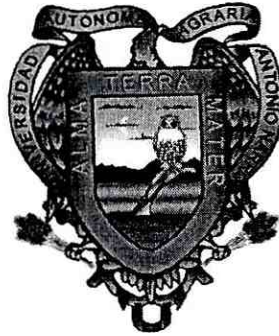


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
División Regional de Ciencia Animal**



**" Diseño y descripción de un modelo de  
simulación para manejo de hatos bovinos  
en sistemas extensivos"**

**POR:**

**ALEJANDRO GONZÁLEZ JUÁREZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

T E S I S

**" Diseño y descripción de un modelo de  
simulación para manejo de hatos bovinos  
en sistemas extensivos "**

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO



DR. JESÚS ENRIQUE CANTU BRITO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

**“ Diseño y descripción de un modelo de simulación para manejo de hatos bovinos en sistemas extensivos”**

**TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. PEDRO ESTRADA ADÁME**

**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**I.Z. JORGE H. BORUNDA RAMOS**

**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**MVZ. SILVESTRE MORENO ÁVALOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, Mi ALMA MATER, por darme la oportunidad de llevar a cabo mi formación profesional.**

**Al COECyT Laguna al programa de becas-tesis a nivel licenciatura por haberme apoyado con una beca en la elaboración de este trabajo.**

**A mi asesor Dr. Jesús Enrique Cantú Brito por su valiosa colaboración en el planteamiento, supervisión y corrección de este trabajo.**

**Al jurado de mi examen profesional por sus observaciones y correcciones para que este trabajo se realizara.**

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES :**

**Por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.**

### **A MIS HERMANOS :**

**Pepe y Kike por los buenos momentos y apoyo que me han dado.**

### **A MI FAMILIA :**

**A mis abuelos especialmente por todo su apoyo ofrecido incondicionalmente, a mis tíos, tías y primos que siempre me apoyaron.**

# ÍNDICE GENERAL

		Pagina
	AGRADECIMIENTOS .....	i
	DEDICATORIAS .....	ii
I	INTRODUCCIÓN .....	1
II	OBJETIVOS .....	2
	2.1 Objetivos específicos .....	2
	2.2 Hipótesis .....	4
III	REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
	3.1 Importancia de los bovinos de carne en México.....	5
	3.2 La ganadería de carne en la Comarca Lagunera .....	8
	3.3 El concepto de sistemas.....	9
	3.3.1 Pasos en la elaboración de modelos .....	13
	3.4 Uso de modelos en sistemas de producción ganadera....	14
	3.5 Uso de modelos de simulación en el ganado bovino de carne .....	16
	3.6 Componentes del sistema de producción .....	19
	3.7 Análisis económico de la producción de carne bovina....	21
IV	MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
	4.1 Características de la Comarca Lagunera.....	24
	4.1.1 Suelos.....	26
	4.1.2 Topografía.....	26
	4.2 Localización .....	27
	4.3 Duración del estudio .....	27
	4.4 Materiales .....	27
	4.5 Métodos .....	28
	4.5.1 Características del modelo.....	28
	4.5.2 Desempeño del modelo .....	34
	4.5.3 Límites y restricciones del modelo.....	36
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
	5.1 Descripción del modelo cualitativo .....	38
	5.2 Descripción de los componentes del modelo .....	38
	5.2.1 Datos de entrada .....	40
	5.2.2 Composición del hato bovino .....	42
	5.2.2.1 Compras de ganado .....	42
	5.2.2.2 Mortalidad en sus distintas etapas fisiológicas .....	42
	5.2.2.3 Desechos .....	43
	5.2.2.4 Parámetros reproductivos .....	43
	5.2.2.5 Suplementación por etapas .....	44
	5.3 Datos de producción .....	44
	5.4 Evaluación del modelo.....	45
	5.5 Análisis de la matriz de salida.....	45
VI	CONCLUSIONES .....	51

APÉNDICE .....	52
LITERATURA CITADA .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Página
1	Población de ganado bovino de carne en México de 1990 al 2002 (SAGARPA, 2003).....	7
2	Producción de carne de ganado bovino de carne en México de 1996 al 2003 (SAGARPA, 2004).....	8
3	Población de ganado bovino de carne en la Comarca Lagunera de 1998 al 2003 (SAGAR, 1999-2000;SAGARPA, 2004).....	9
4	Esquema que muestra la hoja denominada “Inicio” del modelo BOVCARN Versión 1.0 .....	30
5	Modelo cualitativo del sistema de producción bovina en el norte de México .....	39
6	Diagrama de flujo que ilustra los componentes principales del modelo BOVCARN .....	41
7	Dinámica y composición del hato bovino (Grafica superior), parámetros reproductivos (Grafica del centro) y mortalidad (Grafica inferior) a través de cinco años para una explotación con 200 vacas y 100 vaquillas en producción con un 30% de reemplazos para el escenario uno .....	46
8	Dinámica y composición del hato bovino (Grafica superior), parámetros reproductivos (Grafica del centro) y mortalidad (Grafica inferior) a través de cinco años para	



una explotación con 200 vacas y 100 vaquillas en  
producción con un 30% de reemplazos para el escenario  
cuatro .....

## ÍNDICE DE CUADROS

Número	Página
1 Municipios y extensión total en hectáreas que conforman la Comarca Lagunera (SAGARPA, 1998). .....	24
2 Escenarios para evaluar el desempeño del modelo BOVCARN Versión 1.0 así como los valores de parámetros y restricciones utilizados en los datos de entrada para comprobar el funcionamiento del modelo para las condiciones de la Comarca Lagunera en el año 2004 .....	35

## INTRODUCCIÓN

La ganadería de carne en México se ha estancado en los últimos años debido a varios factores entre los que destacan una sequía de 12 años en el norte de México, la introducción de grandes cantidades de carne congelada de los Estados Unidos, falta de apoyos directos a los productores para solventar programas de suplementación debido a la sequía, inmovilidad de los precios en pie pagados al productor, baja productividad en general de las explotaciones bovinas y falta de asesoría técnica especializada en el sector.

Las empresas ganaderas son complejas por naturaleza, debido a la gran cantidad de factores que influyen en su funcionamiento ya que de deben de tomar en cuenta desde la selección de la raza de animal, la alimentación, sanidad, manejo productivo y reproductivo del hato así como la administración.

Parte de la baja productividad ganadera se debe a las insuficiencias alimenticias, provocadas por una escasez de forraje, mala administración, ausencia relativa de inversiones tecnológicas y ausencia de prácticas de manejo más eficientes, desde el punto de vista reproductivo, concentración de pariciones, duración de la lactancia y a la equivocada toma de decisiones por falta de datos e información entre otros.

Una de las alternativas importantes del desarrollo de la tecnología en las explotaciones bovinas lo representa la utilización de modelos de simulación que

permitan llevar a cabo un análisis integral de la eficiencia del sistema de producción de carne en explotaciones bovinas extensivas que le permitan al productor poder predecir el comportamiento de algunos componentes principales del sistema o bien una parte de ellos con el fin de poder realizar con mayor precisión la toma de decisiones y así contribuir al mejoramiento de la eficiencia de dichas explotaciones.

El presente proyecto de investigación tiene como alcance principal el diseñar y describir un modelo de simulación para manejo de hatos bovinos en sistemas extensivos que permita predecir el comportamiento de algunos componentes importantes del sistema que apoyen la toma de decisiones.

## **Objetivos**

El objetivo que se pretende en esta investigación consiste en realizar un diseño y descripción de un modelo de simulación para manejo de hatos bovinos en sistemas extensivos.

### **Objetivos Específicos:**

1. Diseñar y estructurar un modelo de computadora empleando hojas electrónicas y algoritmos del programa Excel de Windows.
2. Diseñar un modelo cualitativo de una explotación bovina de carne extensiva.

3. Obtener datos de parámetros productivos y reproductivos de explotaciones bovinas de carne en el norte de México.
4. Analizar el desempeño de escenarios con el modelo para las condiciones de la Ganadería extensiva del norte de México.

## **Hipótesis**

La hipótesis que se plantea en este trabajo consiste en probar que mediante el uso de modelos de simulación desarrollados en la región, permite el uso de herramientas analíticas que apoyan a los productores a predecir el desempeño y eficiencia de ciertos componentes del sistema que los auxilian en el proceso de la toma de decisiones.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## 3.1 Importancia de los bovinos de carne en México

La ganadería bovina de carne representa una de las principales actividades del sector agropecuario del país, distribuidos en tres grandes sistemas de producción, la región árida y semiárida, región templada y la región tropical, en conjunto aportan el 94% del inventario nacional de ganado bovino, que fluctúa entre los 30 y 32 millones de cabezas.

La apertura comercial en la que se encuentra incluida esta actividad, obliga a todos los sectores que participan en la red a conocer las tendencias que se están dando en el ámbito mundial y por consiguiente a proveerse de la información actualizada acerca de las políticas y estrategias que están siguiendo en otros países dentro de esta actividad (Ruiz, 2000).

La producción de alimentos básicos de origen animal, es una actividad importante dentro de la economía nacional ya que mejora la alimentación de la población y abastece de productos pecuarios a la industria, por esto se debe favorecer su incremento por todos los medios posibles.

El objeto básico de la ganadería lechera es la producción de leche pero en los últimos años se ha visto también la utilidad que tiene crear los reemplazos propios sin tener que importarlos (González, 1993).

Esta situación ocasiona un aumento considerable en la demanda de productos alimenticios. Es de vital importancia buscar métodos para la producción de alimentos y eficientizar los recursos que posee el país para satisfacer las necesidades de la población (Rodríguez, 1995).

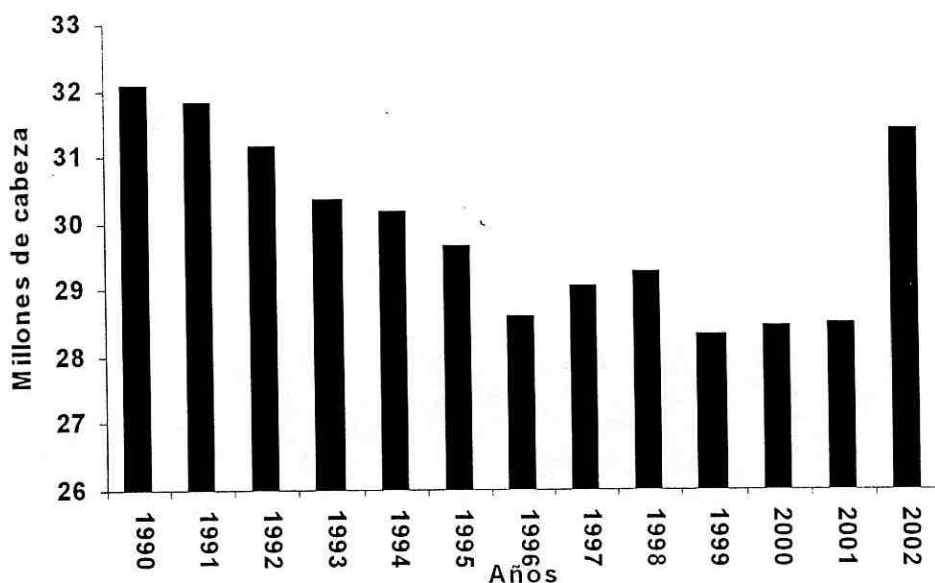
La ganadería bovina para carne tiene su importancia debido a que es una de las principales fuentes de proteína para la alimentación humana, como fuente de trabajo y de ingresos de un gran número de gente que habita las zonas rurales y ganaderas del país.

La información preliminar de la SAGARPA, permite estimar que en el 2003 el volumen de producción de las diferentes especies que componen el sector se incrementó en un 1.3%, con relación al 2002. En esta dinámica, se destaca el mayor ritmo de crecimiento en actividades como la carne de bovino, avicultura de carne, carne de ovino y leche de bovino, cuya producción aumentó en 1.9%, 3.9%, 4.3% y 1.9%, respectivamente. Por su parte, la actividad porcícola, la carne de caprino, el huevo y la miel redujeron sus niveles de producción (Villegas, 2004).

Los inventarios ganaderos de ganado bovino productor de carne en México de 1990 al 2002 se muestran en la gráfica uno, encontrando que la población ganadera se ha estancado en los últimos años principalmente de 1996 al año 2001 ya que no se ha manifestado un crecimiento real conservando una población ganadera de alrededor de los 28.5 millones de cabezas. En la década



de los 90 se tuvo una población de hasta 32 millones siendo el año de 1990 el que mayor número a reportado (SAGARPA, 2003).

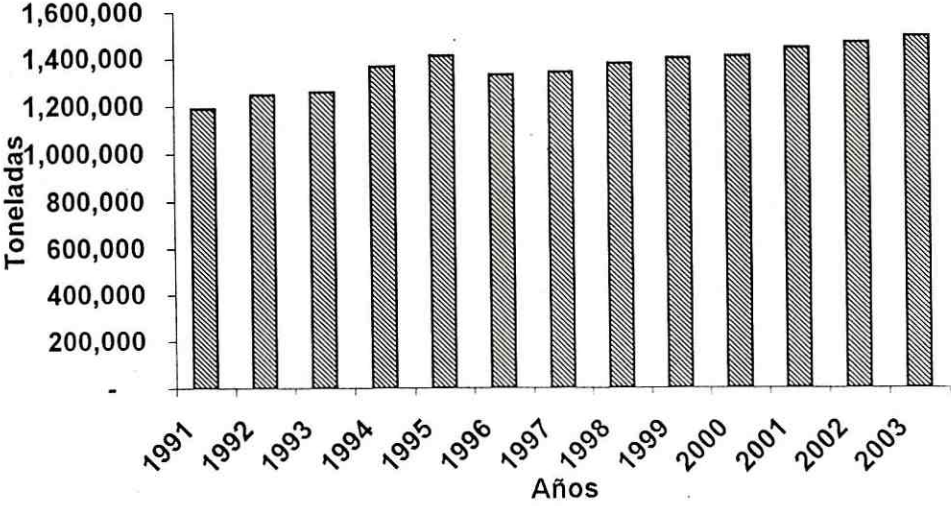


**Figura 1. Población de ganado bovino de carne en México de 1990 al 2002 (SAGARPA, 2003).**

Los estados con mayor población en el año 2001 fueron Veracruz con 4.065 millones de cabezas seguido de Jalisco y Chiapas con 2.340 millones de cabezas, seguido de Michoacán y Oaxaca con aproximadamente 1.6 millones de cabezas. Los estados con menor población son el Distrito Federal, Tlaxcala y Aguascalientes con menos de 50,000 cabezas (SAGARPA, 2002).

Por otro lado la producción de carne de bovino en México reporta incrementos no significativos de 1996 al año 2002 ya que en esos seis años solo se tiene una diferencia en incremento de 138 mil toneladas tal y como se muestra en la figura dos. Los estados con mayor producción de bovino son Jalisco y Veracruz con

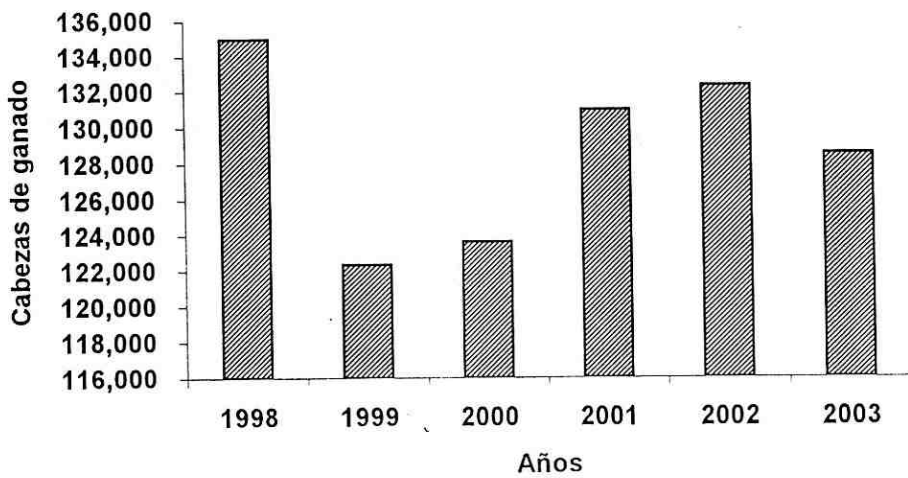
180,438 y 212,444 toneladas de carne para el año 2002. Los estados con menor producción en ese mismo año son el Distrito Federal, Quintana Roo, Morelos con una producción menor a las 5,000 toneladas (SAGARPA, 2003).



**Figura 2. Producción de carne de ganado bovino de carne en México de 1996 al 2003 (SAGARPA, 2004).**

### 3.2 La ganadería de carne en la Comarca Lagunera

En la Comarca Lagunera en los últimos años se han presentado variaciones en los inventarios de ganado bovino de carne encontrando una mayor población en el año 2002, seguido del año 2001, teniendo una disminución de casi 4,000 cabezas del 2002 al 2003 tal y como se muestra en la figura 3 (SAGARPA, 2004).



**Figura 3. Población de ganado bovino de carne en la Comarca Lagunera de 1998 al 2003 (SAGAR, 1999-2000;SAGARPA, 2004).**

Existen algunos factores que influyen directamente sobre la producción de la ganadería extensiva en el norte de México, siendo uno de ellos la presencia casi permanente de la escasez de lluvias que no permiten la recuperación de los pastizales, por lo que el peso de los becerros destetados y novillos es muy ligero por lo que los productores malbaratan sus animales y tienden a vender también parte de sus vacas vientres al no encontrar agua y pasto suficiente (SAGARPA, 2003).

### 3.3 El concepto de sistemas

El origen de los modelos de simulación puede ser relegado al arribo de las computadoras al inicio de los años 1960s y al rápido crecimiento en la década pasada ha sido estimulada por la facilidad de las computadoras personales.

Un enfoque de sistemas puede considerarse como una metodología integral utilizada para obtener conocimientos nuevos o adoptar los que ya se conocen, con la finalidad de obtener una descripción clara de los sistemas de producción (Navarro 1980).

Ruiz (1987) define a un sistema de producción como una combinación de factores que actúan como un todo y que interactúan entre si para obtener consistentemente uno o mas productos viables y armónicos con la sociedad y el ambiente.

El problema para el investigador que desea participar en unidades de producción, en donde la tecnología es considerada con valor de cambio, ha tenido poca penetración, por lo que se requiere de un cambio en los procedimientos tradicionales de investigación. Este cambio implica la generación de tecnología como valor de uso, lo cual debe estar basada según Galván (1987) en :

- a) El conocimiento del hacer (proceso productivo) de los productores objetivo.
- b) El conocimiento de los propósitos de los productores al realizar su actividad productiva.
- c) El conocimiento de la ineficiencia de los procesos productivos utilizados por los productores.
- d) El conocimiento de los recursos con que disponen los productores.

En la medida de la capacidad de cambiar la actitud ante la realidad de los productores y se obtengan los conocimientos básicos mencionados, se estará en condiciones de participar en la solución de la problemática y aumentar la producción en las unidades de producción de autosuficiencia; sin causar, con las soluciones aplicadas, un problema mayor al que se está tratando de resolver, afectar la cultura comunitaria y sobre todo sin menospreciar la capacidad de los productores para participar en la solución de sus propios problemas (Hewitt, 1982 y Galván 1978).

Por lo anterior, el insistir en una investigación con enfoque disciplinario y reduccionista, siempre involucra un grado de riesgo de que el investigador pierda el contacto con la realidad. Así que es importante reconocer que ninguna parte de una explotación pecuaria es totalmente independiente de las demás (Galván, 1987 y Aluja, 1986) ya que adicionalmente los aspectos biológicos, sociales, ambientales, físicos y hasta políticos, todos estos influyen en la orientación, la manera, la eficiencia y los objetivos de cualquier sistema de producción.

El interés de los modelos basados matemáticamente o modelos formales han sido desarrollados rápidamente en las pasadas tres décadas debido al incremento en la velocidad y tamaño de la memoria de las computadoras modernas (Wen et al., 1998).

Un modelo puede ser definido como un esquema cuantitativo para predecir el crecimiento, desarrollo y rendimiento de una especie u organismo, a partir de un

set de coeficientes genéticos dados y de la integración de variables ambientales relevantes (Monteith, 1996). Existen distintos tipos de modelos y convencionalmente se distinguen entre los modelos dos tipos; los mecanísticos y los empíricos. En los primeros todos los procesos cuantificados tienen una base física o fisiológica y en los segundos consisten de funciones que son escogidas arbitrariamente, para ajustar las mediciones provenientes del campo o del laboratorio.

En la práctica sin embargo, la mayoría de los modelos representan un compromiso entre la rigidez y la utilidad. Al final del espectro están los modelos basados casi exclusivamente de principios largamente establecidos y robustos derivados de la física y la química. El trabajo desarrollado por Thornley y Jonson (1990) contienen muchos ejemplos de este género. Los modelos de simulación están compuestos por docenas, aun cientos de algoritmos, en donde cada uno contiene un set de constantes empíricamente determinantes.

Simular significa evaluar falsamente la apariencia de algo, mientras que simulación se define como la acción o práctica de simular con el intento de engañar. Una de las mayores y la variable más usual es asumir que tales constantes puede ser transferidas de un sitio a otro, de estación a estación, y algunas veces aun de especies a especies.

Modelos de simulación son aquellos que pueden ser identificados por una rutina de operaciones aritméticas, distribuidas en un gran número de ecuaciones, las

cuales son resueltas interactivamente con computadoras (Valencia, 1993). La simulación abarca dos operaciones o procesos, el primero es la síntesis de un modelo y el segundo consiste en un examen del comportamiento del modelo.

### **3.3.1 Pasos en la elaboración de modelos**

A continuación de acuerdo con Hart (1998), se muestra en resumen los pasos que siguen para elaborar un modelo de un sistema.

- 1).-Colección de información
- 2).-Definición del uso esperado
- 3).-Identificación de componentes, límites, entradas y salidas
- 4).-Elaboración de un diagrama cualitativo
- 5).-Elaboración de un diagrama cuantitativo
- 6).-Descripción matemática
- 7).-Simulación del modelo
- 8).-Validación y modificación del modelo

De acuerdo a una revisión realizada por Valencia (1993) él menciona los pasos o etapas en la elaboración de un modelo de acuerdo a varios autores siendo estas etapas las siguientes:

- 1).-Especificación del problema y objetivos
- 2).-Aprendiendo acerca del problema
- 3).-Formulación del modelo inicial del sistema
- 4).-Colección de datos

- 5).-Especificación detallada del modelo
- 6).-Programación para operar en computadora
- 7).-Validación del modelo
- 8).-Experimentación
- 9).-Análisis de datos

### **3.4 Uso de modelos en sistemas de producción ganadera**

Actualmente muchas explotaciones agropecuarias han incluido dentro de sus procesos mecanismos automatizados y apoyados en sistemas. La planeación y el manejo de la producción de forrajes y leche es un proceso muy complicado por la gran cantidad de factores que influyen en una buena o mala producción debido a las variables ambientales, incertidumbre en los mercados lo que a forzado a los productores a tomar decisiones sin un análisis formal.

El manejo y control de actividades consisten en un ciclo de toma de decisiones, implementación y evaluación de las mismas. Las actividades han sido clasificadas de acuerdo al nivel ya sea estratégico, táctico, operacional o regulador o bien a nivel esfera o sub-modelo de producción como el mejoramiento genético, la sanidad, nutrición, el medio ambiente. Todas estas actividades pueden ser funcionales ya sea por decisiones humanas o bien por sistemas automatizados que son localizados dentro o fuera de la explotación.



Una gran cantidad de información intercambiable existe entre estas actividades de manejo y control y entre el manejo y control de los distintos sistemas y entre los agentes externos e internos físicos de la explotación. La interdependencia entre las decisiones a distintos niveles y esferas requieren del apoyo de sistemas de manejo y control computarizados que son integrales y que soportan el intercambio de información.

Otros investigadores diseñaron un modelo económico para soporte de la toma de decisiones para prevenir la introducción de enfermedades infecciosas en explotaciones ganaderas de leche. En este modelo se presentan adaptaciones de manejo requeridas en las diferentes partes de la explotación con el objetivo de incrementar la eficiencia y por ende las utilidades de la explotación (Schaik et al., 2001).

Kerr et al. (1999) diseñaron un sistema de soporte de decisiones para planeación estratégica denominado Dairypro, en el cual combina en dos módulos el sistema experto y el soporte de la toma de decisiones.

Los mismos autores validaron el Dairypro encontrando en un panel de expertos que la evaluación del desempeño del modelo fue exitoso en reproducir el sistema real de acuerdo a los algoritmos y reglas que formaron el modelo siendo una herramienta capaz de identificar problemas y tomar decisiones en la planeación estratégica (Kerr et al., 1999).

### 3.5 Uso de modelos de simulación en el ganado bovino de carne

El uso del enfoque de sistemas en explotaciones bovinas de carne permite definir cómo se hacen las cosas, organizar las tareas que constituyen un proceso y sobre todo predecir los resultados futuros (Fuhrmann, 1999).

Kilpatrick y Steen, (1999) diseñaron un modelo para predecir el crecimiento y composición de la canal en ganado de carne, flexible ya que abarca un amplio rango de razas y tipos de alimento desde ensilajes hasta suplementos.

Otros autores han implementado modelos económicos en el área de control de la salud animal utilizando técnicas de optimización y programación dinámica para demostrar los beneficios netos del control de la sanidad en ganado cebú (Hall et al., 1998).

Mourits et al. (1999) desarrollaron un modelo de manejo de decisiones para obtener la optimización económica con una amplia variedad de variables a considerar entre las que se tienen vaquillas destetadas, diferencias en edades, diferencias en estación del año, peso del animal, estado reproductivo y nivel de crecimiento prepubertad, siendo una herramienta que integra aspectos biológicos en el plano nutricional y en el plano reproductivo.

Mattos et al. (2000) utilizaron modelos para evaluar los aumentos de peso en ganado Hereford en tres países para determinar la varianza genotípica y fenotípica

de poblaciones de esa raza en Canadá, Estados Unidos y Uruguay, utilizando largos sets de datos de la Asociación Americana de Hereford (AHA) por sus siglas en inglés American Hereford Association de hasta 2 millones de datos de archivos de esa asociación.

Los modelos de sistemas expertos son otra alternativa que sean desarrollado en los sistemas de soporte de decisiones los cuales auxilian a los productores a manejar sus explotaciones mas eficientemente, con el objeto de precisar de manera entendible y clara cada una de las funciones de su explotación con lo que se contribuye a incrementar las utilidades, de ahí la importancia crucial de construir este tipo de herramientas y modelos (Girard y Hubert, 1999).

Los cambios relacionados con nuevos enfoques en el manejo integral de explotaciones bovinas y su influencia en la toma de decisiones, así como la integración de los principales componentes de la explotación, el estudio de las interacciones entre los componentes y su impacto ambiental han hecho que los sistemas de las explotaciones sean más eficientes dadas las condiciones del mercado (Rotz *et al.*, 1999).

La mayoría de los modelos son usados para planear la producción de las explotaciones que pueden ayudar en la toma de decisiones para seleccionar una mezcla de actividades apropiadas de acuerdo a sus condiciones muy particulares (Amir *et al.*, 1991).

Se han desarrollado diversos modelos y aplicaciones en las distintas áreas de la producción animal así por ejemplo Rump et al., (2002) utilizaron modelos de simulación para comparar la estimación de los parámetros genéticos en bovinos de carne al alcanzar su peso a la madurez, encontrando que a través del uso de modelos se puede seleccionar con mayor precisión a las hembras que serán utilizadas como reproductoras, además de que el peso a la madurez es una característica altamente heredable que puede ser incluido en los programas de selección.

Los principales objetivos en los modelos de simulación aplicados en la agricultura y ganadería han sido corroborados por muchos investigadores, por ejemplo: lograr hacer un eficiente uso de los recursos de una explotación (Herrero et al., 1999) , asistir a asesores productores e investigadores para mejorar las estrategias de manejo (McPhee, 1996), auxiliar a agencias de manejo, planificadores agropecuarios en la evaluación de estrategias para mejorar la producción (Chawatama et al., 2000) .

Otros investigadores han utilizado los modelos para hacer mas obvias las estrategias de manejo para los productores (Gerdien et al., 2001) predecir la productividad y la necesidad de alimentos en el futuro (Freer et al., 1996), encontrar la combinación óptima de recursos y tecnología para maximizar la ganancia de los productores (Castelán-Ortega et al., Artículo en prensa) analizar las consecuencias económicas del uso de tecnologías alternativas y estrategias de manejo (Finlayson et al., 1995) , para adquirir información de un sistema que esta

siendo analizado (Cacho et al., 1995), para optimizar los ingresos netos (Salinas et al., 1998) y para prevenir problemas de impacto ambiental (Gross, 2001).

Como para toda actividad de modelado, el más eficiente modo de proceder depende de la naturaleza de los sistemas bajo estudio y las preguntas precisas que deberán de ser abordadas y/o contestadas (Thornton and Herrero, 2001).

### **3.6 Componentes del sistema de producción**

Dentro de los principales componentes que se deben considerar en la empresa ganadera son : la alimentación y suplementación, reproducción, sanidad, manejo y administración.

El alimento representa el factor de mayor costo en la producción de carne, por lo que es importante que este se utilice en cantidades y épocas adecuadas ya sea en forma de forraje o alimentos preparados (suplementos), por lo que es importante que el ganadero tenga conocimientos fundamentales en la relación a los alimentos y a la utilización por parte de los animales ya que esto puede resultar en una alimentación inadecuada que aumenta los costos de producción y por ende disminución de la eficiencia (Williams, 1979).

El efecto de una suplementación adecuada se ve reflejada en la edad a la pubertad y subsiguiente edad al primer parto, que tiene una influencia sobre el ciclo de vida de producción en vacas de ganado de carne, razón por la cual es

importante conocer y evaluar la influencia de la nutrición en las vaquillas (Grings et. al., 1999).

Otro de los componentes lo representa el mejoramiento genético y el mayor porcentaje de fertilidad de los hatos de ganado de carne, representa para los ganaderos una mayor oportunidad de lograr las ventajas como exportadores, ya que este mercado absorbe totalmente la producción en una sola época del año, precisamente en el momento de la cosecha de los agostaderos.(Mattos et al, 2000) .

Otros de los componentes del sistema lo representa la reproducción la cual es de suma importancia ya que es la materia básica de la producción de crías y por ende de la cosecha de becerros. La influencia del toro sobre la eficiencia reproductiva del hato es uno de los factores mas importante de la producción de carne (Ruttle et el., 1983)

Se hace necesario para incrementar la eficiencia reproductiva del hato realizar una evaluación de la capacidad reproductiva del toro, además es de suma importancia seleccionar las vacas y vaquillas que formaran parte de la próxima generación que ira al empadre (Lizarraga y Navarro, 1984). Un buen administrador de un rancho debe evaluar varias alternativas de manejo y ajustar el programa de acción basado en la situación especifica de cada hato. En decisiones como la carga animal, fertilización, alimentación suplementaria, agrupamiento del ganado, control de parásitos y diagnósticos de problemas se puede usar la CCC (calificación de

condición corporal), como fuente de información útil acerca del estado general nutricional del hato y de vacas en particular dentro del hato (Kunkle et al., 1997).

La profilaxis y el manejo adecuado van a la par en cualquier explotación ganadera. Cuando vemos una explotación limpia y prospera, con el equipo bien cuidado y el ganado en magnificas condiciones, sabemos de antemano que en esa explotación los potreros están limpios y drenados y que las condiciones sanitarias son magnificas. Las condiciones sanitarias de los alrededores y del equipo requieren un poco mas de trabajo, pero den buenos dividendos pues reducen al mínimo las perdidas por enfermedad o muerte (Williams, 1979).

Dentro de la producción de ganado de carne, uno de los fines fundamentales es la obtención de crías de las vacas que durante una temporada en el agostadero estarán libres en los potreros para que sean servidas por los sementales. El único y principal propósito es que el animal quede gestante, para que al final se obtengan crías y estas se puedan vender para exportación o mandarse a corrales de engorda para el abasto de carne o en su caso dejar hembras para reposición del hato.

### **3.7 Análisis económico de la producción de carne bovina**

La producción de carne en pastoreo es una actividad que puede ser rentable, competitiva con el mercado exterior y genera un producto compatible con la

demanda nacional y la salud humana por su menor contenido de grasa que la carne proveniente de ganado alimentado con concentrados (Huerta, 1998).

Para hacer mas redituable la empresa ganadera tanto los costos como los ingresos deberán ser estimados durante el ciclo de producción, incluyendo todos los costos variables y fijos así como los de oportunidad. El tipo de información que el productor requiere deberá ser aquella que tiene influencia significativa sobre los costos y utilidades que afectan la eficiencia de la explotación. Dentro de esta información se incluyen las tasas y practicas de producción que influyen en la eficiencia (Allen et al. 1998).

La eficiencia del ciclo de vida del hato de un sistema de producción de carne en términos de la utilidad neta del hato y de los insumos raramente a sido investigado científicamente. La mayoría de los estudios se concentran en la eficiencia de conversión individual, sin considerar los costos de salidas directas de un amplio espectro de la explotación ganadera. Cuando se evalúa los tratamientos individualmente como por ejemplo unidad de producción, las interacciones entre animales en el hato son ignoradas y muchas veces es la resultante que existan utilidades o no (Naazie et. al., 1999).

La experimentación convencional para evaluar la eficiencia basada en el hato es actualmente cara y prohibitiva. Los modelos por computadora proporcionan una alternativa practica para evaluar el sistema total, el cual permite realizar estudios de simulación para los diferentes sistemas de producción vaca-becerro, obtener la



eficiencia productiva y reproductiva del hato, determinar el punto óptimo de mercado de becerros, obtener la tasa interna de retorno (T.I.R.), cantidad de alimento utilizado en la suplementación, ganancia de peso, entre otros. (Naazie, et al 1999).

Para conocer la rentabilidad de las explotaciones ganaderas se tiene el uso de modelos, los cuales derivan de las características productivas de las empresas ganaderas, que se dedican a la producción de crías tipo comercial para la exportación y el abasto, permiten conocer los conceptos de inversión que diferencian los modelos son la adquisición de ganado y el establecimiento de la infraestructura, que se refiere básicamente a aguajes y bebederos (construcciones) y compra de equipo (cercos eléctricos). Escasean modelos comunes en la ganadería de carne de las regiones árida y semiárida, con lo que se pretende en el presente proyecto incorporar un modelo determinístico para ejemplificar el beneficio de los modelos holísticos sobre el modelo tradicional que actualmente practican los ganaderos (Avalos, et al., 1996).

Los costos de producción y la estimación de los volúmenes de producción deben obligatoriamente incluir la maquinaria y el equipo utilizado en el proceso ya que estos deberán ser reemplazados a través del tiempo y por lo tanto esos gastos deberán ser incluidos dentro de los costos y dentro de la estimación de la utilidad como un reflejo de los costos de producción a largo plazo (Allen et al., 1998).

## MATERIALES Y MÉTODOS

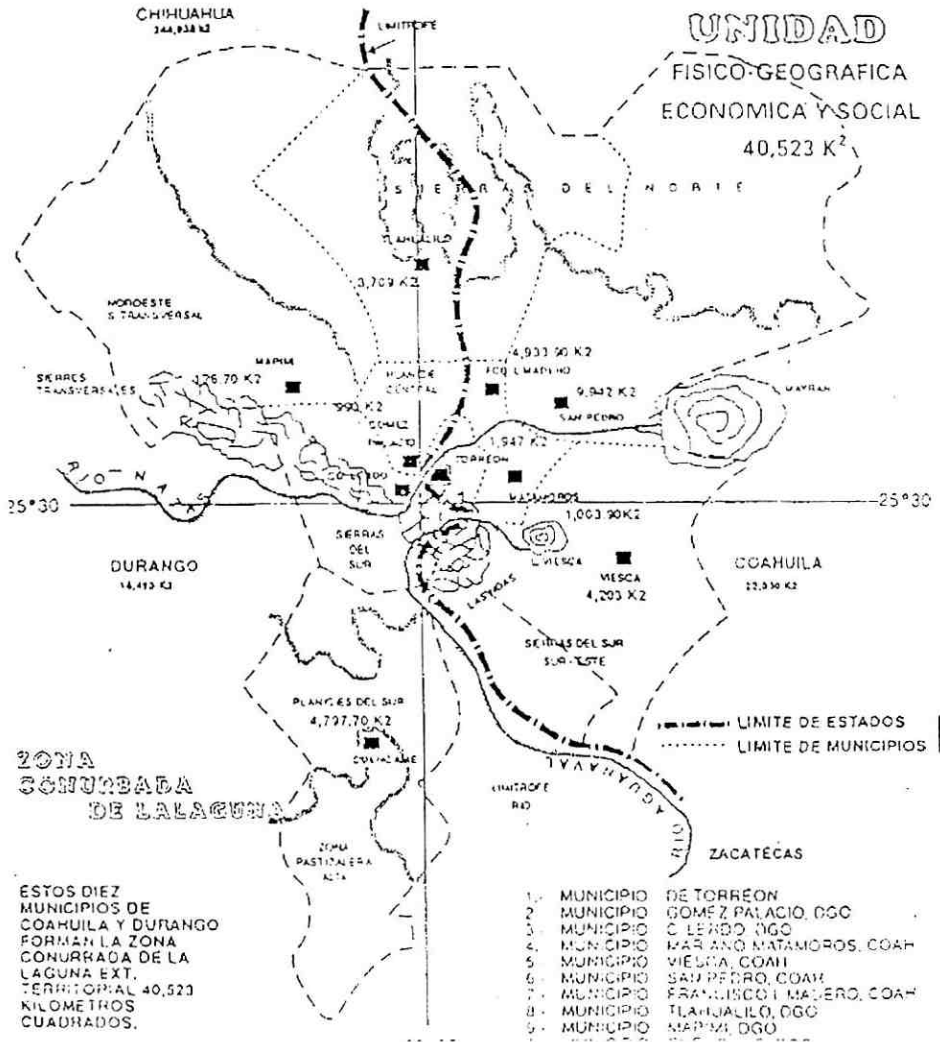
### 4.1 Características de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' Wd G longitud oeste y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 metros. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las áreas urbanas.(SAGARPA, 1998). Mapa 1.

La superficie y división política de los municipios que conforman la región lagunera se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Municipios y extensión total en hectáreas que conforman la Comarca Lagunera (SAGARPA, 1998).**

Municipios	Extensión total en hectáreas
Lerdo	186,880
Gómez Palacio	99,000
Mapimi	712,670
Nazas	241,280
Rodeo	185,490
Tlahualilo	370,980
Simon Bolívar	299,800
Sn. Juan de Guadalupe	234,310
Sn Luis del Cordero	54,390
San Pedro del Gallo	200,830
Matamoros	100,370
San Pedro	994,240
Torreón	194,770
Fco. I. Madero	493,390
Viesca	420,350
Total región lagunera	4,788,750



Mapa 1. Mapa de la Comarca Lagunera y su localización a nivel nacional, así como la distribución de los distintos municipios que la conforman en los estados de Coahuila y Durango.

### 4.1.1 Suelos

Los suelos de la región, de acuerdo con su formación se pueden dividir en tres grupos :

- A) Suelos aluviales recientes, de perfil ligeros cuyas texturas varían de migajon arenoso a arenas. En una superficie aproximada de 75,000 has., estos suelos corresponden a las clases 1º ,2º y 3º .
- B) Suelos correspondientes a ultimas disposiciones, arcilloso en su mayor parte y con mal drenaje. Cubren una superficie aproximada de 100,00 has.
- C) Suelos de características intermedias, entre los dos citados anteriormente, es decir, que su perfil es variable, entre arcillosos y migajon arenoso ; abarcan una superficie de 192,000 has. Estos suelos ocupan la parte central del área cultivada y por sus características fisicoquímicas se localizan los cultivos mas importantes. Son ricos en fósforo, potasio, magnesio, calcio pero pobres en nitrógeno, la materia orgánica se encuentra en bajas proporciones, sobre todo en terrenos cultivados. Están considerados de 1º clase para fines de riego.

### 4.1.2 Topografía

La topografía de la región lagunera es en términos generales es plana y de pendientes suaves, que varían de 0.20 a 1.0 metros por kilómetro, generalmente hacia el norte y noreste.

En la región lagunera se encuentra el distrito de Riego No. 17 así como los Distritos de Desarrollo Rural Laguna-Durango, Laguna-Coahuila de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

#### **4.2 Localización**

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna localizada en carretera Santa Fe y Periférico en la Cd. de Torreón, Coahuila y en explotaciones bovinas de sistemas extensivos de la región del estado de Durango de la Comarca Lagunera representativas de ese sistema, a través de visitas formales con los técnicos encargados de las explotaciones.

#### **4.3 Duración del estudio.**

El estudio tuvo una duración aproximada de ocho meses iniciándose con la elaboración y estructuración del proyecto el mes de octubre de 2003 y la realización del trabajo de campo a partir de enero de 2004 para concluir el mes de junio del mismo año.

#### **4.4 Materiales.**

Para la realización del presente proyecto se utilizó el siguiente material:

- a) Estudios sobre las actividades de ganado bovino de carne de la región.
- b) Informes de investigación y literatura de los aspectos del proyecto.
- c) Vehículo para visita a ranchos ganaderos.
- d) Material de oficina.
- e) Material de cómputo.
- f) Bases de datos de la SAGARPA y F.I.R.A.,
- g) Combustible y lubricantes para recorridos de campo.
- h) Explotaciones bovinas de carne en sistemas extensivos en el estado de Durango y en la región con registros de parámetros que permitieron tomar valores y datos necesarios para la alimentación del modelo.

## **4.5 Métodos**

### **4.5.1 Características del modelo**

El modelo se diseñó empleando hojas de cálculo de Excel para crear una matriz de entrada o de inicio y una de salida que permitiera analizar distintos escenarios para evaluar el desempeño del modelo.

Se realizaron visitas directamente en las explotaciones ganaderas de carne de los productores con el fin de recabar información real de la región sobre el sistema de producción de carne extensiva y sobre todo la obtención de valores de parámetros tanto productivos como reproductivos y económicos que fueron necesarios para alimentar el modelo.

El modelo consta de ocho componentes integrando en cada uno de ellos la información siguiente: datos de entrada, parámetros productivos, parámetros reproductivos, composición del hato, mortalidad, desechos o ventas, mejoramiento genético, alimentación y suplementación de minerales así como la proyección a cinco años en forma mensual.

El modelo es simple y considera solo los componentes y relaciones de interés para conocer el funcionamiento de la empresa ganadera extensiva de carne. El modelo requiere en la matriz de "datos de entrada" información de las características de las explotaciones bovinas como: número de vacas multíparas, vaquillas, becerras y becerros, sementales, número de cabezas de ganado, total de unidades animal (UA), suplementación alimenticia y mineral. Parámetros reproductivos como son: porcentaje de concepciones, abortos, nacencias y destete. Precios de venta de animales desechos, pie de cría, peso en pie del becerro destetado.

El modelo denominado BOVCARN Versión 1.0 principia con una hoja que se denomina "Inicio" (INI) en la cual se muestra los distintos componentes del modelo anteriormente descritos (Figura 4). En esta hoja el usuario del modelo puede seleccionar el área de interés que requiera simular.

# MODELO DE PRODUCTIVIDAD BOVINA

BOVCARN VER 1.0

DATOS DE ENTRADA

MEJORAMIENTO GENETICO

EFICIENCIA REPRODUCTIVA

RACIONES ALIMENTICIAS Y GANANCIA DE PESO

ADMINISTRACION DE LA EMPRESA

PROYECCION DEL HATO

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-------	-------	-------	-------	-------

MATRIZ DE SALIDA - DATOS DE LA EXPLOTACIÓN

Figura 4. Esquema que muestra la hoja denominada "Inicio" del modelo BOVCARN Versión 1.0

En una hoja de calculo denominada "Datos de entrada" (DE) se introdujeron los valores de parámetros que están entrelazados con las ecuaciones estructuradas en el presente modelo y se introdujeron todos los datos necesarios para obtener la simulación de los distintos escenarios. En esta hoja el operador del modelo puede modificar los valores de entrada según los datos disponibles de su explotación o utilizar valores deseados (ideales) para poder predecir el funcionamiento de la explotación.



Se diseñó un modelo cualitativo del sistema de producción extensiva de ganado de carne, identificando en él los principales componentes que lo conforman y las principales fases dentro del mismo. Posteriormente se realizaron los enlaces y ecuaciones matemáticas en cada uno de los componentes para poder cuantificar y utilizando los algoritmos de la hoja de calculo de Excel los valores de interés en la matriz de salida.

En la hoja denominada “Mejoramiento genético” (MG) se diseñaron las ecuaciones matemáticas para poder obtener el mejoramiento genético para un set determinado de parámetros entre los que se tienen: Peso al nacer, peso al destete, peso al año, producción láctea de la madre, utilizando las siguientes dos ecuaciones.

$$V.G.E = \bar{X} \text{ hato} + [(h^2)(XF1 - X\text{hato})] \text{ para una sola cría}$$

$$V.G.E = \bar{X} \text{ hato} + \left[ \frac{nh^2(XF1 - X\text{hato})}{1 + (n - 1)I.C.} \right] \text{ para más de dos crías}$$

Donde: N = Número de crías y I.C. = Índice de Constancia

En la hoja denominada “Eficiencia reproductiva” (ER) se puede obtener los valores de los distintos parámetros reproductivos de la explotación como son % de concepciones (% de preñez), % de abortos, % de nacencias, % de mortalidad de crías y % de destete, en base a los valores utilizados por operador del modelo en los datos de entrada para los distintos animales.

En la hoja denominada "Req.Aliment" (RA) el operador del modelo puede estimar una ración alimenticia para conocer el incremento de peso por día de los animales en base a las siguientes restricciones: peso del animal, días de la engorda y la ración utilizada, la cual permite conocer la energía neta para mantenimiento y para ganancia de peso en megacalorías (Mcal) por kilogramo de materia seca. En esta hoja también es posible obtener las necesidades de suplementación de minerales para calcio (Ca) y fósforo (P). El modelo requiere de valores como el peso del animal (pa) , el porcentaje de consumo (% PV) y el porcentaje de fósforo del suplemento a utilizar.

Es necesario conocer la energía neta para mantenimiento (*Enmant*) y ganancia de peso (*Engp*) de los ingredientes a utilizar en la formulación de la ración, los cuales pueden ser obtenidos de las tablas del NRC(1996) para ganado de carne.

La ultima hoja del modelo se denomina "Proyección" (PRY) en la cual se concentran los datos de los distintos componentes del modelo de producción bovina en cinco años los cuales incluyen los siguientes:

- Composición del hato (CH): en este componente se incluyen el numero de animales de los distintos estados fisiológicos como son vacas, vaquillas, becerras, becerros y sementales, a lo largo de cinco años en que se simula la proyección.
- Compra de animales (CA): en este componente se plasman las cantidades de animales que se compran ya sea al inicio o a través de los cinco años; se incluyen compras de vaquillas, vacas y sementales.

- Porcentaje de mortalidad (%M): aquí se valora la mortalidad de los distintos tipos de animales de la explotación desde crías hasta vacas y sementales. Los valores para este parámetro pueden ser obtenidos de los registros de la explotación o bien pueden ser modificados por el operador del modelo.
- Porcentaje de desechos (%D): aquí se valora los desechos de los distintos tipos de animales de la explotación desde crías hasta vacas y sementales. Los valores para este parámetro pueden ser obtenidos de los registros de la explotación o bien pueden ser modificados por el operador del modelo.
- Reproducción (R): en este componente se incluyen los valores de todos los factores que influyen sobre la eficiencia reproductiva, obtenidos de la hoja denominada "reproducción" cuyas ecuaciones matemáticas han sido descritas anteriormente. Los resultados de este componente están entrelazados en la producción a cinco años y en la matriz de salida se pueden obtener las eficiencias para cada año.
- Datos de producción (DP): aquí se incluyen los valores de los parámetros productivos como son; carga animal (CA), peso de los distintos tipos de animales, ganancia de peso por día (GP/día), peso al destete y relación hembras-macho. En este componente también se incluyen los porcentajes de reemplazo tanto de vaquillas como de toretes para venta de pie de cría.
- Suplementación (SPL): Aquí se incluye la suplementación alimenticia de todos los animales como son vacas, vaquillas, becerros, becerras,

sementales a través del año, se incluyen solamente ingredientes que son comunes en el norte de México y que son utilizados como suplemento.

#### **4.5.2 Desempeño del modelo**

Para evaluar el funcionamiento del modelo se realizaron escenarios con los valores de parámetros distintos en parámetros reproductivos, desechos y mortalidad (Cuadro 2), algunos de los elementos de los componentes del modelo son: valores de parámetros reproductivos como % de concepciones, % de abortos, % de nacencias, % de destete, con el objeto de alimentar los datos de entrada en el modelo para diferentes escenarios y obtener en cada uno de ellos composición del hato, datos reproductivos (animales preñados, número de abortos, número de nacencias, crias muertas y animales destetados) venta de distintos animales incluyendo vaquillas y toretes de pie de cria y la mortalidad de los distintos animales en forma anual en una proyección en cinco años.

**Cuadro 2. Escenarios para evaluar el desempeño del modelo BOVCARN Versión 1.0 así como los valores de parámetros y restricciones utilizados en los datos de entrada para comprobar el funcionamiento del modelo para las condiciones de la Comarca Lagunera en el año 2004.**

Parámetros utilizados	RANCHOS				
	1	2	3	4	5
<b>ANIMALES TOTALES:</b>					
Número de vaquillas en producción	100	100	100	100	100
Número de vacas en producción	200	200	200	200	200
Número de sementales	10	10	10	10	10
Relación hembras/macho	25	25	25	25	25
<b>Parámetros reproductivos</b>					
% de fertilidad	90	85	85	80	90
% de abortos	5	5	5	8	5
% de pariciones	85	80	80	72	85
% de destete	80	70	65	65	80
<b>Desechos (%)</b>					
Becerras	20	20	20	20	40
Beceros	90	90	90	90	95
Vaquillas	10	10	10	10	30
Vaquillas de reemplazo	40	30	30	30	40
Vacas	15	15	15	15	20
Sementales	20	20	20	20	20
<b>Mortalidad (%)</b>					
Becerras	5	10	15	5	5
Beceros	5	10	15	5	5
Vaquillas	5	10	10	5	5
Vaquillas de reemplazo	5	10	10	5	5
Vacas	5	10	10	5	5
Sementales	2	2	4	2	2
<b>Datos de producción:</b>					
Aumento de peso (gr/día)	210	210	210	210	210
Edad al destete	180	180	180	180	180
Peso al destete	275	275	275	275	275
Peso de las vaquillas	450	450	450	450	450
Peso de vacas	800	800	800	800	800
Peso de sementales					
<b>Venta de productos (\$)</b>					
Venta de becerros Kg/pie (\$)	25	25	25	25	25
Venta de becerras Kg/pie (\$)	25	25	25	25	25
Venta de vaquillas pío de cría (\$)	5500	5500	5500	5500	5500
Venta de toretes de pío de cría (\$)	20000	20000	20000	20000	20000
Venta de animales de desecho (\$)	25	25	25	25	25

Fuente: Explotaciones bovinas de carne extensivas de la región (Unión ganadera de Durango, 2004).

Los valores empleados en los escenarios fueron obtenidos de explotaciones bovinas extensivas de la región de Ceballos, Dgo. y de la Unión Ganadera Regional de la Comarca Lagunera y se mantuvieron estables, sólo se realizaron cambios en los parámetros de mayor peso o influencia.

Una vez que el modelo en sus salidas mostró un comportamiento razonable desde el punto de vista de los parámetros de interés zootécnico como fueron la composición del hato, la producción de becerros, parámetros reproductivos, mortalidad y desechos.

#### **4.5.3 Límites y restricciones del modelo**

1.- Para la evaluación y verificación del modelo BOVCARN Ver. 1.0 se utilizaron cinco escenarios para saber si el modelo funcionaba adecuadamente y observar si se obtienen resultados razonables en las salidas (Output) .

2.- En esta particular etapa ó fase del modelo se compararon las salidas para solamente tres componentes que fueron de interés: el desarrollo y dinámica de la composición del hato, venta de becerros y becerras, venta de reemplazos, de la explotación.

3.- El desarrollo del modelo permite conocer otros componentes de interés como son: los kilogramos de suplemento y alimentos requeridos para cada etapa de los

distintos animales, en forma mensual y anual, desechos, mortalidad, ventas de animales en las diversas etapas, entre otros.

4.- El modelo fue desarrollado para predecir el comportamiento de una explotación bovina de carne en sistemas extensivos para un periodo de cinco años, y se diseño en forma horizontal (mensual) en cada año.

5.- La restricción del modelo es el número máximo de animales que se pueden mantener en la explotación obtenido de la superficie y de la capacidad de carga (ha/UAA) la cual es colocada por el operador del modelo en la columna (b) respectiva de parámetros, sin embargo se pretende incluir en el futuro restricciones tanto económicas como productivas y de disponibilidad de alimentos en un modelo de programación lineal a través de los algoritmos del Solver del Excel.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Descripción del modelo cualitativo

En la figura cinco se presenta una representación de un modelo cualitativo del sistema de producción de bovinos de carne en condiciones extensivas de la Comarca Lagunera. El modelo para dicho diagrama se denominó BOVCARN Versión 1.0; el cual fue desarrollado en una serie de hojas de cálculo del programa Excel. Para la elaboración del modelo se requirió de la integración de un grupo de componentes en el cual se integraron sólo los de interés y que se consideraron más importantes y que influyen directamente sobre el desempeño del sistema extensivo de producción bovina de carne como son: composición del hato bovino, compras de ganado, desechos y ventas, mortalidad en sus distintas etapas fisiológicas, datos de producción, suplementación por etapas, parámetros reproductivos.

### 5.2 Descripción de los componentes del modelo

Dentro de los principales componentes del modelo "BOVCARN Versión 1.0 se incluyeron: composición del hato bovino a través de cinco años de proyección, compras de ganado, desechos y ventas, mortalidad en sus distintas etapas fisiológicas, datos de producción, suplementación por etapas y parámetros reproductivos.



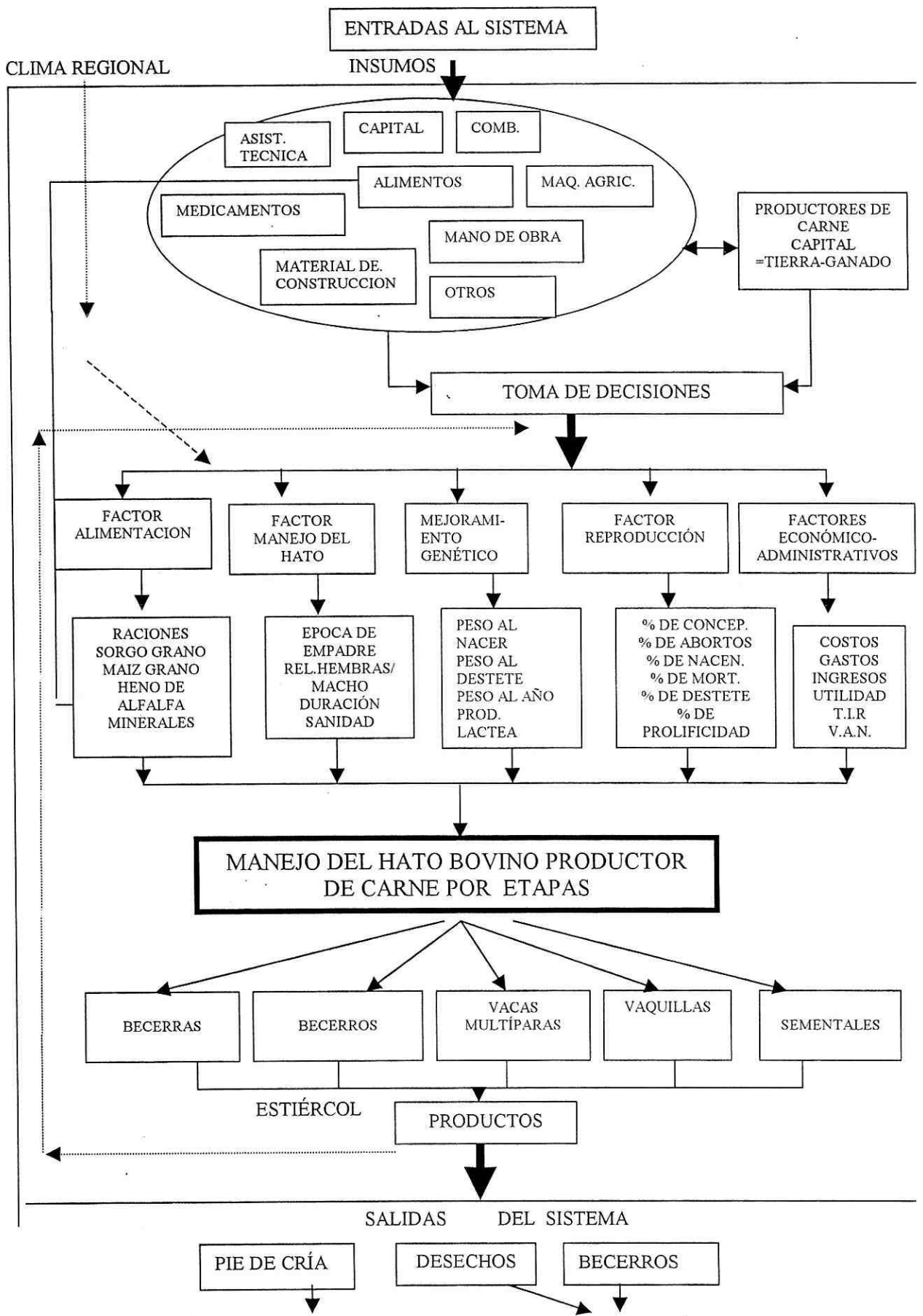


Figura 5. Modelo cualitativo del sistema de producción bovina en el norte de México.

### 5.2.1 Datos de entrada

El modelo funciona de inicio con la introducción de los datos de entrada, (Cuadro 1 del capítulo de materiales y métodos) los cuales incluyen: las compras de ganado ya sea de hembras multíparas y primíparas y sementales, posteriormente se establecen los distintos parámetros desde la mortalidad hasta las ventas y parámetros tanto productivos como reproductivos para las distintas etapas de crecimiento de los animales y en los cuales se incluyen la mortalidad, los desechos, los datos de producción.

Para la construcción del modelo en la hojas de calculo de Excel se requirió identificar claramente los aspectos del Software que fueron incluidos en el mismo. En la figura seis se muestra el diagrama de flujo de información de la matriz de Excel empleada en el modelo. Con la alimentación de los datos de entrada, se generaron a través del modelo matrices de datos de salida para: producción de becerros y vaquillas y la dinámica de número de animales que componen las distintas etapas del hato bovino.

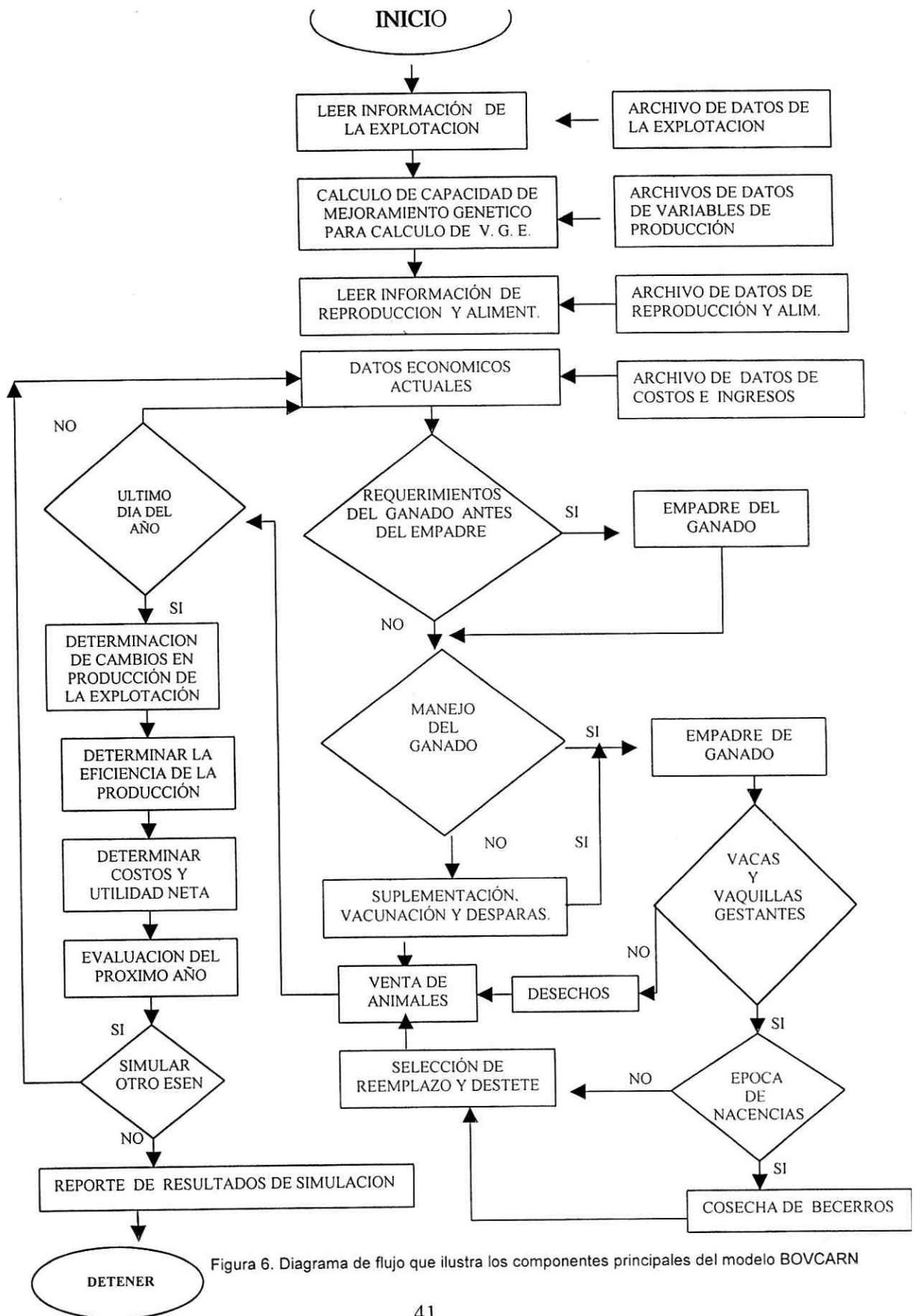


Figura 6. Diagrama de flujo que ilustra los componentes principales del modelo BOVCARN

## **5.2.2 Composición del hato bovino**

En este componente se incluye la variación del número de animales a través del tiempo como son: las vacas multíparas, vaquillas primíparas, vaquillas para venta como pie de cría y reemplazos, becerros y becerras y sementales. Se incluye también el número de cabezas totales de ganado. En el cuadro siete del apéndice se muestra la hoja de calculo con los componentes del modelo para el año uno de la explotación.

### **5.2.2.1 Compras de ganado**

Aquí se incluyen los valores del número de animales que se compran para la explotación se incluyen la compra de vacas multíparas, vaquillas primíparas y sementales. Las compras se realizan en el primer año del proyecto y posteriormente para sustituir animales muertos y de desecho. Al modificar el valor del número de animales en los datos de entrada, se modifican automáticamente los valores de los datos en la matriz de salida.

### **5.2.2.2 Mortalidad en sus distintas etapas fisiológicas**

En este componente se cuantifican las perdidas de animales de las distintas etapas fisiológicas dentro de la explotación que se mueren y por lo tanto disminuyen y modifican la composición de los animales en el hato. Se incluyen, la mortalidad de becerros, becerras, vacas multíparas, vaquillas, y la mortalidad de

sementales. Para la aplicación de estos parámetros se seleccionaron las etapas de mayor riesgo como son los partos y en la época de invierno.

### **5.2.2.3 Desechos**

En este componente se cuantifican la disminución de animales de las distintas etapas fisiológicas dentro de la explotación que son desechados por tener defectos físicos, hembras no gestantes, hembras que abortan, baja producción o por no llenar los parámetros de selección. Por lo tanto también disminuyen y modifican la composición del hato a través del tiempo. Se incluyen desechos de becerros que casi se venden en su totalidad según el valor de porcentaje de desechos colocado por el productor, becerras, vacas multíparas, vaquillas y de sementales. Para la aplicación de estos parámetros se seleccionaron las etapas críticas como son la palpación, partos y en la selección de animales para el empadre.

### **5.2.2.4 Parámetros reproductivos**

Aquí se cuantifican los valores de los parámetros reproductivos que se utilizan en la explotación bovina extensiva y que son colocados en la columna "b" dentro de este componente. Se incluyen el porcentaje de fertilidad (% de concepciones), abortos, nacimientos y/o pariciones, crías que llegan al destete, prolificidad, proporción hembras-macho, y porcentaje de destete. Los valores de los parámetros pueden ser modificados según los promedios obtenidos de los registros de cada explotación según datos del productor y obtenidos de la hoja ER.

### **5.2.2.5 Suplementación por etapas**

En este componente se incluye los kilogramos de alimento que son utilizados como suplemento por los animales en las distintas etapas entre los cuales se incluyen: heno de alfalfa (Kg), grano de maíz y sorgo (Kg), melaza )kg), Cama de pollo, urea y minerales y sal a libre acceso. Los valores para cada etapa son colocados en la columna "b" dentro de este componente y son los alimentos reportados en la literatura por (R.N.C., 1996). Dichos alimentos llenan los requerimientos de los animales desde sementales hasta vacas y vaquillas y de animales en gestación de acuerdo a requerimientos reportados (R.N.C., 1996).

### **5.3 Datos de producción**

En este apartado se cuantifican los datos relacionados con la producción de las Unidades Animal (UA) incluyendo lo siguiente: total de vacas en producción (el número ya considera la mortalidad y los desechos y se coloca en la columna "b"), ganancia de peso de las crías, (producción de becerros y becerras), producción de vaquillas de reemplazo, toretes de pie de cría. Estos valores se colocan en los datos de entrada y podrán ser modificados según el aumento de peso por día(gramos por día), porcentaje de desechos que van relacionados con el número de animales que se disponen para venta la cual es cuantificada en forma mensual y anual.

## **5.4 Evaluación del modelo**

Después de la calibración del modelo un escenario fue utilizado para verificar el desempeño del Modelo de Productividad bovina Ver 1.0 cuyos resultados obtenidos se muestran en la matriz de salida (Cuadro 1-5 del apéndice) y la cual produjo resultados suficientemente razonables. Se considera que el modelo simuló la composición del hato, la producción de becerros y becerras de una explotación bovina extensiva para 300 (200 vacas y 100 vaquillas) animales en producción.

## **5.5 Análisis de la matriz de salida**

Los resultados de salida (output) obtenidos con el modelo se muestran en el apéndice en los cuadros del 1-5 para cada escenario en el cual se pueden observar las tendencias de cada uno de los componentes de interés en este trabajo a través de cinco años de proyección.

Los resultados obtenidos en el escenario uno sobre composición del hato bovino de carne, parámetros reproductivos y mortalidad se muestran en la figura 7 en la cual se puede observar una tendencia constante en el número de animales en sus diferentes etapas a través de los años. Se puede observar que en el año dos es cuando se tiene un aumento de animales y es cuando inicia el reemplazo de vaquillas (30%).

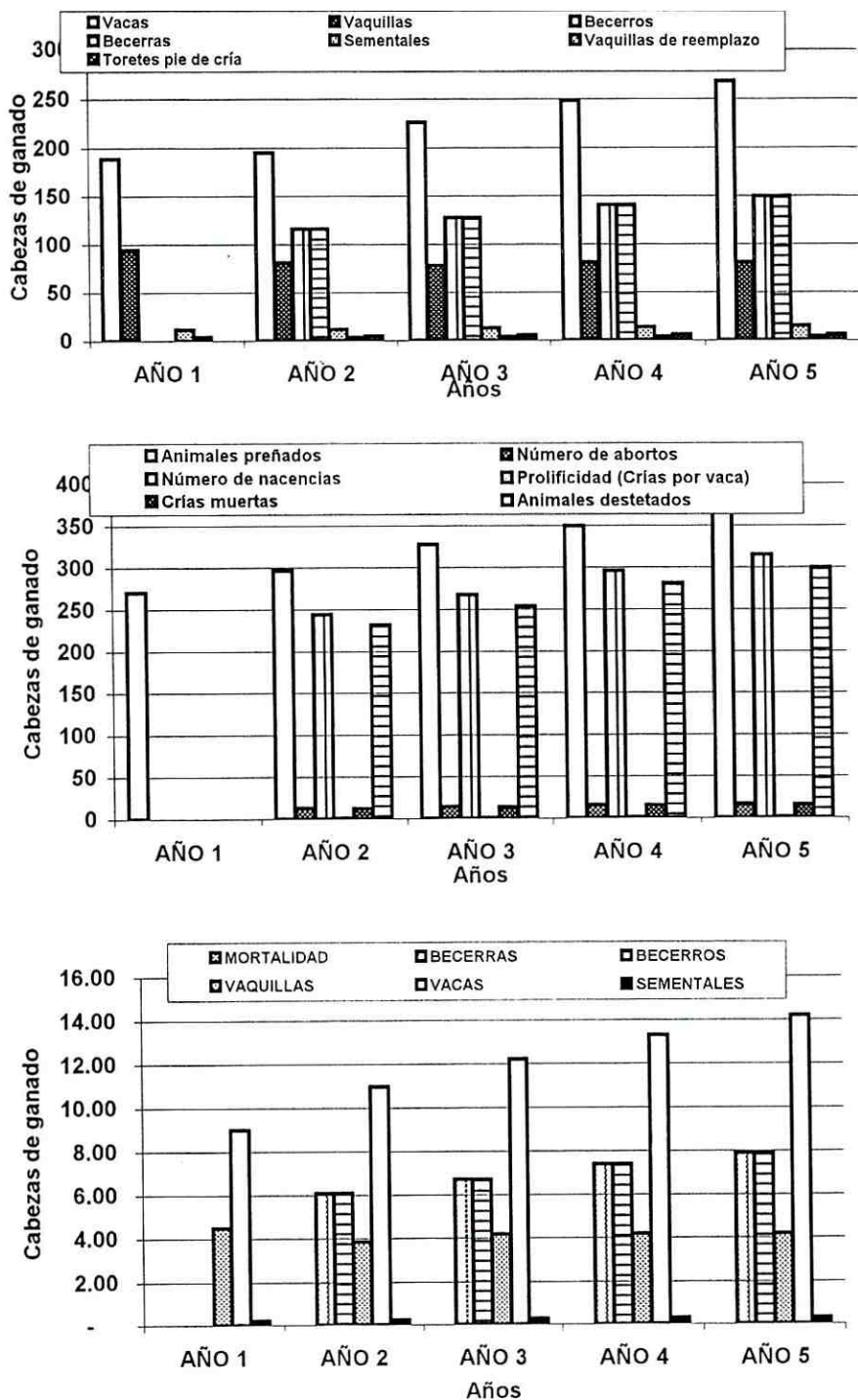


Figura 7. Dinámica y composición del hato bovino (Grafica superior), parámetros reproductivos (Grafica del centro) y mortalidad (Grafica inferior) a través de cinco años para una explotación con 200 vacas y 100 vaquillas en producción con un 30% de reemplazos para el escenario uno.



Respecto a los resultados obtenidos en la matriz de salida del componente producción de becerros y becerras para este escenario se puede observar que el total de vacas en producción en promedio anual se incrementa en cada año, sin embargo las vaquillas manifiestan una ligera disminución en el año dos y tres debido a que el modelo es estático solamente se cuantificó los promedios y no se consideran becerras en el año uno y dos sino hasta el año tres tal y como se observa en la grafica superior de la figura 7.

En la grafica del centro de la figura 7 se puede observar los resultados de los parámetros reproductivos, número de animales preñados, número de abortos, número de nacencias y animales destetados para el escenario uno, encontrando un incremento del número de animales destetados (becerros y becerras) así como el de animales preñados.

En la grafica inferior de la figura 7 se muestran los resultados de los porcentajes de mortalidad para las distintas etapas fisiológicas, encontrando que a mayor porcentaje de animales mayor es la mortalidad y esto varia según los valores de los parámetros utilizados en cada uno de los escenarios que se corrieron en este estudio. Como se puede observar el año uno no existe mortalidad de becerros y becerras por que no hay pariciones. Respecto a la mortalidad de los sementales se considera que cada año en el modelo se mueren 0.20 sementales por lo que hay que considerar la muerte de un semental al tercer año ya que el modelo redondea las decimales.

Los resultados obtenidos en las salidas del escenario cuatro (parámetros más bajos) se muestran en los cuadros del 1 al 5 del apéndice encontrando que muestran tendencias negativas en la composición del hato a través de los cinco años de proyección tal y como se manifiesta en la figura 8 en la gráfica superior ya que se inician el año uno con 178 vacas y 89 vaquillas y en el año cinco solo se muestran 154 vacas y 62 vaquillas, los becerros en el año dos muestran 100 y en el año cinco 92 cabezas de cada uno.

En los parámetros reproductivos se puede observar una tendencia negativa del número de animales preñados y en consecuencia el número de nacencias ya que el año uno se inician con 240 animales preñados y en el año cinco solamente 219, en el año dos se tienen 210 nacencias y en el año cinco solo 195 por consiguiente el número de animales destetados también disminuye, tal como se muestra en la gráfica del medio de la figura 8.

En los parámetros de mortalidad los resultados nos indican un ligero aumento de la mortalidad de vacas del primer año, después en el año dos y tres se mantiene, tendiendo a disminuir ligeramente en los años subsecuentes, tal y como se observa en la gráfica inferior de la figura 8.

En estos escenarios (1-4) se muestran el valor de los parámetros para un rancho en condiciones ideales (escenario 1) y un rancho en condiciones de baja eficiencia (escenario 4).

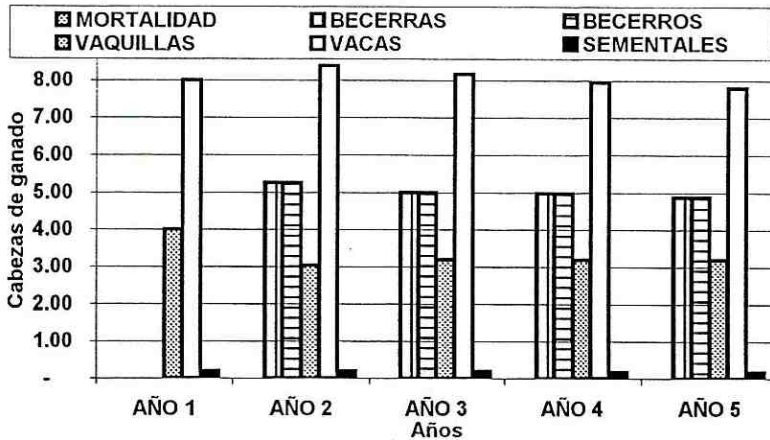
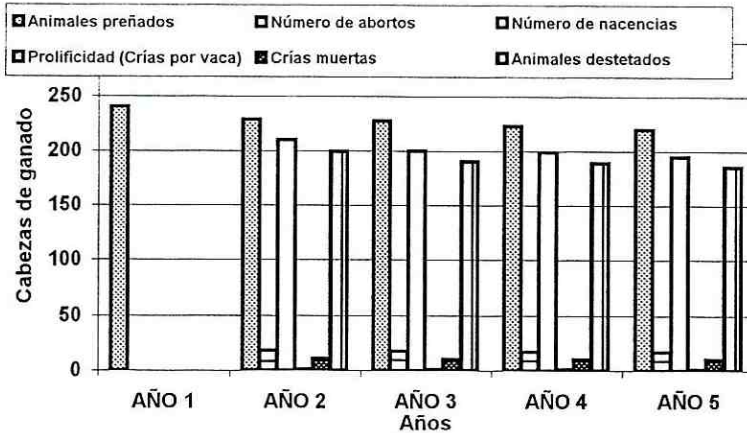
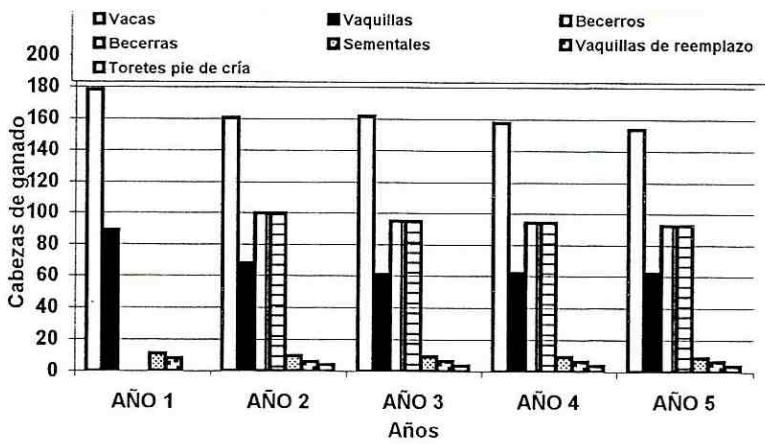


Figura 8. Dinámica y composición del hato bovino (Grafica superior), parámetros reproductivos (Grafica del centro) y mortalidad (Grafica inferior) a través de cinco años para una explotación con 200 vacas y 100 vaquillas en producción con un 30% de reemplazos para el escenario cuatro.

Sin embargo en los escenarios 1 y 5 se incrementan los valores de desechos en el año 5 teniendo una disminución del número total de cabezas de 408 en el escenario 1 contra 358 en el escenario 5.

Lo anterior manifiesta que este tipo de modelos pueden ser una herramienta útil como instrumento de planeación en las empresas ganaderas ya que permite a los productores poder realizar una gran cantidad de modificaciones en los valores de entrada del modelo pudiendo analizar cada una de las salidas con el objeto de poder seleccionar el escenario que más se aproxime a las situaciones reales del rancho ganadero.

El modelo permite conocer dentro de otros elementos las cantidades de alimento requerido en la suplementación de los animales para las distintas etapas ya sea este en forma mensual o anual, el modelo al incrementarse el número de animales incrementa las necesidades de alimento requerido en la suplementación.

## VI. CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a los resultados obtenidos en las salidas de interés en el modelo, se considera que fue exitoso en reproducir el desempeño de los principales componentes del sistema de producción bovina extensiva.
- 2.- El modelo se considera genérico, determinístico, estático, no estocástico que es capaz de predecir cierta tecnología de acuerdo a los valores de los parámetros de entrada y hace una aportación importante en el desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones como herramienta de planeación.
- 3.- El modelo en el Output (Salidas) permite simular de manera razonable la dinámica de la composición del hato, la producción de becerros y los aspectos reproductivos y la mortalidad de la explotación.
- 4.- La construcción de este tipo de modelos permite analizar de una manera sistemática las respuestas a diferentes componentes del sistema de producción, ya sea sobre parámetros reproductivos, cantidades de alimento, porcentajes de mortalidad, desechos, lo que permite tener herramientas analíticas para auxiliar a los productores en la toma de decisiones y poder ser más eficientes en el sistema de producción.
- 5.- El modelo requiere de ser validado y por lo tanto deberá ser sometido a un extenso ejercicio de validación y calibración en colaboración con los productores bovinos de carne en sistemas extensivos para los cuales fue diseñado con la meta principal de disponer de una herramienta analítica para auxiliar en la toma de decisiones.

# APENDICE

## RESULTADOS DEL ESCENARIO UNO

CUADRO 1. Matriz de salida de la composición del hato bovino					
Composición del hat	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Vacas	189	195	226	248	268
Vaquillas	94	81	78	81	81
Becerras	0	116	127	140	150
Becerras	0	116	127	140	150
Sementales	11	11	12	14	14
Vaquillas de reemplaz	4	3	4	4	4
Toretos pie de cría	0	5	5	6	6
Total U.A	295	417	484	526	557
Total cabezas	279	313	354	385	408

CUADRO 2. Matriz de salida de parametros reproductivos					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Animales preñad	270	296	327	349	367
Número de abort	0	13	14	16	17
Número de nace	0	244	267	295	315
Prolificidad (Cría	0	1	1	1	1
Crías muertas	0	12	13	15	16
Animales desteta	0	231	254	281	299

CUADRO 3. Venta de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
BECERROS	0	104	114	126	135
BECERRAS	0	23	25	28	30
VAQUILLAS PIE	4	3	4	4	4
VAQUILLAS DE	6	9	9	9	9
VACAS DE DES	20	24	27	30	32
SEM. DE DESE	3	4	4	4	3
TORETES PIE D	0	5	5	6	6

Cuadro 4. Kilogramos de alimento por etapas					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Grano de sorgo	-	-	-	-	-
Heno de alfalfa	150,365.00	257,400.81	299,009.38	324,978.57	344,832.73
Melaza	33,184.00	74,316.59	83,179.21	89,264.04	93,106.82
0					
Cama de pollo	109,922.00	148,528.23	167,918.66	182,742.07	204,778.28
Minerales	6,014.60	17,674.05	19,917.52	21,631.73	22,935.77
Urea	8,181.93	13,890.36	16,501.12	17,908.71	18,965.67
Grano de maiz	150,365.00	209,384.88	234,938.87	255,394.39	271,186.63

Cuadro 5. Mortalidad de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MORTALIDAD					
BECERRAS	0.00	6.09	6.68	7.38	7.88
BECERROS	0.00	6.09	6.68	7.38	7.88
VAQUILLAS	4.50	3.85	4.17	4.17	4.17
VACAS	9.00	10.97	12.20	13.29	14.18
SEMENTALES	0.22	0.24	0.26	0.28	0.29

## RESULTADOS DEL ESCENARIO DOS

CUADRO 1. Matriz de salida de la composición del hato bovino					
Composición del hat	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Vacas	183	179	196	204	209
Vaquillas	92	75	68	69	69
Becerras	0	104	107	112	115
Becerras	0	104	107	112	115
Sementales	11	10	11	11	11
Vaquillas de reemplaz	6	5	5	5	5
Toretas pie de cría	0	4	4	4	5
Total U.A	286	385	424	438	447
Total cabezas	270	288	309	319	326

CUADRO 2. Matriz de salida de parametros reproductivos					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Animales preñad	255	264	276	282	287
Número de abort	0	12	13	13	13
Número de nace	0	230	238	249	255
Prolificidad (Cría	0	1	1	1	1
Crías muertas	0	23	24	25	25
Animales desteta	0	207	215	224	229

CUADRO 3. Venta de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
BECERROS	0	93	97	101	103
BECERRAS	0	21	21	22	23
VAQUILLAS PIE	6	5	5	5	5
VAQUILLAS DE	9	12	12	12	12
VACAS DE DES	30	35	36	37	38
SEM. DE DESE	4	4	4	4	2
TORÉTÉS PIE D	0	4	4	4	5

Cuadro 4. Kilogramos de alimento por etapas					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Grano de sorgo	-	-	-	-	-
Heno de alfalfa	145,942.50	237,763.72	261,242.83	270,246.23	275,750.32
Melaza	32,208.00	72,274.56	76,611.20	78,884.19	80,065.21
0					
Cama de pollo	106,689.00	136,901.52	146,300.19	151,361.39	162,924.04
Minerales	5,837.70	16,304.83	17,368.52	17,954.61	18,315.38
Urea	7,941.29	12,840.91	14,425.57	14,914.18	15,207.79
Grano de maiz	145,942.50	192,954.94	204,621.26	211,576.63	215,938.30

Cuadro 5. Mortalidad de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MORTALIDAD					
BECERRAS	0.00	11.51	11.92	12.45	12.73
BECERROS	0.00	11.51	11.92	12.45	12.73
VAQUILLAS	4.25	3.43	3.52	3.52	3.52
VACAS	8.50	9.78	10.27	10.58	10.82
SEMENTALES	0.20	0.21	0.22	0.23	0.23



## RESULTADOS DEL ESCENARIO TRES

CUADRO 1. Matriz de salida de la composición del hato bovino					
Composición del hat	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Vacas	183	170	176	173	170
Vaquillas	92	71	61	60	60
Becerras	0	93	91	90	88
Becerras	0	93	91	90	88
Sementales	11	10	10	10	10
Vaquillas de reemplaz	6	5	4	4	4
Toretos pie de cría	0	4	4	4	4
Total U.A	286	364	379	374	368
Total cabezas	270	273	277	273	268

CUADRO 2. Matriz de salida de parametros reproductivos					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Animales preñad	255	250	247	243	239
Número de abort	0	11	11	11	11
Número de nace	0	218	214	212	208
Prolificidad (Cría	0	1	1	1	1
Crías muertas	0	33	32	32	31
Animales desteta	0	185	182	180	176

CUADRO 3. Venta de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
BECERROS	0	83	82	81	79
BECERRAS	0	19	18	18	18
VAQUILLAS PIE	6	5	4	4	4
VAQUILLAS DE	9	11	11	11	11
VACAS DE DES	30	33	33	32	31
SEM. DE DESE	4	4	4	4	2
TORETES PIE D	0	4	4	4	4

Cuadro 4. Kilogramos de alimento por etapas					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Grano de sorgo	-	-	-	-	-
Heno de alfalfa	145,942.50	224,765.47	233,898.80	230,656.95	226,805.53
Melaza	34,724.25	71,337.08	71,692.49	70,785.32	69,916.36
0					
Cama de pollo	106,689.00	129,575.65	131,144.45	129,186.37	133,961.36
Minerales	5,837.70	15,545.29	15,679.08	15,449.61	15,194.05
Urea	7,941.29	12,126.51	12,909.26	12,732.45	12,527.92
Grano de maiz	145,942.50	182,826.25	183,610.64	180,847.50	177,771.92

Cuadro 5. Mortalidad de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MORTALIDAD					
BECERRAS	0.00	16.35	16.05	15.87	15.57
BECERROS	0.00	16.35	16.05	15.87	15.57
VAQUILLAS	8.50	6.50	6.30	6.30	6.30
VACAS	17.00	18.53	18.44	17.98	17.65
SEMENTALES	0.41	0.40	0.40	0.39	0.38

## RESULTADOS DEL ESCENARIO CUATRO

CUADRO 1. Matriz de salida de la composición del hato bovino					
Composición del hat	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Vacas	178	160	162	157	154
Vaquillas	89	68	61	62	62
Becerras	0	100	95	94	92
Becerras	0	100	95	94	92
Sementales	11	9	9	9	9
Vaquillas de reemplaz	8	6	6	6	6
Toretos pie de cría	0	4	4	4	4
Total U.A	277	349	360	357	351
Total cabezas	262	260	261	257	252

CUADRO 2. Matriz de salida de parametros reproductivos					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Animales preñad	240	229	227	223	219
Número de abort	0	18	17	17	17
Número de nace	0	210	200	199	195
Prolificidad (Cría	0	1	1	1	1
Crías muertas	0	10	10	10	10
Animales desteta	0	199	190	189	185

CUADRO 3. Venta de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
BECERROS	0	90	85	85	83
BECERRAS	0	20	19	19	18
VAQUILLAS PIE	8	6	6	6	6
VAQUILLAS DE	12	15	16	16	16
VACAS DE DES	40	42	41	40	39
SEM. DE DESE	4	4	4	4	2
TORETES PIE D	0	4	4	4	4

Cuadro 4. Kilogramos de alimento por etapas					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Grano de sorgo	-	-	-	-	-
Heno de alfalfa	141,520.00	214,991.35	221,188.43	218,359.42	214,412.32
Melaza	31,232.00	63,142.56	63,521.82	63,707.71	62,926.77
0					
Cama de pollo	103,456.00	123,179.62	122,842.01	120,896.01	125,156.06
Minerales	5,660.80	14,753.49	14,701.75	14,506.44	14,247.34
Urea	7,700.64	11,627.44	12,251.28	12,119.59	11,909.04
Grano de maiz	141,520.00	173,658.34	172,016.92	169,412.07	166,294.50

Cuadro 5. Mortalidad de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MORTALIDAD					
BECERRAS	0.00	5.24	5.00	4.97	4.87
BECERROS	0.00	5.24	5.00	4.97	4.87
VAQUILLAS	4.00	3.04	3.19	3.19	3.19
VACAS	8.00	8.39	8.18	7.95	7.79
SEMENTALES	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18

## RESULTADOS DEL ESCENARIO CINCO

CUADRO 1. Matriz de salida de la composición del hato bovino					
Composición del hat	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Vacas	189	195	226	240	244
Vaquillas	94	81	67	61	61
Beceros	0	116	127	131	133
Becerras	0	116	127	131	133
Sementales	11	11	12	12	13
Vaquillas de reemplaz	4	3	3	3	3
Toretos pie de cría	0	2	3	3	3
Total U.A	295	414	464	476	483
Total cabezas	279	312	342	353	358

CUADRO 2. Matriz de salida de parametros reproductivos					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Animales preñad	270	296	306	311	315
Número de abort	0	13	14	15	15
Número de nace	0	244	267	277	281
Prolificidad (Cría	0	1	1	1	1
Crías muertas	0	12	13	14	14
Animales desteta	0	231	254	263	267

CUADRO 3. Venta de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
BECERROS	0	110	121	125	127
BECERRAS	0	46	51	53	53
VAQUILLAS PIE	4	3	3	3	3
VAQUILLAS DE	6	9	7	7	7
VACAS DE DES	20	24	27	28	28
SEM. DE DESE	3	4	4	4	3
TORETES PIE D	0	2	3	3	3

Cuadro 4. Kilogramos de alimento por etapas					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Grano de sorgo	-	-	-	-	-
Heno de alfalfa	150,365.00	256,165.23	287,733.66	296,742.22	301,247.79
Melaza	33,184.00	73,787.05	76,893.31	76,160.18	77,043.38
0					
Cama de pollo	109,922.00	148,307.59	163,131.37	168,769.37	180,565.24
Minerales	6,014.60	17,638.75	19,229.22	19,780.34	20,076.59
Urea	8,181.93	13,819.76	15,807.98	16,224.18	16,464.50
Grano de maíz	150,365.00	209,164.24	227,821.63	235,059.84	238,646.50

Cuadro 5. Mortalidad de distintos animales					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MORTALIDAD					
BECERRAS	0.00	6.09	6.68	6.91	7.03
BECERROS	0.00	6.09	6.68	6.91	7.03
VAQUILLAS	4.50	3.85	3.13	3.13	3.13
VACAS	9.00	10.97	12.20	12.44	12.65
SEMENTALES	0.22	0.24	0.25	0.25	0.25

## LITERATURA CITADA

- Allen T. L., J. M. Hawkes and T. D. Stromel. 1998. Range livestock cost and return estimates for New Mexico, 1994. Agricultural experiment station – Research report 724 college of agriculture and home economics. NMSU. Las Cruces, NM. pp. 1-9
- Amir, I., J. Puech, and J. Granier. 1991. ISFARM: An integrated system for farm management: Part I – Methodology. *Agr. Syst.* 35:455-469.
- Avalos, F. L., I. Torres B., A. Arellano G., J. A. García V., C. Burguete H., 1996. Administración Holística de los Recursos. Parte II. FIRA Boletín Informativo. Num. 282, Volumen XXIX.
- Castelán-Ortega, O.A., R.H. Fawcett, C. Arriaga-Jordan, and M. Herrero. Artículo en prensa. A decision support system for smallholder campesino maize-cattle production systems of the Toluca Valley in Central México. Part I -- Integrating biological and socio-economic models into a holistic system. *Agricultural systems*.
- Chawatama, S., L.R. Nodlovu, F.D. Richardson, F. Mhlanga, and K. Dzama. 2000. A simulation model of draught animal power in smallholder farming systems: Part I. Context and structural overview. *Agricultural Systems*.
- Finlayson, J.D., O.J. Cacho, and A.C. Bywater. 1995. A Simulation Model of Grazing Sheep: I. Animal Growth and Intake. *Agricultural systems* 48:1-25.
- Freer, M., A.D. Moore, and J.R. Donnelly. 1996. GRAZPLAN: Decision support systems for australian grazing enterprises--II. The Animal Biology Model for Feed Intake, Production and Reproduction and the GrazFeed DSS. *Agricultural Systems* 54:77-126.

- Fuhrmann, T. 1999. Dairy Works es sencillo, Buen Negocio. Sistematizando su negocio de lechería. V Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. Grupo Industrial LALA. Nov. 11-13 Torreón, Coah. P 170-176.
- Galván C., F. 1987. La investigación agropecuaria y forestal en el desarrollo rural. Seminario sobre desarrollo rural. INIFAP-CIFAPEG-SARH. Guanajuato, Gto. México.
- Gerdien, v.S., N. Mirjam, and A.A. Dijkhuisen. 2001. An economic model for on-farm decision support of management to prevent infectious disease introduction into dairy farms. Preventive Veterinary Medicine 51.
- Girard, N. and B. Hubert. 1999. modeling expert Knowledge with knowledge based systems to design decision aids. Agricultural Systems Vol. 59 (2) pp. 123-144.
- González, M. J., Efecto de los anabólicos: Los implantes y el manejo sobre la ganancia de peso de becerros Holstein. UAAAN-UL, División regional de ciencia animal. Torreón, Coahuila, 1993
- Grings E. E., Staigmilller R. B., Short R. E., Bellows R. A., MacNeil M. D. Effects of stair-step nutrition and trace mineral supplementation on attainment of puberty in beef heifers of three sire breeds. J. Anim. Sci. 1999. 77:810-815.
- Gross, J.E. 2001. Evaluating effects on an expanding mountain goat population on native bighorn sheep: A simulation model of competition and disease. Biological Conservation 101:171-185

- Hall ,D.C., H.M. Kaiser and Robert W. Blake. 1998. Modeling the economics of animal health control programs using dynamic programming. *Agricultural Systems* Vol. 56 (1) pp. 125-144.
- Hart, R. D. 1988. Un marco analítico para la investigación con sistemas mixtos. Informe de VIII Reunión General. Programa II. Generación y Transferencia de Tecnología. Red. de Inv. en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica. RISPAL.
- Herrero, M., R.H. Fawcett, and J.B. Dent. 1999. Bio-economic evaluation of dairy farm management scenarios using integrated simulation and multiple-criteria models. *Agricultural Systems* 62:169-188
- Hewitt A., C. 1982. Investigación agrícola y necesidades alimentarias en el desarrollo de México. *Chapingo, UACH.* 3 (5) : 35-36. México
- Huerta B. M., Producción de carne bajo pastoreo. Memorias del curso "Alternativas de manejo en bovinos para carne en pastoreo". Departamento de zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mex., 21 al 23 de mayo de 1997. pp. 3
- Kerr, D. V., R. T. Cowan and J. Chaseling. 1999. DAIRYPRO—a knowledge-based decision support system for strategic planning on subtropical dairy farms. I. System description. *Agricultural Systems* Vol. 59 (3) pp. 245-255.
- Kerr, D. V., R. T. Cowan and J. Chaseling. 1999. DAIRYPRO—a knowledge-based decision support system for strategic planning on subtropical dairy farms. II. System description. *Agricultural Systems* Vol. 59 (3) pp. 257-266.
- Kilpatrick, D.J. y R.W.J. Steen. 1999. A predictive model for beef cattle growth and carcass composition. *Agricultural Systems.* Volume 61(2) pp. 95-107.

- Kunkle W. E., R. S. Sand y P. Garcés Y., 1997., Aplicación de nuevas estrategias para el desarrollo de vaquillas. Memorias del curso "Alternativas de manejo en bovinos para carne en pastoreo". Departamento de zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mex., 21 al 23 de mayo de 1997. pp. 102.
- Lizarraga del C. G y Navarro P. J., 1984. Que tan importante es un semental en el rancho. Rancho, Patrocipes-S.A.R.H.-Gob. Edo: Son. U.G.R.S. Hermosillo, Sonora-SEP-Oct., de 1984. vol. 2, No 18
- Mattos, de D., I. Misztal, and J. K. Bertrand. 2000. Variance and covariance components for weaning weight for Herefords in three countries. J. Anim. Sci. 78:33-37.
- McPhee, M.J. 1996. SheepO Version 4.0: A sheep management package. Environment Software 11:105-112
- Monteith, J.L. 1996. The quest for balance in crop modeling. Agron. J. 88:695-697.
- Mourits, M. C. M. and R.B.M. Huirne. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. Agricultural Systems Vol. 61 (1) pp. 17-31.
- Naazie, A., Makarechian, M. and Hudson, R.J. 1999. Evaluation of Lyfe-Cycle Herd Efficiency in Cow-Calf Systems of Beef Production. J. Anim. Sci. 1999. 77:1-11.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Rev. Ed.). National Academy Press. Washington, DC.

- Navarro L., A. 1980. Caracterización de las circunstancias en que opera el pequeño agricultor como base para el desarrollo de tecnologías agrícolas apropiadas. CATIE, Turrialba. Costa Rica.
- Rodríguez N. J. M., 1995. Prueba de comportamiento de ganado de carne utilizando diversos implantes anabólicos. UAAAN-UL, División regional de ciencia animal. Torreón , Coahuila.
- Rotz, C. A., D. R. Mertens., D.R. Buckmaster., M.S. Allen, and J.H. Harrison. 1999. A dairy herd model for use in whole farm simulations. J. Dairy Sci. 82:2826-2840.
- Ruiz, B. J. J., 2000, Análisis y perspectivas de la ganadería bovino de carne. Chihuahua ganadero. Año 2, volumen 7. sep. –oct. Del 2000.
- Ruiz E., M. 1987. El enfoque de sistemas de la investigación pecuaria. Simposium internacional celebrado con ocasión del XXX aniversario de la facultad de zootecnia y el X aniversario de la división de estudios de postgrado. Universidad Autónoma de Chihuahua. p. 22
- Ruttle, J., D. Bartlett., D. Hallford., 1983. Fertility characteristics of New Mexico range bulls. Agricultural experiment station – Bulletin 705.NMSU. Las Cruces, NM. pp. 3.
- SAGAR. 1999-2000. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 1999-2000. Delegación, en la Región Lagunera de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo, Durango.
- SAGARPA. 2003. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2002. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango.



Alianza para el Campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural.  
Cd. Lerdo, Dgo.

SAGARPA. 2004. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2003.  
Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango.  
Alianza para el Campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural.  
Cd. Lerdo, Dgo.

Salinas, H., R.G. Ramírez, and A. Rumayor-Rodríguez. 1998. A whole farm model  
for economic analysis in goat production system in México. *Small Ruminant  
Research* 31:157-164.

Schaik, G. V., M. Nielsen, and A.A. Dijkhuizen. 2001. An economic model for on-  
farm decision support of management to prevent infectious disease  
introduction into dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine* 51: 289-305.

Thornley, J.H.M., and I.R. Johnson. 1990. *Plant and crop modeling: A  
mathematical approach to plant and crop physiology*. Oxford. Sci. Publ.  
Clarendon Press. Oxford.

Thornton, P.K., and M. Herrero. 2001. Integrated crop-livestock simulation models  
for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems* 70:581-  
602.

Valencia, C. C. M. 1993. El enfoque de sistemas: una aproximación al  
pensamiento sistémico. Tema especial. Fac. de Zootecnia. Inv. y Posgrado.  
Depto. de Manejo de Pastizales y Ecología. U.A.CH.

Wen, L., J Gallinchand, A.A. Viau, Y. Delege. R Benoit. 1998. Calibration of the  
CLASS model and its improvement under agricultural conditions.  
*Transaction of the ASAE*. Vol. 41 (5): 1345-1351.

Williams D. W., Ganado vacuno para carne cría y explotación. Editorial Limusa.  
México 1979.