ingresos deseables por venta (precios de venta) de los tres productos son:

$$\text{(XII)} \quad (\text{carne}) \quad I_c = F_c \left(8.3 C_a + C_m + \frac{K_L}{N_r} \right) \quad (\$/\text{gazapo})$$

$$\text{(XIII)} \quad (\text{fert}) \quad I_f = F_f \left(8.3 C_a + C_m + \frac{K_L}{N_r} \right) \quad (\$/\text{gazapo})$$

$$\text{(XIV)} \quad (\text{piel}) \quad I_p = F_p \left(8.3 C_a + C_m + \frac{K_L}{N_r} \right) \quad (\$/\text{gazapo})$$

Las variables C_a , C_m y K_L empleadas hasta ahora representan los costos medios por ciclo y como tales, son suficientes para un análisis global. N_r es el número de gazapos producidos por ciclo

y como tales, son suficientes para un análisis global. Nr es el número de gazapos producidos por ciclo. (Vanorle, 1987)

Los subproductos provenientes del procesamiento de las patas y la cola (que se venden separadamente para fabricar artesanías y adornos) se han considerado incluidos con la piel. Esto por razones de simplicidad del modelo.

Las contribuciones al ingreso total de la carne, piel y fertilizante (ver Ec. XI), varían de acuerdo a la época del año, competitividad en los mercados, calidad promedio, esfuerzo de ventas, promoción, volumen y producción, etc.

Es claro que la suma de las contribuciones no puede caer por debajo de 1.0, so pena de que la explotación resulte deficitaria desde el punto de vista económico.

6.3.2. Determinación del costo unitario de alimentación.

Punto de equilibrio y Δp mínimo semanal.

En vista de que resulta impráctico pretender utilizar una sola función analítica para describir todo el proceso de crecimiento, se ha escogido el siguiente método de análisis: el crecimiento de un conejo, se estudia como un aumento de peso ocurrido entre la semana $(i-1)$ y la semana (i) y puesto que el intervalo bajo estudio es breve, se puede asumir para todo propósito práctico que crecimiento entre esos dos puntos ha ocurrido linealmente. Esto equivale a decir que si el crecimiento sucedido entre la semana $(i-1)$ y la semana (i) está descrito por la función $\psi(t)$, entonces dada la corta edad del intervalo $\psi(t)$ es tal que:

$$(XV) \quad \psi(t) \sim \Psi(t) = \text{cte.}$$

o sea que en el intervalo $[(i-1) - (i)] \frac{dP}{dt} = \text{cte.}$

Dependiendo del nivel de selección genética a que pertenezca un conejo y asumiendo que el contenido proteico de su alimentación no difiere apreciablemente de los estándares utilizados en la UACH, es suficiente que los gazapos consuman por día entre un 7% y un 12% de su peso vivo en alimento para que puedan alcanzar su peso comercial a los 8 o 10 semanas de nacidos.

Por lo tanto, la cantidad de alimento que un gazapo debe consumir diariamente durante la semana (i) , (QAD) , viene dada por:

$$(XVI) \quad QAD_i = P_{(i-1)} H \quad \{ \text{Kg/día gazapo} \}$$

Siendo H un valor que oscila entre 0.07 y 0.12 dependiendo del nivel genético del gazapo y de la calidad del alimento.

Suponiendo que la tasa semanal de ganancia de peso se mantenga constante,

$$(XVII) \quad P_i = \text{cte} + P_{(i-1)} \quad \{ \text{Kg/ gazapo} \}$$

Y la cantidad mínima de alimento que un gazapo debe consumir durante la semana (i) (QAS) dada por:

$$(XVIII) \quad QAS = 7 H (P_i - \text{cte}) \quad \{ \text{Kg/s gazapo} \}$$

El termino cte no es otra cosa que la pendiente de la recta $\Psi(t) = \text{cte}$ en el intervalo $[(i-1) - (i)]$, y varía de semana a semana y de uno a otro nivel genético.

Por lo tanto el costo de alimentar a un gazapo durante la semana i viene dado por:

$$(XIX) \quad CS_i = QAS_i CK_i \quad \{ \text{\$/s gazapo} \}$$

Siendo CK_i = costo de alimento, por Kg, en la semana i .

El incremento del valor de venta de un gazapo durante la semana i esta dado por:

$$(XX) \quad \Delta V_i = (P_i - P_{(i-1)}) (0.55) (V_i) \quad (\$/s \text{ gazapo })$$

donde V_i = precio de venta, en la semana i , o de otra forma:

$$\Delta V_i = (\Delta P \text{ min}) V_i (0.55) (V_i) \quad (\$/s \text{ gazapo })$$

siendo 0.55 = rendimiento = $\frac{\text{Peso canal}}{\text{Peso vivo}}$

El punto a partir del cual el incremento del costo de alimentar a un gazapo durante una semana (CS_i) sea igual al incremento de su valor de venta durante esa misma semana (ΔV_i), señala el origen de utilidad económica en esa semana.

Así pues de la condición de equilibrio del sistema tendremos que:

$$(XXI) \quad \Delta V_i > CS_i \quad (\$/s \text{ gazapo })$$

la utilidad bruta semanal es:

$$(XXI-A) \quad UB_i = \Delta V_i - CS_i \quad (\$/s \text{ gazapo })$$

o lo que es lo mismo, cuando $UB = 0$

$$(XXII) \quad (P_i - P_{(i-1)}) \text{ min} (0.55) (V_i) = CS_i \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

$$(XXIII) \quad (\Delta P \text{ min} \geq \frac{CS_i}{0.55 V_i} \quad - (\$/s \text{ gazapo })$$

Esta ecuación implica que si el precio de venta es suficientemente alto los animales se podrán mantener mas tiempo en engorda.

Es decir, que el incremento mínimo semanal de peso que debe experimentar un gazapo para que sea rentable seguirlo alimentando, se obtiene a partir de la condición de equilibrio y viene por la ecuación XXIII.

En el momento que $\Delta P_{\min} < \frac{CS_L}{0.55 V_L}$ se deben de sacrificar los conejos.

Recordando que CK_L es el costo del alimento por kg en la semana l (ver ec. XIX), el costo del alimento promedio es CKP :

$$(XXIV) \quad CKP = \left[\sum_{l=1}^n CK_L \right] \frac{1}{n} \quad (\$/Kg \text{ s})$$

entonces $CK_L \sim CKP$

El costo acumulado de alimentar un gazapo durante n semanas es CAN :

$$(XXV) \quad CAN = R_2 (CKP) + \sum_{l=1}^n CS_L \quad (\$/gazapo)$$

Donde R_2 = cantidad de alimento consumido por el gazapo hasta el destete incluyendo la parte proporcional de la madre.

Sea $H_2 = 7 H$ y utilizando las ecuaciones XVIII y XIX tenemos que:

$$(XXVI) \quad CAN = \left[R_2 + H_2 \sum_{l=1}^{n_2} (P_{(l-1)}) \right] CKP \quad (\$/gazapo)$$

(ver apéndice #6).

6.3.3. Efecto de la mortalidad.

Asumiendo que X_i es la fracción de gazapos que mueren durante la semana i (por accidentes, enfermedad, ect.) y que el número total de gazapos en engorda, al comienzo del experimento, es L_i , el costo mínimo de engorda de esos gazapos durante la semana i viene dado por:

$$(XXVII) \quad CX_i = X_i \cdot L_i \cdot CS_i \quad (\$/s)$$

El costo de engorda ($X_i \cdot L_i$) gazapos durante n semanas es de:

$$(XXVIII) \quad CXN = X_i \cdot L_i \cdot CAN \quad (\$)$$

definiendo como factor de mortalidad a FX_i

$$(XXIX) \quad FX_i = \frac{X_i}{(1-X_i)} \quad (\text{adim})$$

El agregado de costo debido a las bajas durante una semana es:

$$(XXX) \quad FM_i = \frac{CXN}{(1-X_i) \cdot L_i} \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

o sea

$$(XXXI) \quad FM_i = \frac{X_i}{(1-X_i)} \cdot (CAN)_i \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

Siendo $(CAN)_i$ el costo acumulado de alimentar un gazapo hasta la semana i .

El costo real de alimentar un gazapo durante la semana i es CTR_i :

$$(XXXII) \quad CTR_i = (CS_i + FM_i) \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

recordando que $FX_i = \frac{X_i}{1-X_i}$ tenemos que:

$$(XXXIII) \quad FM_t = FX_t (CAN)_t \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

por lo tanto:

$$(XXXIV) \quad CTR_t = CS_t + FX_t (CAN)_t \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

6.3.4. Corrección por mortalidad a la operación de la carne.

Sea CTR_t el costo total real de engorda de un gazapo durante la semana t y es el resultado de sumar el costo de su alimentación (CS_t) en esa semana con el agregado de costo debido a las bajas en esa semana.

Recordando que según la ec. XXXI, FM_t es:

$$FM_t = \frac{X_t}{1 - X_t} (CAN)_t \quad (\$/s \text{ gazapo})$$

ya que en la práctica $CK_t \approx CKP$ y reemplazando CS_t , CAN y FM por sus valores (Ecuación XIX, XXVI y XXXIII) tenemos:

$$(XXXV) \quad CTR_t = \{ QAS_t + FX_t (R_t + H_n \sum_{j=1}^n (P_{j-1})) \} CKP$$

(\\$/s gazapo)

$$QAS_t = 7 H_n (P_{j-1})$$

(Ver Apéndice #B).

en este caso n es la semana durante la cual se calcula CTR_t

6.3.5. Cálculo de la mortalidad máxima permisible por ciclos de explotación.

Si definimos:

L_f = Número total de elementos supervivientes del lote bajo estudio.

L_i = Tamaño inicial del lote.

Y si $CTRT$ es la suma del costo real de alimentar un gazapo durante n_s semanas

$$(XXXVI) \quad CTRT = \sum_{l=1}^{n_s} CTR_l \quad (\$/\text{gazapo})$$

el costo de manejo, CM_t , se considera como el 15% de $CTRT$

$$(XXXVII) \quad CM_t = 0.15 \quad CTRT \quad (\$/\text{gazapo})$$

y si además:

$$\alpha = \text{Fracción de supervivientes} \left(1 - \sum_{l=1}^{n_s} X_l \right)$$

V_n = Valor promedio de venta / gazapo

Siendo V_n un equivalente a 0.55 por el peso promedio del lote por el precio del kg de carne (PKC) o sea $V_n = 0.55 P_c \quad PKC$.

K_f = Costos fijos totales de la explotación por lote

K_r = Costo fijo por gazapo vivo en el lote

Entonces el número total de supervivientes del lote bajo estudio es igual a:

$$(XXXVIII) \quad L_f = \alpha \quad L_i$$

Los costos fijos de la explotación (K_f) se dividen proporcionalmente entre el número de elementos supervivientes del lote bajo estudio.

$$(XXXIX) \quad k_f = \frac{K_f}{L_f} \quad (\$/\text{gazapo vivo})$$

La utilidad bruta producida por el lote L_t al concluir el ciclo viene dada por:

$$(XL) \quad UB = \text{Ventas} - \text{costo global} - K_f$$

donde:

$$(XLI) \quad \text{Ventas} = \alpha L_t (V_n) \quad (\$/\text{gazapo})$$

y

$$(XLII) \quad CB = \text{Costo Global} = 1.15 \text{ CTRT } (\alpha L_t) \quad (\$/\text{gazapo})$$

O sea que también $CB = (\text{CTRT} + \text{CM}_t) (\alpha L_t)$ (ver apéndice #6) de tal manera que, substituyendo, la utilidad bruta al final del ciclo será:

$$(XLIII) \quad UB = \alpha L_t \left[V_n - 1.15 \text{ CTRT} - \frac{K_f}{L_f} \right] \quad (\$)$$

o sea:

$$UB = \alpha L_t \left(V_n - 1.15 \text{ CTRT} - K_f \right)$$

de otro modo:

$$UB = \alpha L_t \left(V_n - 1.15 \text{ CTRT} \right) - K_f$$

UB será máxima cuando no haya mortalidad en el lote ($\alpha = 1$).

La ecuación no tiene sentido para $\alpha = 0$, ya que ello implica pérdidas totales.

A medida que el lote empieza a sufrir bajas, la UB máxima esperada empieza a disminuir debido al aumento en CTRT y a los valores decrecientes de α .

La mortalidad máxima tolerable para que la operación siga siendo rentable, se habrá alcanzado cuando $UB = 0$. Cualquier baja adicional a partir de ese instante significa pérdida económica. En la vida real ese valor oscila entre 8% y 15% de mortalidad dependiendo de los costos fijos.

6.4. Modelo económico de la operación del fertilizante.

6.4.1. Diagrama de procesamiento e industrialización.

La Figura 11 nos muestra el procesamiento e industrialización del fertilizante, así como los puntos donde se evalúan los costos y la velocidad de transferencia de masa del sistema.

A fin de aprovechar al máximo la corriente más voluminosa (proceso 1), se le hace atravesar por un proceso de transformación constituido por la acción de la lombriz Eisenia Phoetida y descomponedores que convierten el estiércol en humus de elevado rendimiento (proceso 2), como se puede ver al analizar las propiedades físicas y químicas de dicho humus (ver Apéndice #2).

En este proceso de transformación se recupera en forma de humus 70% del alimento dado a los conejos de la explotación.

Otro 5% de ese alimento se transforma en lombrices, deshecho orgánico no recuperable industrialmente, pérdidas por manejo, etc.

Para que este proceso de transformación opere en condiciones de flujo estacionario es necesaria la intervención de un subsistema de control que nos garantice que las condiciones de trabajo de las lombrices serán óptimas. La metodología de trabajo empleada por este subsistema de control incluye un modelo de muestreo estadístico estratificado (Steel and Torrie, 1980; Ostle, 1986).

Cabe aclarar, que de aquí en adelante, cuando hablemos de sistemas de producción animal, no bastará de ninguna manera especificar cuanta carne o huevos o leche vamos a producir, sino esencialmente tendremos que predecir cuantas hectareas de tierra fértil vamos a incorporar a la producción agrícola utilizando el suprodueto estiércol. O sea, que calcularemos la cantidad de proteína producida para consumo humano en función de la superficie de tierra fértil requerida para alimentar a los animales de la explotación. Según el criterio de equilibrio que la autora esta usando, un animal es, para nosotros, un transductor, o sea un mecanismo que transforma energía de un nivel a otro (Distefano, Stubberud, y Williams, 1972) en este caso concentrándola, pues del 15% de proteína que contiene el alimento pase al 25% que tiene la carne. Por consiguiente desde este enfoque, el estiércol es en realidad tierra fértil concentrada y desde luego tiene un valor económico superior al que normalmente se le concede.

Volviendo ahora a nuestra gráfica, tengamos en cuenta que para que el humus sea viable económicamente y posea nivel competitivo en el mercado, es preciso industrializarlo (proceso 3).

El proceso de industrialización, esta integrado, a grandes rasgos, por los siguientes subprocesos:

- 1) Extracción
- 2) Desparasitación

- 3) Rehidratación y enriquecimiento
- 4) Envasado y almacenamiento

La extracción del humus de la fosa se realiza aproximadamente cada 60 o 70 días, utilizando un bieldo, un rastrillo y una carretilla. Este material primero se cierne con objeto de regresar las lombrices adultas a la fosa y después se extiende sobre una superficie de cemento expuesta a los rayos de sol, formando una capa de alrededor de 10-15 centímetros. Lo anterior se realiza con la intención de que el resto de las lombrices se desplace al fondo de la capa de humus y permita separar la capa superior, que contiene el humus, y regresar la capa inferior con las lombrices restantes a la fosa. Después de esto se deja el humus al sol por dos días moviéndolo frecuentemente para secarlo y desparasitario.

El proceso de Industrialización implica la adición de grandes volúmenes de sales minerales en solución acuosa cerca de un 15% del peso del alimento consumido (proceso 4), los cuales enriquecen al humus hasta los niveles requeridos por el mercado.

Simultáneo a este mecanismo de acción y a fin de garantizar los elevados rendimientos productivos (niveles de N-P-K), exigidos por el mercado, se requiere de la acción de un subsistema de control de calidad de humus. Por rendimiento debemos entender las cualidades físicas, químicas y mecánicas del humus para que este ejerza una acción decisiva en la restauración de suelos erosionados e infértiles (Ver Apéndice # 2).

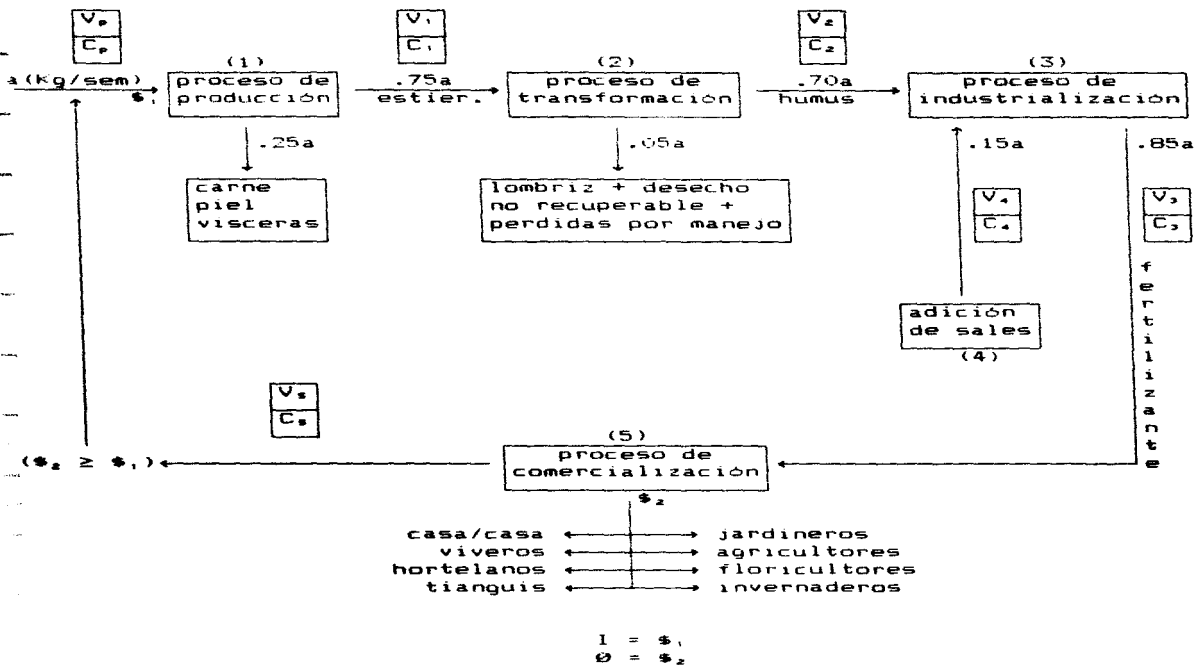


Figura 12. Operación del fertilizante

Por efecto de la acción combinada de los procesos 3 y 4, el efluente de la industrialización representa, en base seca, 0.85 veces el peso del alimento consumido por los conejos.

Listo ya el producto para su venta, se le somete a un nuevo proceso de comercialización esta vez (proceso 5), que nos garantiza que el dinero obtenido por la venta del fertilizante será igual o mayor que el dinero gastado en alimento, o sea, que si gastamos \$1000.00 en alimento para conejo y producimos \$750 en forma de estiércol, debemos recuperar, por lo menos, \$750 de la venta de humus contenido en el fertilizante. Esta suma de dinero no es en realidad otra cosa, que la cuantificación del suelo fértil que el sistema debe devolver al medio ambiente como una garantía de su propia estabilidad..

Este sistema de producción animal que acabo de esquematizar es susceptible de ser analizado desde el punto de vista de Investigación de Operaciones si a cada uno de los cuatro procesos que lo integran le asociamos tres parámetros de definición; un costo, una velocidad y una energía, y si además suponemos que para ciertas condiciones de borde, que ya especificamos (Figura 9) el sistema es capaz de alcanzar condiciones de flujo estacionario (Bronson, 1988; Moskowitz, 1987).

Dicho en otras palabras, voy a hacer el análisis del sistema desde el punto de vista de su comportamiento crítico, o sea a establecer las ecuaciones de definición para cada proceso, y a determinar la red de decisiones que delimitan sus condiciones de borde.

Quiero hacer particular énfasis, en que estoy analizando este sistema de producción animal desde el punto de vista de Investigación de Operaciones (Plutchic, 1975) y por consiguiente, es claro que éste queda perfectamente definido si

establezco su comportamiento dinámico: es decir, sus condiciones de borde y las de flujo estacionario. En nuestro caso, flujo estacionario se refiere a la función de costo y función de velocidad de transferencia de masa.

6.4.2. Función de costos.

En la Figura 12 tenemos una abstracción del sistema de procesamiento de estiércol de conejo a partir del cual vamos a deducir la función de costo (Cashin y Polimen, 1980).

El costo del proceso 1, es decir el de producción, será igual al flujo de la corriente de estiércol por el costo unitario del alimento.

$$(XLIV) \quad C_1 = 0.75 A C_a \quad (\$/s)$$

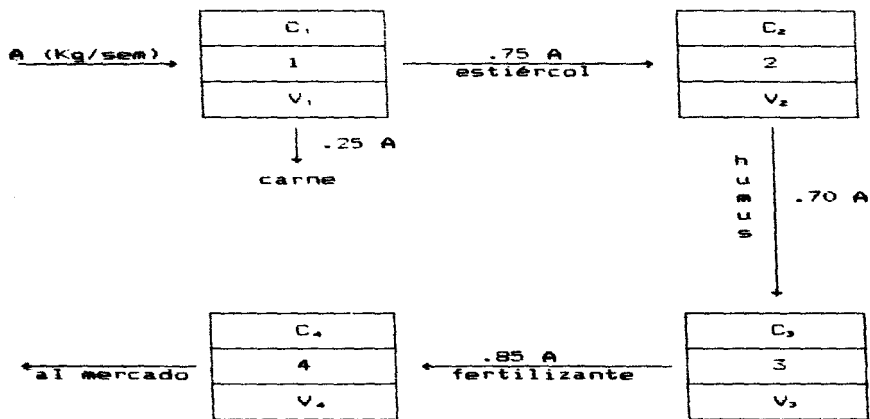
El costo del proceso 2, que es el de transformación es constante e igual al costo de manejo de fosas (K_2).

$$(XLV) \quad C_2 = K_2 \quad (\$/s)$$

El costo del proceso 3, el de industrialización, es igual a los costos fijos de la operación (desparasitación, empaque, etc) más el costo de las sales minerales añadidas al humus para enriquecerlo (C)

$$(XLVI) \quad C_3 = K_3 + 0.15 A C \quad (\$/s)$$

El costo del proceso 4, etapa de comercialización equivale al sueldo del vendedor, (K_4) más comisiones que recibe por su trabajo (en este caso se considera 5%).



$$C_1 = .75 A C_2$$

$$C_2 = K_2$$

$$C_3 = K_3 + .15 A C_1$$

$$C_4 = K_4 + .425 A P_V$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

$$P_{VT} = .85 A P_{VT}$$

Figura 13. Representación de la función costo del sistema de procesamiento del estiércol.

$$(XLVII) C_4 = K_4 + 0.85 A (0.05 P_v) \quad (\$/s)$$

O sea:

$$C_4 = K_4 + 0.0425 A P_v.$$

donde P_v es el precio de venta del fertilizante.

El costo total de operar todo el sistema será pues, igual a la suma de los costos de sus procesos.

$$(XLVIII) C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

Puesto que hemos partido de la hipótesis de que ese sistema opera en condiciones de equilibrio, es posible despejar el precio mínimo de venta al cual debemos comercializar el humus enriquecido.

Si consideramos a K como la suma del costo por manejo de fosas y costos fijos de operación mas el sueldo del vendedor.

$$(XLIX) K = K_2 + K_3 + K_4$$

y a P_v como el precio de venta total

$$(XLX) P_{vT} = 0.85 A P_v$$

en equilibrio:

$$(L) P_{vT} = C_T$$

esto implica que se empezará a obtener utilidad cuando:

$$(LI) 0.85 A P_v \geq C_T$$

expresado en otra forma:

$$(LII) \quad P_v (0.85 A - 0.0425 A) > K + (0.75 C_a + 0.15 C_r) A$$

El precio de venta mínimo del humus enriquecido es:

$$(LIII) \quad P_v \geq \frac{K + (0.75 C_a + 0.15 C_r) A}{0.8075 A} \quad (\$/Kg)$$

6.4.3. Función de velocidad de transferencia de masa.

Dijimos que para poder definir al sistema dinámicamente era preciso encontrar su función de transferencia de costo, que es lo que se acaba de deducir, y además determinar la función velocidad de transferencia de masa, que la que se va a calcular ahora.

En el proceso 1 (Figura 13) la velocidad a la cual se está produciendo estiércol es igual a 0.75 de la velocidad con que se inyecta alimento al proceso de producción.

$$(LIV) \quad V_i = A \frac{0.75 A}{A}$$

o sea:

$$(LV) \quad V = 0.75 A \quad (\text{Kg/s})$$

En el proceso 2, el de transformación, cerca del 7% del estiércol producido se convierte en pérdidas por manejo. Las lombrices se reproducen exponencialmente y tomando un valor inicial de población de 100,000 de estos oligoquetos (No), además de saber que en promedio cada lombriz adulta excreta unos 5 gramos de humus semanal (KL) (0.005 kg/L.s) (Ferruzzi, 1986), es posible deducir la ecuación de velocidad del proceso de transformación.

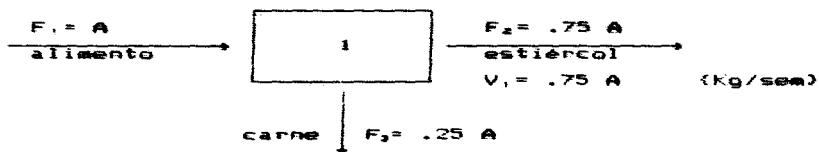
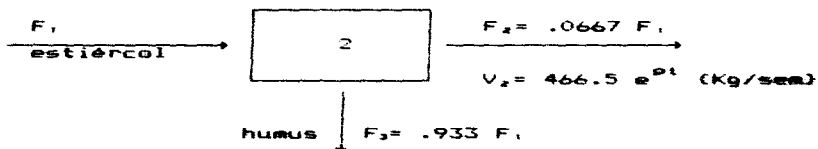
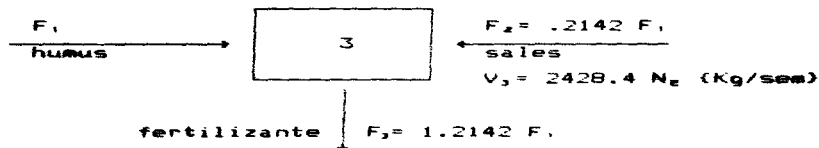
Proceso 1Proceso 2Proceso 3Proceso 4

Figura 14. Representación de la función velocidad de transferencia de masa.

$$(LVI) \quad V_2 = N_L \quad K_L \quad \frac{F_2}{F_1} = 0.933 \quad K_L \quad N_L$$

donde N_L es una función exponencial de forma:

$$(LVII) \quad N_L = N_0 \quad e^{\rho t}$$

por lo tanto:

$$(LVIII) \quad V_2 = 0.933 \quad K_L \quad N_0 \quad e^{\rho t} = 466.5 \quad e^{\rho t} \quad (\text{Kg/s})$$

Los procesos 3 y 4, el de industrialización y el de comercialización respectivamente, se comportan linealmente.

Si consideramos a N_0 como el número de empleados y a K_0 como la cantidad de humus industrializado que un empleado puede manejar (aproximadamente 2000/emp.s), vemos que la velocidad del proceso 3 es:

$$(LIX) \quad V_3 = N_0 \quad K_0 \quad \frac{F_2}{F_1} = N_0 \quad K_0 \quad 1.2142 \quad (\text{Kg/s})$$

o sea:

$$(LX) \quad V_3 = 2428.4 \quad N_0 \quad (\text{Kg/s})$$

Si K es la cantidad de kilogramos que un vendedor puede vender por semana, (que es aproximadamente 5000 Kg/vend.s) y N_V el número de vendedores, obtendremos la ecuación del proceso 4:

$$(LXI) \quad V_4 = K_V \quad N_V \quad \frac{F_2}{F_1} \quad (\text{Kg/s})$$

o sea:

$$(LXII) \quad V_4 = 5000 \quad N_V \quad (\text{Kg/s})$$

Las ecuaciones de velocidad V_3 y V_4 nos sirven para cuantificar la máxima cantidad de fertilizante que puede industrializar un operario y movilizar en el mercado un buen vendedor.

Capítulo 7 APLICACION DEL MODELO PARA LA PRODUCCION EFECTUADA

Se analizó y diseñó un programa de cómputo que predice, mediante el uso de los modelos económicos propuestos, el comportamiento económico observado por la autora en un centro cunícola (Apéndice 8, Apéndice 9).

Este programa trabaja en módulos independientes y en cada uno de ellos se tiene la opción de trabajar con datos estándar o cambiar parcial o totalmente la base de datos .

Los módulos independientes son:

A) Módulo alternativa óptima económica.

Este módulo le da información al cunicultor de cual es la alternativa óptima económica que tiene, en el momento de consulta, para desplazar en el mercado la carne, piel y humus que está produciendo.

B) Módulo condiciones de equilibrio económico.

Este módulo le dice al cunicultor cual debe ser el número mínimo de gazapos que debe producir para operar en condiciones de equilibrio. La operación será rentable a medida que la producción exceda el número calculado en éste módulo.

C) Módulo efecto de la mortalidad.

Este módulo está relacionado con el ingreso por ventas de carne. Dada cierta información le calcula al cunicultor por semana (durante todo el período de engorda).

i) Costo por unidad

ii) Pérdidas por mortalidad

Dando al final del ciclo:

- i) Costo total (\$ / conejo)
- ii) Utilidad bruta (\$)
- iii) Pérdidas por mortalidad (\$)

O sea mide el impacto de la mortalidad en los costos .

D) Módulo de dieta.

Este módulo es un punto de referencia para que el cunicultor sepa que alimentación puede dar, y si no tiene ésto, decida si puede empezar o no su producción.

Descripción del funcionamiento de los módulos.

A) Calculo de la alternativa óptima viable de trabajo. Considerando los 3 subproductos más importantes de la explotación (carne, piel y humus), 3 niveles de industrialización de los subproductos y el precio de venta y costo de cada uno de los subproductos en sus distintos estados de industrialización (ver Apéndice # 4).

El resultado es una lista de todas las posibles alternativas indicando cual de éstas es la óptima viable, es decir cual nivel de industrialización de cada subproducto nos proporciona el mejor cociente de rendimiento.

B) Dieta utilizada. Este módulo nos muestra los componentes y porcentajes más usuales del alimento para conejo que se utiliza en el Departamento de Zootecnia.

Si las dietas utilizadas son substancialmente diferentes a ésta, se obtendrán resultados diferentes a los que se obtienen con este análisis .

C) Cálculo del punto de equilibrio. Se analiza el costo mínimo y el punto de equilibrio para producción múltiple (producción de carne, piel y fertilizante).

En este módulo se tiene una base de datos estandar para los costos fijos de la explotación así como para los costos de alimento, manejo y sacrificio y los precios de carne, piel y humus los cuales pueden cambiarse o ampliarse a voluntad, ó proporcionar directamente por teclado.

En base a los datos de costos fijos, costo de manejo y las ecuaciones que representan los ingresos debidos a la venta de carne, piel y fertilizante, se calcula el punto de equilibrio económico del sistema mostrando cual debe ser el número mínimo de unidades que la explotación debe producir por ciclo para operar en condiciones de rentabilidad económica .

D) Cálculo del efecto de la mortalidad sobre el ingreso por ventas. Este módulo al igual que el módulo de equilibrio, tiene una base de datos estandar para costos fijos, eficiencia de aprovechamiento, nivel genético, % de mortalidad por ciclo, tamaño del lote, cantidad de alimento, consumo al destete precio de la carne. Estos datos pueden cambiarse ó ampliarse a voluntad.

En base a estos datos estandar ó a los que el usuario proporcione, se calcula el costo por unidad y las pérdidas por mortalidad en forma acumulada para las ocho semanas desde el destete a la venta en el mercado.

Adicionalmente reporta el tamaño del lote por ciclo, el costo total por conejo, la utilidad bruta y las pérdidas por mortalidad en ese ciclo.

7.1.1 Entrada y Salida de Datos

El programa es interactivo y consta de un menú principal el cual tiene 5 opciones las cuales corresponden a los módulos independientes antes mencionados y la opción de terminar el proceso.

Al seleccionar uno de ellos, el programa va pidiendo datos y de mortalidad por consola o indicándole al usuario (en el módulo equilibrio) que tiene la opción de utilizar una base de datos estándar o cambiarla parcial o totalmente.

Una vez proporcionados los datos y realizado el cálculo respectivo, la salida es por pantalla, pero se le indica al usuario que tiene la opción de obtener, si lo desea, la salida por impresora.

Después de realizado el procedimiento seleccionado se vuelve al menú principal para escoger otra opción o terminar el proceso de cómputo.

En el Apéndice 8 y Apéndice 9 se muestra el programa en FORTRAN, así como el funcionamiento del mismo utilizando un ejemplo para ello.

Inicialmente el programa se hizo en lenguaje FORTRAN con objeto de trabajarlo en la computadora IBM 370/175 del CED (Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Posgraduados Chapingo), ahora que el Laboratorio de Computo del Departamento de Zootecnia está en funcionamiento, con disponibilidad de 15 microcomputadoras, se está realizando la conversión del sistema a lenguaje PASCAL, ya que esto facilita que el cunicultor lo trabaje en su propia microcomputadora.

Capítulo 8 DISCUSION

Esta investigación representa uno de los primeros estudios sobre modelos económicos de sistemas de producción integral del Departamento de Zootecnia de la UACH.

Hasta la fecha se han realizado varios trabajos con objeto de cuantificar el beneficio económico que representan los diferentes subproductos de un sistema de producción animal pero no desde un punto de vista integral sino realizando análisis parciales enfocándose en solo uno de los subproductos, como por ejemplo la leche, en sistemas de producción bovina; la lana, en sistemas de producción ovina; de huevo, en sistemas de producción avícola, etc. En este caso y tomando en cuenta el criterio de Investigación de Operaciones se analizan los efluentes de mayor volumen e importancia en un sistema de producción cunicola, como son la carne, la piel y el estiércol.

En esta tesis al igual que en otros trabajos de investigación que se están realizando en el Departamento de Zootecnia se pretende, estudiando un sistema de producción de conejo Nueva Zelanda, hacer evidente la potencialidad de explotar los sistemas y enfrentar el reto planteado por las recientes carencias de alimento, de tierra fértil para cultivo, así como preservar el equilibrio ecológico al no permitir que un recurso (en este caso el estiércol) se convierta en un agente contaminante.

En esta investigación se establece la condición mínima de equilibrio de un sistema de producción integral de conejo (E/S < 1) que nos permite tener como resultado una explotación rentable. Se hace énfasis en el aprovechamiento de uno de los subproductos (estiércol) que con anterioridad no se le daba la importancia que realmente tiene.

Al analizar el procesamiento del estiércol mediante la acción del detritívoro Eisenia Phoetida que convierte el estiércol en humus, se mencionan las diferentes etapas de transformación y de la industrialización del mismo. Se establecen además las funciones de costo y la función de velocidad de transferencia de masa correspondientes a este sistema de procesamiento de estiércol los cuales nos indican cuales deben ser las velocidades y costos requeridos para lograr mantener un flujo estacionario, condición necesaria para que el sistema sea rentable.

Utilizando el criterio de Utilidad Máxima Posible se establecen los modelos de Decisión Económica para la operación global del sistema y en particular para la operación de la carne, piel y fertilizante de tal forma que el productor, en este caso de un centro o granja cunicola, obtenga el precio óptimo de venta de cada uno de los supproductos de su explotación animal.

Finalmente se analiza y diseña un sistema de cómputo en lenguaje FORTRAN que permite, bajo ciertas condiciones de iniciales de borde, predecir el comportamiento económico más probable de un sistema de producción cunicola tomando como base la condición $(E/S) < 1$, de tal forma que con relativa sencillez el productor estime la rentabilidad de su explotación y pueda hacer un balance económico prácticamente instantáneo del centro de producción.

Capítulo 9 B I B L I O G R A F I A

1. ACCOF J., SASIENI M. "Fundamentos de Investigación de Operaciones". ed.Limusa-Wiley (Mexico), 1971.
2. AGHINAA C. "Cria del Conejo". ed.CEAC.(Barcelona), 1989.
3. AITKEN F.C.,WILSON W.K. "Rabbit Feeding for Meat and Fur". Tech.Comm.12. Commonwealth Agricult.Bureaux (London), 1962.
4. ALLIEVI L.,CITTERIO E.,FERRARI A. Vermicomposting of rabbit manure: modifications of microflora. London UK; Elsevier.1987. 115-126.
5. AYALA M. "Como elevar la Rentabilidad de un Conejar". ed. Serbeti.(Barcelona), 1976.
6. BARR A.J., GOODNIGHT J.H. User's guide to the Statistical Analysis System Published by Student Supply Stores. North Carolina State University. Raleigh (North Caroline), 1972.
7. BEGON M., HARPER J. L., TOWNSEND C. R. "Individuals Populations and Communities".ed. Omega, S. A. (Mexico), 1980.
8. BENNETT ROBERT. "Raising Rabbits the Modern Way".ed. Garden Way Publishing.Vermont (U.S.A.), 1975.
9. BISHOP C. E. & TOUSSAINT. " Introducción al Análisis de Economía Agrícola".

10. BOSCH P., BOSCH J., COMA DE BOSCH C. "Los Conejos. Cria Moderna y Rentable". ed. De Vecchi S.A. (Barcelona), 1982.
11. BRODY S. "Bioenergetics and Growth". ed. Reinhold Publ. Corp. (New York). 1945.
12. BRONSON RICHARD. "Investigacion de Operaciones". ed. Mc Graw-Hill. (Mexico), 1988.
13. CANTIER J., VEZINHET A., ROUVIER R., DAUZIER L. Allometrie de Croissance chez le Lapin. Principaux organes et tissus. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 9. 5-39
14. CASHIN S. A., POLIMEN R. S. "Contabilidad de costos". ed. Mc Graw - Hill. (Mexico), 1980.
15. CEBARRA J., FRUTOS C., TERCERO A., ROIG A., GODOS A. Study of soluble humic substances from newly prepared organic fertilizers. Science of the Total Environment. 1989. 81 & 82. 579-588.
16. CHEEKE P. R. Effect of Lacto-Sa-c and Acid-Pak 4-way on performance and mortality of weanling rabbits. Rabbit Research center. Oregon State University. Corvallis, Oregon 1988.
17. CHEEKE P. R. Rabbit nutrition: A quiet growth areas with great potential. Biotechnology in the Feed Industry Proceedings of Alltech's Fourth Annual Symposium. Lyons (ed.) Alltech technical publications. Kentucky, U.S.A. 249-260. 1988.

18. CHEEKE P. R. Recent developments in rabbit nutrition. Pacific Northwest Animal nutrition conference. Cavanaugh's inn at the park Spokane Washington . 236-245. 1988.
19. CROSS J. W. " Cria y Explotación de los Conejos ".ed. GEA (Barcelona). 1975.
20. CROVETTI A., RASPI A., PAPARATTI B., SANTINI L., Malfati P. Eco-ethological observations on geotropine beetle *thorectes intermedius*. *Frustula Entomologica* 1985. 6. 147-169.
21. DE BLAS B. Carlos. "Alimentación del Conejo".ed. Mundi-Prensa. (Madrid), 1986.
22. DELTORO J., LOPEZ A.M. Allometric changes during growth in rabbits *Journal of Agricultural Science, UK.* 105 (2):339-346 1985.
23. DISTEFANO J. STUBBERUD A., WILLIAMS i. "Retroalimentación y Sistemas de Control" . ed. Mc Graw Hill. (México), 1976.
24. DUCWORT W. E., GEAR A. E., LOCKETT A. G. "Guía para la Investigación de Operaciones". ed. Continental. (México), 1977.
25. FERRUZI CARLO. " Manual de Lombricultura". ed. Mundi-Prensa. (Madrid), 1986.
26. FRANK AYRES JR. "Matemáticas Finacieras". ed. Mc Graw - Hill. (México), 1982.

27. GARCIDUENAS R. P. Estimación de Parámetros mediante un diseño dialéctico como base de un Programa de Mejoramiento Genético Cunicola. Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados. (Chapingo), 1983.
28. GILBERTSON C. B., CLEMENS E. T. The effect of the biting fly *Stomoxys calcitrans* and ambient temperature on rabbit manure production.
29. Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers) 29 (6): 1730-1732. 1986.
30. BITTINGER J. PRICE. "Análisis Económico de Proyectos Agrícolas". ed. Tecnos S.A. (Madrid), 1978.
31. HUXLEY J.S. "Problems of relative growth". Methnen London. 276 p. (London), 1932
32. KOOPS W. J. Multiphasic growth curve analysis. Growth. 50 (2):169-177.1986.
33. LAIRD A.K., TYLER S.A., BARTON A.D. Dynamics or Normal Growth. Growth 29.233-248.(), 1965.
34. LEFTWICH RICHARD. "Sistemas de Precios y Asignación de Recursos". ed. Interamericana. (), 1984.
35. LOPEZ I. PEINADO E., ZAMDRA M., GALLEGOS J. Crecimiento de gazapos lactantes en sistemas extensivos. Archivos de Zootecnia .36 (135): 173 186.1987.
36. MOSKOWITZ H. WRIGHT G. P. "Investigación de Operaciones". Prentice - Hall Hispanoamerica S. A.

(Mexico).1987.

37. OSTLE BERNARD. "Estadística Aplicada". ed. Limusa. (México). 1986.
38. OUHAYOUN J. Growth and Development in Rabbit. Cuni Sciences. ed. de Syntheses Scientifiques. Vol 1 Fasc 1:1-15. 1983.
39. PAPARATTI B.,RASPI A., SANTINI L. Ethological observations on the geotropine beetle *Geotropes* (*Thorectes*) *intermedius*.Academia Italiana di Entomologia. 451-452. 1983.
40. PLUTCHIC ROBERT. "Fundamentos de Investigacion de Operaciones". Editorial Harla. 1975.
41. PRUD'HON M. VEZINHET A. CANTIER J. Croissance qualites boucheres et cout de production des Lapins de chair. B.T.I. 248, 204 -213.1970
42. RIGGS J. L. "Economic Decision Models for Engineers and Managers". Mc Graw - Hill Book Company. (México) 1988.
43. RIOS GARCIA V. "Investigacion de Operaciones". Dirección de Publicaciones del I.P.N. (Mexico), 1982.
44. SALVATORE DOMINIC. ."Microeconomia".ed. Mc Graw-Hill Company. (Mexico). 1976.
45. SAID I. G., ZARATE G. de L. "Métodos Estadísticos". ed . Trillas. (México), 1984.
46. SANDFORD J. C. WOODGATE, F. G. "The Domestic Rabbit". ed. Granada Publishing. (London, New York), 1957.

47. SCHEELJE, R. NIEHAUS, H. WERNER, K. "Conejos para Carne". ed. Acribia. Zaragoza (España), 1968.
48. SING J. S. & GUPTA S. R. Plant decomposition and Soil Respiration in Terrestrial Ecosystems. The Botanical Review Vol. 13 no. 14. (), 1977.
49. STEEL R.G., TORRIE J. H. "Principles and Procedures of Statistics a Biometrical Approach". ed. Mc Graw - Hill. (México), 1988
50. TARQUIN A. J., BLANK L. "Ingeniería Económica". ed. Mc Graw - Hill. (México), 1979
51. TEMPLETON GEORGE. "Cria del Conejo Doméstico". ed Continental. (México), 1976.
52. VANGELDER H. Quelques donnees sur la rentabilite en cuniculture. Revue de l' Agriculture. 40 (5). 1313-1322. 1987.
53. VANDORLE L. Modele de rentabilite de la production de Lapins de chair. Revue de l' Agriculture. 40 (5). 1307-1312. 1987.
54. VENTSEL S. ELENA. "Investigación de Operaciones, Problemas, Principios, Metodología". ed. Mir. (Moscú), 1983.

A P E N D I C E 1

Artículo	Carbón	pH	Nitrógeno	Fósforo	P ₂ O ₅	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Selenio	Cobalto	Zinc	Aluminio	Bacterias (e)
A/1	58.52	7.11	44.82	1.73	1.42	1.44	6.74	0.98	1.21	536	163	758	16	2E+10
A/2	65.83	6.90	42.07	1.66	2.08	2.23	11.94	1.32	1.84	1467	345	1611	37	6E+09
A/3	58.69	6.83	58.95	2.08	5.13	1.12	5.94	0.88	0.94	459	163	685	14	8E+09
A/4	16.98	7.60	41.95	1.40	0.79	1.14	8.29	2.61	1.56	615	302	418	9	9E+09
A/5	47.06	7.22	54.41	1.93	3.82	1.24	9.10	0.96	1.07	713	222	755	14	6E+11
A/6	45.81	7.54	56.37	2.15	1.81	2.18	9.21	0.75	0.65	328	79	225	25	5E+08
A/7	57.64	6.56	70.79	2.91	2.01	1.80	4.69	0.64	0.50	228	401	133	13	8E+10
A/8	29.93	7.44	35.12	1.98	1.74	1.92	5.73	1.10	3.00	767	313	1235	48	3E+09
A/9	66.12	7.93	53.74	2.04	2.13	2.48	5.48	0.74	1.06	538	169	360	15	2E+09
A/10	48.44	7.12	43.89	1.65	1.25	1.51	7.26	1.03	1.31	552	187	628	22	350 M
A/11	57.07	7.36	35.56	1.46	0.86	1.99	11.81	0.74	1.48	502	109	281	18	250 M
A/12	44.39	7.48	56.77	1.84	2.04	1.94	6.97	1.05	1.11	685	245	545	15	260 M
A/13	42.62	7.23	57.09	2.04	3.48	1.52	9.01	0.92	0.82	646	193	805	17	130 M

(e) colonias por gramo.

M = millones de colonias por gramo.

Datos de los análisis químicos de humus (Ferruzzi, 1986)

Nota: En este análisis no viene especificada la flora bacteriana dado que queremos compararlo solo con los abonos químicos.

A P E N D I C E 2

Propiedades físicas y químicas del humus

Propiedades físicas:

- a) Capacidad de retención de agua 40-50% mayor que los suelos calcareos y 110-120% mayor que la de los suelos arenosos.
- b) Enorme resistencia a la erosión mecánica.
- c) Capaz de modificar profundamente las características del suelo, particularmente la homogeneidad, la aireación, la capacidad de drenaje y la porosidad.

Propiedades químicas:

El 50% del humus esta formado por materia orgánica de la cual por los menos la mitad la forman ácidos húmicos.

El análisis del laboratorio de la Rama de suelos (del Colegio de Postgraduados Chapingo) Sección de Química, hecho al humus, arroja los siguientes resultados promedio, en base seca.

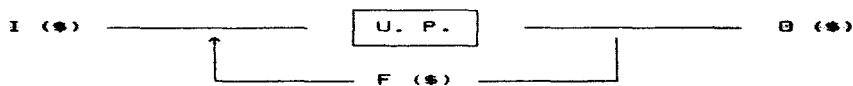
PH -----	7.3
P. total -----	2.3 %
M.O. -----	47.0 %

Mg -----	2872.0 ppm
Fe -----	3.5 ppm
Mn -----	2.1 ppm
N -----	1.8 %
K -----	2623.0 ppm
Ca -----	4627.0 ppm
Zn -----	3.1 ppm
Cu -----	trazas

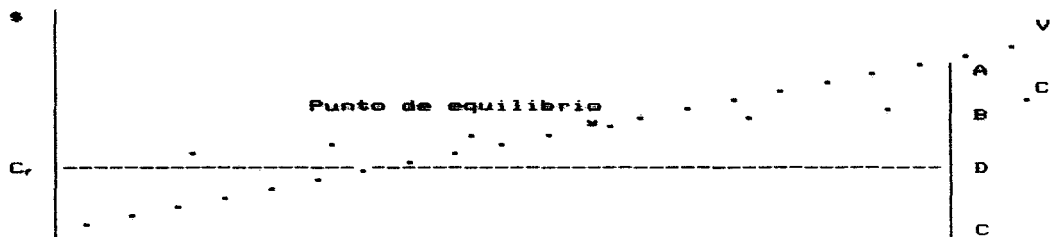
El cual concuerda con el realizado con otros investigadores como Ferruzi (1986).

A P E N D I C E 3

Determinación del punto de Equilibrio



El punto de equilibrio para que la unidad productiva sea rentable es:



Gráfica del punto de equilibrio para un solo producto

$$\begin{array}{rcl} \text{utilidad} & & \text{ingreso} \\ \text{bruta} & & \text{total} \\ \text{UB} & = & (\text{AC} - \text{BC}) \end{array}$$

$$UB = (AC - \left(\begin{array}{c} \text{costos} \\ \text{variables} \end{array} \right. \begin{array}{c} \text{costos} \\ \text{fijos} \end{array} \left. \begin{array}{c} BD \\ + \\ DC \end{array} \right))$$

$$UB = AB$$

N_u = número de unidades producidas / ciclo

P_u = (precio) (\$/unidad)

C_v = (costo variable) (\$/unidad)

C_f = costo fijo

En el punto de equilibrio tenemos que:

$$V = C, \quad (\text{punto de equilibrio})$$

Siendo las ventas equivalentes a:

$$V = N_u P_u$$

Y los costos a:

$$C, = N_u C_v + C_f$$

Sustituyendo:

$$N_u P_u = N_u C_v + C_f$$

Obtenemos el número mínimo de unidades por ciclo:

$$N_1 = \frac{C_f}{(P_v - C_v)} \quad \text{(un producto)}$$

$$N_1 = \frac{K_1}{(\sum P_i - \sum C_i)} \quad \text{(multiproducto)}$$

donde $K_1 = \sum$ de costos fijos

$$UB = (V - C_v) = \{N_1 P_v - (N_1 C_v + C_f)\}$$

$$UB = N_1 (P_v - C_v) - C_f \quad \text{(un producto)}$$

$$UB = N_1 (\sum P_i - \sum C_i) - K_1 \quad \text{(multiproducto)}$$

Si la explotación no logra producir como mínimo N_1 gazapos, tendrá pérdidas. La utilidad comenzará cuando produzca $(N_1 + 1)$ gazapos.

A P E N D I C E 4

Criterio computacional de selección de alternativa optima viable.

Con objeto de seleccionar la alternativa optima viable de trabajo, se considera en analisis los 3 subproductos más importantes, (la carne, la piel y el humus) 3 niveles de industrialización de cada uno de los subproductos y el precio de venta y costo de cada uno de los subproductos en sus distintos estados de industrialización.

Los valores CC_1 , CP_1 , CG_1 representan los costos de industrialización de cada uno de los subproductos en el nivel de industrialización 1. Los valores PC_1 , PP_1 , PG_1 representan los precios de venta de cada uno de los subproductos en el nivel 1.

Nivel 1 de industrialización

Carne: carne de conejo en canal

Piel: piel seca

Humus: Estiercol seco procesado por Eisenia Phoetida

Nivel 2 de industrialización

Carne: En trozos, empaquetada y refrigerada

Piel: curtida

Humus: Con sales minerales.

Nivel 3 de industrialización

Carne: Embutidos, rostizado, harina carne. campaña publicitaria.

Piel: Artesanías, ropa, colchas. campaña publicitaria

Humus: Empaquetado, clasificado y presentación según tipo de cultivo. campaña publicitaria.

Si representamos estos elementos mediante una matriz de pagos tendríamos el esquema siguiente donde observamos 3 vectores: el vector carne, $C(I)$, vector piel, $P(J)$, y el vector humus $G(K)$.

subproductos

niveles de industrialización

I

II

III

Carne	CC ₁ PC ₁	CC ₂ PC ₂	CC ₃ PC ₃	CC(I)/PC(I)
Piel	CP ₁ PP ₁	CP ₂ PP ₂	CP ₃ PP ₃	CP(I)/PP(J)
Humus	CG ₁ PG ₁	CG ₂ PG ₂	CG ₃ PG ₃	CG(I)/PG(K)

MATRIZ DE PAGOS DE UNA EXPLOTACION

Tenemos, de acuerdo a esta matriz I J K alternativas de trabajo viables y como $I = J = K = 3$ las alternativas totales son 27.

El costo $R(L)$ y el ingreso $W(L)$ definidos en función de los vectores involucrados son:

$$R(L) = CC(I) + CP(J) + CG(K)$$

$$W(L) = PC(I) + PP(J) + PG(K)$$

estos expresados en notación con subíndices son:

$$R_L = CC_L + CP_L + CG_L$$

$$W_L = PC_L + PP_L + PG_L$$

La matriz de pagos nos genera 27 alternativas de las cuales seleccionaremos la óptima viable de acuerdo a nuestra condición de equilibrio, es decir la alternativa mejor será aquella donde el cociente $\frac{W(L)}{R(L)} > 1$.

Sin embargo pueden existir diferentes alternativas con cociente similar y mayor que uno, aunque el riesgo involucrado en cada una de ellas sea diferente. Por ello el procedimiento que seguimos para cada alternativa fue el siguiente: se tomó la diferencia entre ingreso, $W(L)$, y costo, $R(L)$, se dividió esta entre el costo, $R(L)$ y se obtuvo un cociente $RW(L)$ llamado coeficiente de rendimiento. Aquella alternativa con mayor $RW(L)$ será la mejor.

$$RW(L) = \frac{W(L) - R(L)}{R(L)}$$

Si existieran 2 ó más alternativas con $Rw(L)$ similar, se seleccionará la de menor costo, ya que, en general, esta sería la del nivel de industrialización más bajo y muchas veces la de menor riesgo.

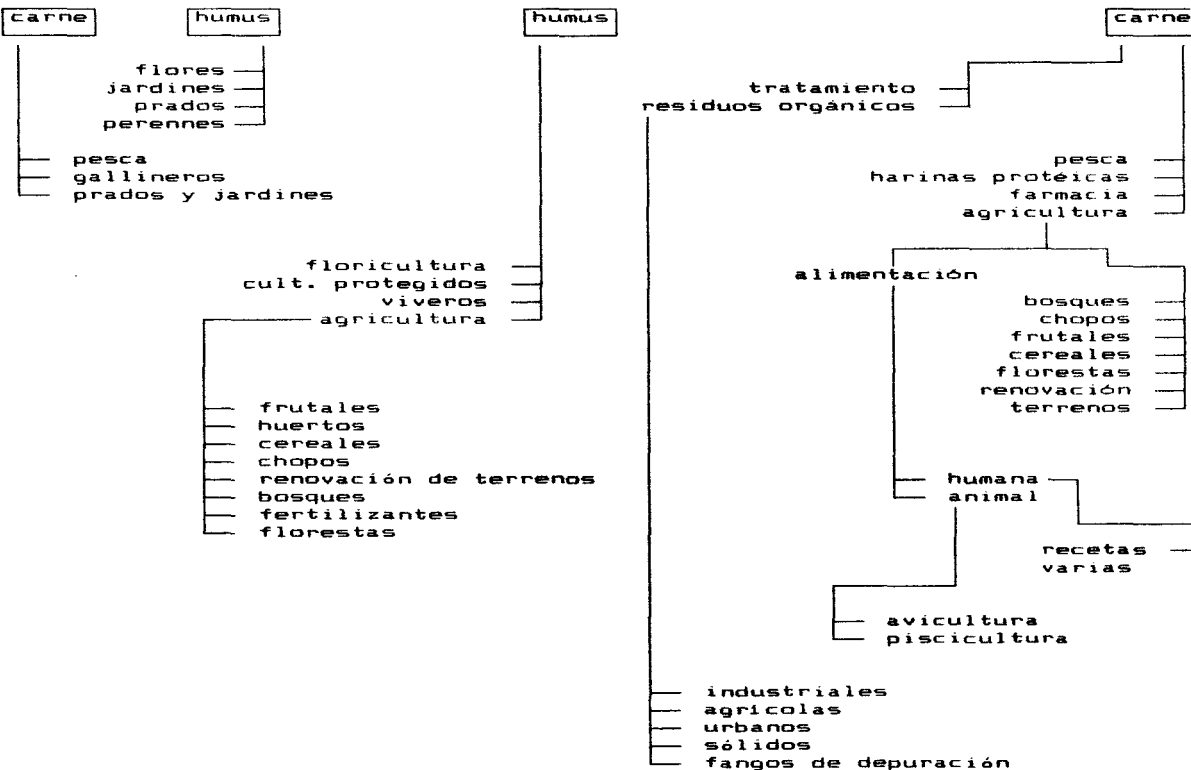
A P E N D I C E 5

Usos

Lumbricultura

Hobby

comercial



A P E N D I C E 6

1) Desglose de fórmulas para CAS (Cantidad de alimento consumido)

El costo acumulado de alimentar un gazapo durante N, semanas es:

$$(1) \quad CAN = R. CKP + \sum_{i=1}^n CS_i$$

La cantidad mínima de alimento que un gazapo debe consumir durante la semana i es:

$$(2) \quad QAS_i = 7 H (P_i - cte)$$

como $HS = 7 H$ y $P_i = cte + P_{qas}$, entonces

$$(3) \quad QAS_i = HS (P_{qas})$$

El costo de alimentar a un gazapo durante una semana i es:

$$(4) \quad CS_i = QAS_i CK_i$$

siendo CK_i el costo de alimento en la semana i. Substituyendo a (4) en (1) tenemos:

$$(5) \quad CAN = R. CKP + \sum_{i=1}^n (QAS_i CK_i)$$

substituyendo (3) en (5)

$$CAN = R_i CKP + \sum_{L=1}^n CHS (P_{(L-1)}) CK_L$$

pero como $CK_L \approx CKP$ obtenemos:

$$CAN = R_i CKP + HS CKP \sum_{L=1}^n (P_{(L-1)})$$

finalmente, sacando como factor común a CKP

$$CAN = \{R_i + HS \sum_{L=1}^n (P_{(L-1)})\} CKP$$

2) Desglose de fórmulas para CTR (Costo real de alimento por gazapo en la semana i)

$$CTR_L = CS_L + FX_L (CAN)_L \quad (1)$$

$$FM_L = FX_L (CAN)_L \quad (2)$$

$$CAN_L = [R_i + H_s \sum (P_{(L-1)})] CKP \quad (3)$$

$$CS_L = QAS_L CK_L \quad (4)$$

$$\text{Asumiendo que } CK_L \approx CKP \quad (5)$$

Reemplazando (2), (3), (4), (5) en (1):

$$CTR_L = QAS_L (CKP) + FX_L \left[R_s + H_s \sum_{l=2}^{n-1} (P_{l-1}) \right] \text{ CKP}$$

$$CTR_L = \left[QAS_L + FX_L \left(R_s + H_s \sum_{l=2}^{n-1} (P_{l-1}) \right) \right] \text{ CKP}$$

A P E N D I C E 7

Nomenclatura usada en este trabajo.

- QAD**, = Cantidad de alimento diario.
QAS, = Cantidad de alimento durante la semana i.
CS, = Costo de alimento semana durante la semana i.
CK, = Costo de alimento por kg en la semana i.
CX, = Costo de alimentar X gazapos durante la semanas i.
CXN = Costo de alimentar X gazapos durante N, semanas.
CKP = Costo total promedio de alimento.
CAN = Costo acumulado se alimento durante N, semanas.
FX, = Factor de mortalidad.
CTR, = Costo de alimentar un gazapo durante la semana i.
FM = Corrección por mortalidad.
L_t = Número total de elementos supervivientes en el lote bajo estudio.
L, = Tamaño inicial del lote.
CTRT = Suma del costo real de alimentar un gazapo durante N, semanas.
CM, = Costo de manejo.
V_o = Valor de venta de un gazapo.
K_f = Costos fijos.
K_r = Costos reales.
C_o = Costo global real.

A P E N D I C E B

Programa de simulación del comportamiento económico para un centro
 zunicola como el realizado por la autora (escrito en lenguaje
 FORTRAN 77 para correr en maquina IBM 370/175)

```

CHARACTER*18 COST(3),PRECIO(3)
CHARACTER*24 CF(15)
CHARACTER*10 OPT,DIETA,EQUIL,MORT,CTROL,FIN
CHARACTER*9 DATE
REAL*8 FECHA,HG
PARAMETER(HG=0.07)
REAL AW,VCF(15),C(3),P(3),PQA(32)
INTEGER I1
LOGICAL FLAG1,FLAG2
OPT= OPTIMA
DIETA= DIETA
EQUIL= EQUILIBRIO
MORT= MORTALIDAD
FIN= FIN
DO 20 I=1,12
  READ(10,980)VCF(I)
20 CONTINUE
DO 10 I=1,12
  READ(15,990)CF(I)
10 CONTINUE
980 FORMAT(F9.1)
990 FORMAT(A24)
DO 30 I=1,3
  READ(16,992)COST(I)
  READ(17,994)C(I)
30 CONTINUE
DO 40 I=1,3
  READ(16,992)PRECIO(I)
  READ(17,994)P(I)
40 CONTINUE
992 FORMAT(A16)
DO 25 I=1,32
  READ(18,985)PQA(I)
285 FORMAT(F7.1)
25 CONTINUE
  WRITE(6,1000)
1000 FORMAT(7(//),31X,'BUENAS TARDES',//,22X,'BIENVENIDO AL SISTEMA CO
1NEJOS-11',//,12X,'INDIQUE LA FECHA DE HOY Y LUEGO OPRIMA LA TECLA
1CLEAR',//,34X,DD/MM/AA')
  READ(5,1004)DATE
1004 FORMAT(A8)
  WRITE(6,1005)
1005 FORMAT(6(//))

```

```

10000 WRITE(6,1010)
1010 FORMAT(/,9X, 'CONEJOS-11 ES UN SISTEMA QUE PERMITE TOMAR DECISION
1ES',/,9X, 'ECOCOMICAS A LA HORA DE EVALUAR UN CENTRO CUNICOLA',/,
1/,9X, 'SUS CARACTERISTICAS GENERALES SON:',/,/,9X,
11)'FORMA PARTE DE LA TESIS DE DOCTORADO DE LA M.C. GUADALUPE MOR
1A V',/,9X,
112)' PARA OTRAS APLICACIONES BASTA CAMBIAR LAS BASES DE DATOS',
1/,9X,
113)' CONVERSACIONAL CON DOBLE SALIDA POR IMPRESORA Y PANTALLA',/,
19X,
114)' TRABAJA EN MODULOS INDEPENDIENTES',/,9X,
11)**SI USTED DESEA CONOCER:',19X, '**DEBE TECLEAR LA PALABRA:',/,/,
19X,
11A)' LA DIETA UTILIZADA',/,29X, 'DIETA',/,9X,
11B)' LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO',/,25X, 'EQUILIBRIO',/,9X,
11C)' EFECTO DE LA MORTALIDAD',/,25X, 'MORTALIDAD',/,9X,
11D)' ALTERNATIVA OPTIMA VIABLE',/,27X, 'OPTIMA',/,9X,
11E)' TERMINAR EL PROCESO',/,32X, 'FIN',/,/,/,/)
READ(5,100)CTRL
1000 FORMAT(A10)
IF(CTRL.EQ.MORT)CALL MORT(PQA,*10000)
IF(CTRL.EQ.OPT)CALL OPTIMA(*10000)
IF(CTRL.EQ.DIETA)CALL DIETA(*10000)
IF(CTRL.EQ.EQUIL)CALL EQUYL(*10000,CF,VCF,COST,PRECIO,C,P)
IF(CTRL.EQ.FIN)GO TO 666
GO TO 10000
666 STOP
END
SUBROUTINE OPTIMA(*)
REAL C(5),P(5),G(5),CY(5),GY(5),R(30),RW(30),W(30),MAYOR,
1CRT(3),CRH(3)
INTEGER A,B,D
CHARACTER*5 TYP(3)
TYP(1)='CARNE'
TYP(2)='PIEL'
TYP(3)='GUANO'
DO 950 I=1,3
WRITE(6,1000)
1000 FORMAT(37X,A5)
WRITE(6,1001)
1001 FORMAT(1X, 'INDIQUE COSTO Y PRECIO DE VENTA UNITARIO PARA CADA NI
1VEL (EN FORMATO 2F8.1)')
DO 1005 I1=1,3
WRITE(6,1010)I1
1010 FORMAT(1X, 'NIVEL',12)
READ(5,1020)CTR(I1),CRH(I1)
1020 FORMAT(2F8.1)
1005 CONTINUE
WRITE(6,1030)
1030 FORMAT(12(/))

```

```

IF(I.EQ.1) GO TO 60
IF(I.EQ.2) GO TO 70
DO 5 K=1,3
G(K)=CRT(K)
5 CONTINUE
GO TO 950
70 DO 4 J=1,3
P(J)=CRT(J)
PY(J)=CRH(J)
4 CONTINUE
GO TO 950
60 DO 3 M=1,3
C(M)=CRT(M)
CY(M)=CRH(M)
3 CONTINUE
950 CONTINUE
L=1
DO 30 I=1,3
C(M)=CRT(M)
3 CONTINUE
950 CONTINUE
L=1
DO 30 I=1,3
DO 30 J=1,3
DO 30 K=1,3
R(L)=C(I)+P(J)+G(K)
W(L)=CY(I)+PY(J)+GY(K)
RW(L)=(W(L)-R(L))/R(L)
IF(L.NF.1)GO TO 10
20 MAYOR=RW(L)
A=I
B=J
D=K
GO TO 35
10 IF(RM(L).GT.MAYOR)GO TO 20
35 L=L+1
30 CONTINUE
WRITE(6,1040)
1040 FORMAT(6,(/),19X,'CARNE',2X,'PIEL',2X,'GUANO',2X,'COCIENTE DE RE
INDMIENTO')
WRITE(6,1050)A,B,D,MAYOR
1050 FORMAT(7X,'NIVEL',9X,I1,6X,I1,5X,I1,11X,F6.3,1X,'(OPTIMO)')
L=1
DO 80 I=1,3
DO 80 J=1,3
DO 80 K=1,3
WRITE(6,1060)I,J,K,RW(L)
1060 FORMAT(21X,I1,6X,I1,5X,I1,11X,F6.3)
L=L+1
80 CONTINUE

```

```

WRITE(6,1061)
1061 FORMAT(10(/))
RETURN
END
SUBROUTINE DYETA(*)
WRITE(6,200)
200 FORMAT(25X,'DIETA UTILIZADA',//,1X,'CEMA',26X,'00.0%',/,1X,'HARI
1NA DE AVENA',16X,'00.0%',/,1X,'HARINA DE SOYA',5X,'00.0%',/,1X,'
1MAIZ',8X,'00.0%',/,1X,'HARINA DE LINAZA',2X'00.0%',/,1X,'SUERO
1DE LECHE',8X,'00.0%',/,1X,'HARINA DE ALFALFA',00.0%',/,1X,'DEXTR
1OZA',8X,'00.0%',/,1X,'HARINA DE PEZCADO',00.0%',/,1X,'HARINA DE
1CARNE',2X,'00.0%',/,1X,'LEVADURA DE CERVEZA',00.0%',/,1X,'MELAZA'
1,8X,'00.0%',/,1X,'SORGO',8X,'00.0%',/,1X,'METIONINA',6X,'00.0%')
WRITE(6,201)
201 FORMAT(5(/))
RETURN
END
SUBROUTINE EQUYL(*,CFS,VCFS,COST,PRECIS,CS,PS)
CHARACTER *24CFS(15)
CHARACTER*16 COSTS(3,PRECIS(3))
REAL IC,IF,IP,IT,PC,PF,PP,NT,KI,CA,CM,MAXB,VCFS(15)
REAL VFW(15),CS(3),PC(3),CW(3),PI,C1,C1W(3)
KI=0
PI=0
C1=0
WRITE(6,1000)
1000 FORMAT(2X,'INDIQUE LOS SIGUIENTES COSTOS FIJOS($/CICLO)EN FORMATO
1F9.1',/,2X,'(SI PONE 0.0 SE USARA EL VALOR STANDAR)',/)
DO 10 I=1,11,2
WRITE(6,1010)CFS(I),VCFS(I),CFS(I+1),VCFS(I+1)
1010 FORMAT(2X,A24,'(',F9.1,')',5X,A24,'(',F9.1,')')
READ(5,1020)VF1,VF2
1020 FORMAT(2F9.1)
VFW(I)=VF1
VFW(I+1)=VF2
IF(VF1.EQ.0.0)VFW(I)=VCFS(I)
IF(VF2.EQ.0.0)VFW(I+1)=VCFS(I+1)
10 CONTINUE
DO 20 I=1,12
KI=KI+VFW(I)
20 CONTINUE
WRITE(6,1030)
1030 FORMAT(2X,'INDIQUE LOS SIGUIENTES COSTOS Y PRECIOS($/UNIDAD)EN FOR
1MAT F7.1',/,2X,'(SI PONE 0.0 SE USARA EL VALOR STANDAR)',/)
WRITE(6,1041)(COSTS(I),CS(I),I=1,3)
1041 FORMAT(2X,3(A16,2X,'(',F7.1,')'))
READ(5,1050)(CW(I),I=1,3)
1050 FORMAT(3F7.1)
WRITE(6,1060)(PRECIS(I),PS(I),I=1,3)
1060 FORMAT(2X,3(A16,2X,'(',F7.1,')'))

```

```

      READ(5,1070) (C1W(I),I=1,3)
1070  FORMAT(3F7.1)
      DO 30 I=1,3
      IF(CW(I).EQ.0.0)CW(I)=CS(I)
      IF(C1W(I).EQ.0.0)C1W(I)=PS(I)
      30  CONTINUE
      PI=(1.1)*CW(1)+(7.0)*CW(2)+CW(3)
      CI=(8.3)*C1W(1)+C1W(2)+C1W(3)
      NT=(KI)/(PI-CI)
      WRITE(6,1072) KI,NT
1072  FORMAT(11(7),3X, 'EL VALOR DE LOS COSTOS FIJOS ES DE $ ',F9.1,3(//),
13X, 'EL EQUILIBRIO SE ALCANZA PARA',F8.1,2X, 'CONEJOS POR CICLO')
      WRITE(6,1073) PI,CI
1073  FORMAT(11(7),3X, 'EL INGRESO POR GAZAPO PRODUCIDO ES DE $ ',F9.1,3(//),3
1X, 'EL COSTO POR GAZAPO PRODUCIDO ES DE',2X, '$',F9.1)
      WRITE(6,1071)
1071  FORMAT(11(7))
      RETURN
      END
      SUBROUTINE MORTAL(PQAS,*)
      REAL PQAS(32),FX,R1,HS,CFP,PQAS(32),NG,BAJAS,TL,CTR(8),SUM(32),PMOR
1T(8),QS(8),KF
      WRITE(6,910)
      910  FORMAT(28X, 'EFECTO DE LA MORTALIDAD',/,22X, ' SOBRE EL INGRESO POR V
1ENTAS DE CARNE',/)
      WRITE(6,920)
      920  FORMAT(1X, 'INDIQUE LOS SIGUIENTES VALORES (6.1)',1X, ' (SI PONE 0.
1 SE USARA EL VALOR STANDAR)',/)
      WRITE(6,930)
      930  FORMAT(2X, 'APROVECHAMIENTO(7. A 12.)',3X, 'NIVEL GENETICO(1. A 4.)'
1,3X, '% DE MORTALIDAD/CICLO(1. A 50.)')
      READ(5,950) HS,NG,BAJAS
      950  FORMAT(3F6.1)
      IF (HS.EQ.0.0) HS=8.0
      IF (NG.EQ.0.0) NG=4.0
      IF (BAJAS.EQ.0.0) BAJAS=15.0
      FX=X1/(1-X1)
      WRITE(6,940)
      940  FORMAT(2X, 'TAMANO DEL LOTE(500.)',7X, 'COSTO DEL ALIMENTO($700.)', 1
1X, 'CONSUMO HASTA EL DESTETE(760.GRS)')
      READ(5,950) TL,CFP,R1
      IF(TL.EQ.0.0)TL=500.
      IF(CFP.EQ.0.0)CFP=700.
      IF(R1.EQ.0.0)R1=760.
      WRITE(6,945)
      945  FORMAT(2X, 'PRECIO DE LA CARNE(12000. $/K6) (F8.1)',5X, 'COSTOS FIJOS
1($4080000) (F10.1)')
      READ(5,946) VN,KF
      946  FORMAT(F8.1,F10.1)
      IF (VN.EQ.0.0) VN=12000.

```

```

IF (KF.EQ.0.0) KF=4080000.
NNG=NG
J=1
HS=7.*HS/100.
CKP=CKP/1000.
M=NNG*8
N=(M-7)
DO 20 I=N,M
QAS(J)=HS*PQAS(I)
J=J+1
20 CONTINUE
M1=N
DO 30 J=1,8
SUM(J)=0.
DO 40 K=N,N1
SUM(J)=SUM(J)+PQAS(K)
40 CONTINUE
M1=M1+1
30 CONTINUE
DO 50 I=1,8
PMORT(I)=FX*(R1+HS*SUM(I))*CKP
QS(I)=QAS(I)*CKP
CTR(I)=QS(I)+PMORT(I)
50 CONTINUE
ZT1=0.
CTRT=0.
DO 60 I=1,8
ZT1=ZT1+PMORT(I)
CTRT=CTRT+CTR(I)
60 CONTINUE
ZT1=ZT1*TL*(1.-BAJAS/100.)
WRITE(6,970)
970 FORMAT(9(/),22X,'SEMANA',3X,'COSTO/UNIDAD',3X,'PERD./MORT.',/)
DO 70 I=1,8
WRITE(6,960)I,CTR(I),PMORT(I)
960 FORMAT(24X,I1,8X,F8.1,5X,F8.1)
70 CONTINUE
UB=(1.-BAJAS/100.)*TL
UB=UB*(VN-1.15*CTRT)-(KF)
WRITE(6,972)TL,CTRT,UB,ZT1
972 FORMAT(4(/),6X,'TAMANO DEL LOTE',5X,F6.1,6X,'COSTO
1TOTAL($/CONEJO)',5X,F8.1,/,6X,'UTILIDAD BRUTA($)',F12.1,6X,
1'PERDIDAS/MORTALIDAD($)',F12.1)
WRITE(6,961)
961 FORMAT(4(/))
RETURN
END

```

A P E N D I C E 9

FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA...

A continuación se muestra el funcionamiento del programa con un ejemplo .Las palabras en negritas representan las respuestas del usuario, las palabras en tinta normal representan lo que contesta el programa.

BUENAS TARDES

BIENVENIDO AL SISTEMA CONEJOS -11

INDIQUE LA FECHA DE HOY Y LUEGO OPRIMA LA TECLA CLEAR

30/08/90

CONEJOS-11 ES UNSISTEMA QUE PERMITE TOMAR DECISIONES ECONOMICAS A LA HORA DE EVALUAR UN CENTRO CUNICOLA

SUS CARACTERISTICAS GENERALES SON:

- 1)FORMA PARTE DE LA TESIS DE DOCTORADO DE LA M.C.GUADALUPE MORA V.
- 2)PARA OTRAS APLICACIONES BASTA CAMBIAR LA BASE DE DATOS
- 3)CONVERSACIONAL CON DOBLE SALIDA POR IMPRESORA Y PANTALLA
- 4)TRABAJA EN MODULOS INDEPENDIENTES

****SI USTED DESEA CONOCER:**

****DEBE TECLEAR LA PALABRA:**

- A) LA DIETA UTILIZADA
- B) LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO
- C) EFECTO DE LA MORTALIDAD
- D) ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA
- E) TERMINAR EL PROCESO

DIETA
EQUILIBRIO
MORTALIDAD
OPTIMA
FIN

OPTIMA

SELECCION DE LA ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA
(VALOR DE LOS PRODUCTOS)

CARNE

INDIQUE COSTO Y PRECIO DE VENTA UNITARIO PARA CADA NIVEL (2FB.1)

NIVEL 1

7000.0 8600.0

NIVEL 2

9200.0 11300.0

NIVEL 3

13100.0 17000.0

SELECCION DE LA ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA
(VALOR DE LOS PRODUCTOS)

PIEL

INDIQUE COSTO Y PRECIO DE VENTA UNITARIO PARA CADA NIVEL (2FB.1)

NIVEL 1

2500.0 3000.0

NIVEL 2

6000.0 9500.0

NIVEL 3

10300.0 19000.0

SELECCION DE LA ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA
(VALOR DE PRODUCTOS)

HUMUS

INDIQUE COSTO Y PRECIO DE VENTA UNITARIO PARA CADA NIVEL (2F8.1)

NIVEL 1

700.0 500.0

NIVEL 2

1100.0 1300.0

NIVEL 3

2000.0 3200.0

SELECCION DE LA ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA
(MATRIZ DE PAGOS)

CARNE	PIEL	HUMUS	COCIENTE DE RENDIMIENTO
1	3	3	0.596 (NIVEL OPTIMO)
1	1	1	0.186
1	1	2	0.217
1	1	3	0.267
1	2	1	0.358
1	2	2	0.376
1	2	3	0.420
1	3	1	0.561
1	3	2	0.571
1	3	3	0.596
2	1	1	0.194
2	1	2	0.219
2	1	3	0.277
2	2	1	0.340
2	2	2	0.356
2	2	3	0.395

2	3	1	0.525
2	3	2	0.534
2	3	3	0.558
3	1	1	0.258
3	1	2	0.275
3	1	3	0.318
3	2	2	0.376
3	2	3	0.408
3	3	1	0.515
3	3	2	0.522
3	3	3	0.543

CONEJOS-11 ES UN SISTEMA QUE PERMITE TOMAR DECISIONES
ECONOMICAS A LA HORA DE EVALUAR UN CENTRO CUNICOLA

SUS CARACTERISTICAS GENERALES SON:

- 1) FORMA PARTE DE LA TESIS DE DOCTORADO DE LA M.C. GUADALUPE MORA V.
- 2) PARA OTRAS APLICACIONES BASTA CAMBIAR LA BASE DE DATOS
- 3) CONVERSACIONAL CON DOBLE SALIDA POR IMPRESORA Y PANTALLA
- 4) TRABAJA EN MODULOS INDEPENDIENTES

**SI USTED DESEA CONOCER:

**DEBE TECLEAR LA PALABRA:

- A) LA DIETA UTILIZADA
- B) LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO
- C) EFECTO DE LA MORTALIDAD
- D) ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA
- E) TERMINAR EL PROCESO

- DIETA
- EQUILIBRIO
- MORTALIDAD
- OPTIMA
- FIN

DIETA

DIETA UTILIZADA

COMO FUENTE DE FIBRA

CEMA	40-60 %
HARINA DE AVENA	40-60%
HARINA DE ALFALFA	40-60 %
TREBOLES Y PASTOS	40-60 %

COMO FUENTE DE ENERGIA

MAIZ	20-40 %
SORGO	20-40 %
AVENA	20-40 %
CEBADA	20-40 %

COMO FUENTE DE PROTEINA

HARINA DE PESCADO	10-15 %
HARINA DE SANGRE	10-15 %
SOYA(LISINA Y METIONINA)	10-15 %
CARTAMO Y GIRASOL	10-15 %

e

CONEJOS-11 ES UN SISTEMA QUE PERMITE TOMAR DECISIONES
ECONOMICAS A LA HORA DE EVALUAR UN CENTRO CUNICOLA

SUS CARACTERISTICAS GENERALES SON:

- 1) FORMA PARTE DE LA TESIS DE DOCTORADO DE LA M.C. GUADALUPE MORA V.
- 2) PARA OTRAS APLICACIONES BASTA CAMBIAR LA BASE DE DATOS

- 3) CONVERSACIONAL CON DOBLE SALIDA POR IMPRESORA Y PANTALLA
 4) TRABAJA EN MODULOS INDEPENDIENTES

**SI USTED DESEA CONOCER:

**DEBE TECLEAR LA PALABRA:

- | | |
|----------------------------------|------------|
| A) LA DIETA UTILIZADA | DIETA |
| B) LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO | EQUILIBRIO |
| C) EFECTO DE LA MORTALIDAD | MORTALIDAD |
| D) ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA | OPTIMA |
| E) TERMINAR EL PROCESO | FIN |

EQUILIBRIO

CALCULO DE LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO ECONOMICO

INDIQUE LOS SIGUIENTES COSTOS FIJOS (\$/CICLO) (F9.1)
 (SI PONE 0.0 SE USARA EL VALOR ESTANDAR)

DEPRECIACION EDIFICIOS (250000)	DEPRECIACION EQUIPO (1000000)
0.0 0.0	
MANO DE OBRA DIRECTA (200000)	LUZ, AGUA, GAS (1000000)
0.0 0.0	
IMPUESTOS INDIRECTOS (350000)	GASOLINA (750000)
0.0 0.0	
LIMPIEZA (400000)	MANTENIMIENTO (300000)
0.0 0.0	
ALMACENAMIENTO (350000)	REFRIGERACION (1150000)
0.0 0.0	
EMPAQUE (1000000)	SELECCION GENETICA (1000000)

INDIQUE LOS SIGUIENTES COSTOS Y PRECIOS (\$/CICLO) (F9.1)
 (SI PONE 0.0 SE USARA EL VALOR ESTANDAR)

INDIQUE LOS SIGUIENTES COSTOS Y PRECIOS (\$/UNIDAD) (F7.1)
 (SI PONE 0.0 SE USARA EL VALOR ESTANDAR)

C. ALIMENTO (\$700.0)	C. MANEJO (\$1700)	C. SACRIFICIO (\$1250)
0.0	0.0	0.0
P. CARNE (\$12000)	P. HUMUS (\$500)	P. PIEL (\$3000)
0.0	0.0	0.0

EL VALOR DE LOS COSTOS FIJOS ES DE \$ 7750000.0 e
 EL EQUILIBRIO SE ALCANZA PARA 708.4 (CONEJOS/CICLO)

EL INGRESO POR GAZAPO PRODUCIDO ES DE \$ 19700.0

EL COSTO POR GAZAPO PRODUCIDO ES DE \$ 8760.0

CONEJOS-11 ES UNSISTEMA QUE PERMITE TOMAR DECISIONES
 ECONOMICAS A LA HORA DE EVALUAR UN CENTRO CUNICOLA

SUS CARACTERISTICAS GENERALES SON:

- 1) FORMA PARTE DE LA TESIS DE DOCTORADO DE LA M.C. GUADALUPE MORA V.
- 2) PARA OTRAS APLICACIONES BASTA CAMBIAR LA BASE DE DATOS
- 3) CONVERSACIONAL CON DOBLE SALIDA POR IMPRESORA Y PANTALLA
- 4) TRABAJA EN MODULOS INDEPENDIENTES

**SI USTED DESEA CONOCER:

**DEBE TECLEAR LA PALABRA:

A) LA DIETA UTILIZADA	DIETA
B) LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO	EQUILIBRIO
C) EFECTO DE LA MORTALIDAD	MORTALIDAD
D) ALTERNATIVA OPTIMA ECONOMICA	OPTIMA
E) TERMINAR EL PROCESO	FIN

MORTALIDAD

EFECTO DE LA MORTALIDAD
SOBRE EL INGRESO POR VENTAS DE CARNE

INDIQUE LOS SIGUIENTE VALORES (F6.1) (SI PONE 0. SE USARA EL VALOR ESTANDAR)

APROVECHAMIENTO(7 A 12)	N. GENETICO(1 A 4)	% MORT/CICLO(1 A 50)
0.0 0.0 0.0		
TAMANO DEL LOTE(500)	C. DEL ALIMENTO(\$700)	CON. DESTETE(760.GRS)
0.0 0.0 0.0		
PRECIO CARNE(12000 \$/KG)	COSTOS FIJOS(4080000)(F10.1)	
0.0 0.0		

SEMANA	COSTO POR UNIDAD	PERD./MORT.
1	235.3	14.4
2	288.2	19.5
3	361.9	25.9
4	508.1	35.0

6	785.7	60.5
7	850.3	75.3
8	893.5	90.7

TAMANO DEL LOTE	500	COSTO TOTAL (\$/CONEJO)	4580.0
UTILIDAD BRUTA (\$)	-1218482.0	PERDIDAS/MORTALIDAD (\$)	156374.9