

4
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

BALANCEO: SISTEMA COMPUTACIONAL DE APOYO A LAS DECISIONES (SCAD) PARA OPTIMIZAR RACIONES Y OBJETIVOS PRODUCTIVOS DE BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE BAJO PASTOREO POR MEDIO DE PROGRAMACION LINEAL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

MARTIN ANGELES BAUTISTA

ASESORADO POR: MVZ. MAGSc. ALEJANDRO N. MARTINEZ GARCIA



MEXICO, D.F.

1998

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

263299



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**BALANCEO: SISTEMA COMPUTACIONAL DE APOYO A
LAS DECISIONES (SCAD) PARA OPTIMIZAR RACIONES Y
OBJETIVOS PRODUCTIVOS DE BOVINOS PRODUCTORES DE
CARNE BAJO PASTOREO POR MEDIO DE
PROGRAMACIÓN LINEAL**

**Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

de la

**Universidad Nacional Autónoma de México
Para obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista**

por

Martín Angeles Bautista.

**Asesorado por:
MVZ. MAgSc. Alejandro N. Martínez García.**

México, D.F., 1998

DEDICATORIA

A mis padres:

Fernado Angeles Rojas.

María Isabel Bautista Hernandez.

Por el ejemplo, la confianza, el apoyo, el cariño y el amor que me han brindado durante toda mi vida y por el sacrificio que pasaron para que pudiera realizar mis estudios.

A mis hermanos:

Carmen, Cándido, María, Angeles, Alejandro, Clara y a mis cuñados Eloy, Joaquin, Bernarda, y Tomasa.

Porque siempre he contado con su apoyo, el cual me ha impulsado y permitido terminar mis estudios profesionales y ser alguien en la vida.

A mi querida y apreciable abuelita:

Cleotilde Hernandez Hernandez.

Por su gran corazón y por todo el apoyo que me ha brindado en todas las etapas de mi vida

A mis sobrinos:

Maribel H, Fernando, Eder A, Yanderi A, Judith A, Roxana A, Fernando A, Roberto M, Ana M, Juan Pablo S, Andrea Eveline S, Alejandra S, Jorge y Jenny H.

Porque su confianza me ha motivado a nunca darme por vencido, espero que el presente trabajo sirva de ejemplo y estímulo para superarse en su vida.

A mi amiga incondicional:

Clara Ivonne Gómez Rivera.

Por ser parte de mi vida, darme cariño, amor, apoyo y comprensión.

A mis amigos:

Benjamin S G, Jorge M F, Fabricio S M, Ambrosio B R, Alvaro G B, Israel FV, Eduardo O C, Felipe M B, Gerardo G N, Gabriela R A, Gabriela G B, Lilia G, Yasmin A C.

Porque su apoyo y su amistad me han impulsado a superarme cada día más.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor, asesor, guía y amigo, así como a su apreciable esposa:

MVZ. MAgSc. Alejandro N. Martínez García.

MVZ. Dip. AgSc. Yadira Méndez de Martínez.

Por brindarme su amistad, su apoyo y sus inigualables consejos, así como por formarme como profesionista.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: Por brindarme la posibilidad de estudiar una profesión y dotarme de los conocimientos para ejercerla.

A los profesores de la FMVZ: por brindarme sus conocimientos y enseñanzas, especialmente al **MVZ. M.C. Humberto Troncoso A.** por su apoyo y amistad.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
JUSTIFICACION.....	5
OBJETIVOS.....	7
MATERIAL Y METODOS.....	8
Descripción del sistema.....	8
Energía.....	14
Proteína.....	24
Vitaminas y minerales.....	27
Consumo de Alimento.....	37
Programación Lineal.....	42
<i>Balanceo</i>	48
RESULTADOS Y DISCUSION.....	54
CONCLUSIONES.....	81
LITERATURA CITADA.....	85
APENDICES.....	91
Apéndices A.....	91
Apéndices B.....	94
Apéndices C.....	99
Apéndices D.....	100

Apéndices E.....	103
Apéndices F.....	104
Apéndices G.....	110
Apéndices H.....	111
Apéndices I.....	123
Apéndices J.....	124
Apéndices K.....	127

Lista de Cuadros	Páginas
Cuadro 1: Características climatológicas del CEIEPAG.....	8
Cuadro 2: Oferta de alimento del CEIEPAG (Marzo 1996 a Febrero de 1997).....	10
Cuadro 3: Demanda mensual y anual de MS (tons.) en el CEIEPAG (Marzo 1996 a Febrero de 1997).....	10
Cuadro 4: Oferta, demanda y excedente de alimento (tons. de MS) en el CEIEPAG (Marzo 1996 - Febrero 1997)	11
Cuadro 5: Disponibilidad mensual de alimento (tons. de MS) en el CEIEPAG (Marzo 1996 - Febrero 1997).....	11
Cuadro 6: Datos mensuales de la oferta y la demanda de alimento (tons. de MS) y la diferencia entre estas en el CEIEPAG (Marzo 1996 - Febrero 1997).....	12
Cuadro 7: Distribución mensual del forraje (tons. de MS) en el CEIEPAG (periodo 1996 - 97).....	12
Cuadro 8: Flujo de efectivo de la engorda estacional de bovinos propuesta para el CEIEPAG	14
Cuadro 9: Gasto energético de los bovinos para determinadas actividades.....	19
Cuadro 10: Parámetros de referencia de peso.....	22
Cuadro 11: Cantidad de proteína cruda microbiana sintetizada (PCMS), de proteína salida del abomaso (PSA) y la digestibilidad aparente de la proteína salida del abomaso (DAPSA), para tres tipos de dietas (pastos frescos y secos de zonas templadas).....	25
Cuadro 12: Requerimientos nutricionales de algunas vitaminas de bovinos productores de carne en pastoreo.....	30
Cuadro 13: Necesidades de calcio (Ca) y de fósforo (P) (g/día) para bovinos en crecimiento y engorda en pastoreo.....	33
Cuadro 14: Concentración de macrominerales y oligoelementos que debe contener la dieta de bovinos productores de carne bajo pastoreo.....	36
Cuadro 15: Relación entre la oferta, la demanda y los excedentes de MS (tons.) para la engorda simulada en el <i>Escenario 1</i> (de junio a noviembre).....	55

Cuadro 16: Calidad nutricional de las dietas a proporcionar en la engorda de toretes simulada en el <i>Escenario 1</i> (de junio a noviembre) usando los datos registrados en el CEIEPAG (1996-1997).....	56
Cuadro 17: Resumen de las ganancias diarias de peso (GDP), del consumo de MS y del incremento mensual de PV en la simulación del <i>Escenario 1</i> con el <i>Balanceo</i> (junio a noviembre).....	60
Cuadro 18: Resumen del flujo de efectivo de la simulación de la engorda estacional de toretes en pastoreo en el <i>Escenario 1</i> (de junio a noviembre).....	62
Cuadro 19: Relación entre la oferta, la demanda y los excedentes de MS en el <i>Escenario 2</i> (de abril a septiembre).....	63
Cuadro 20: Calidad nutricional de las dietas a proporcionar en la engorda de toretes en pastoreo en el <i>Escenario 2</i> (de abril a septiembre).....	64
Cuadro 21: Resumen de las ganancias diarias de peso (GDP), del consumo de MS y del incremento mensual de PV en la simulación del <i>Escenario 2</i> (de abril a septiembre)....	66
Cuadro 22: Resumen del flujo de efectivo de la simulación de la engorda estacional de toretes en pastoreo en el <i>Escenario 2</i> (de junio a noviembre).....	68
Cuadro 23: Relación entre la oferta, la demanda y los excedentes de MS en la simulación del <i>Escenario 3</i> (de abril a septiembre).....	69
Cuadro 24: Calidad nutricional de las dietas proporcionadas en la simulación de la engorda de toretes en el <i>Escenario 3</i> (de abril a septiembre).....	69
Cuadro 25: Resumen de las ganancias diarias de peso (GDP), del consumo de MS y del incremento mensual de PV en la simulación del <i>Escenario 3</i> (de abril a septiembre).....	70
Cuadro 26: Resumen del flujo de efectivo de la engorda estacional de toretes simulada en el <i>Escenario 3</i>	74
Cuadro 27: Comparación financiera de los tres <i>Escenarios</i> modelados con el <i>Balanceo</i>	75
Cuadro 28: Comparación biológica de los tres <i>Escenarios</i> modelados con el <i>Balanceo</i>	76
Esquema 1: Metabolismo energético en los rumiantes.....	15

Lista de Gráficas	Página
Gráfica 1: Consumo promedio diario de MS (kgs.) por cabeza en la engorda simulada en el <i>Escenario 1</i> (de junio a noviembre).....	58
Gráfica 2: Comportamiento simulado de las GDP promedio mensuales de toretes implantados y engordados en pastoreo en el <i>Escenario 1</i> (de junio a noviembre).....	59
Gráfica 3: Comportamiento simulado del incremento de peso de toretes engordados en pastoreo en el <i>Escenario 1</i> (de junio a noviembre).....	61
Gráfica 4: Simulación del consumo promedio diario de MS por animal (kgs.) para cada mes del periodo de engorda en el <i>Escenario 2</i> (de abril a septiembre).....	65
Gráfica 5: Comportamiento de las GDP promedio por mes en el <i>Escenario 2</i>	65
Gráfica 6: Comportamiento simulado del incremento de peso de toretes en el <i>Escenario 2</i>	67
Gráfica 7: Consumo diario de MS (kgs.) simulado en el <i>Escenario 3</i> (de abril a septiembre con dietas con un promedio de 75% de digestibilidad).....	71
Gráfica 8: Comportamiento simulado de las ganancias diarias de peso (GDP) promedio mensuales en el <i>Escenario 3</i>	72
Gráfica 9: Comportamiento simulado del incremento de peso de toretes engordados en el <i>Escenario 3</i> (de abril a septiembre y con dietas con un promedio de 75% de digestibilidad).....	73
Gráfica 10: Consumo mensual de MS (ton) en los tres <i>Escenarios</i> simulados por el <i>Balanceo</i>	77
Gráfica 11: Comportamiento del incremento de peso vivo (kgs.) de bovinos de engorda en los tres <i>Escenarios</i> simulados por el <i>Balanceo</i>	79
Gráfica 12: Comportamiento de las ganancias diarias de peso promedio (kgs.) de toretes engordados en los tres <i>Escenarios</i> simulados con el <i>Balanceo</i>	79

Lista de Figuras	Página
Figura 1: Relación entre la digestibilidad de la materia seca (MS) de pastos de clima templado (<u>Lolium perenne</u>) de crecimiento primario en primavera (línea 1) y el rebrote en verano (línea 2) y el consumo de la misma.....	38
Figura 2: Relación entre el consumo por bovinos de pasto rye grass (<u>Lolium perenne</u>) y la altura de la masa del pasto.....	39
Figura 3: Influencia de la disponibilidad de pasto de clima templado (<u>Lolium perenne</u>) en el consumo aparente de MS de ganado bovino de engorda en crecimiento.....	40
Figura 4: Relación entre la altura de la pradera y a) consumo de MS por bocado; b) cantidad de mordidas por minuto; c) tiempo de pastoreo; y d) consumo de MS por día.....	42
Figura 5: Caja de diálogo Opciones de <i>Solver</i>	46
Figura 6: Hoja de trabajo.....	46
Figura 7: Caja de diálogo parámetros de <i>Solver</i>	47
Figura 8: Caja de diálogo de restricciones.....	47
Figura 9: Caja de diálogo de parámetros de <i>Solver</i>	47
Figura 10: Relaciones entre los sub-modelos componentes del <i>SCAD</i> "BALANCEO"..	50
Figura 11: Relaciones entre las ecuaciones del sub-modelo Ecuaciones (Apéndice K) para calcular la ganancia de peso vivo y la cantidad de proteína requerida en la dieta de los bovinos en engorda en pastoreo.....	51

RESUMEN

ANGELES BAUTISTA MARTÍN. **BALANCEO:** Sistema Computacional de Apoyo a las Decisiones (SCAD) para optimizar raciones y objetivos productivos de bovinos productores de carne bajo pastoreo por medio de Programación Lineal. (Bajo la dirección del: MVZ. MAgSc. Alejandro N. Martínez García).

Se elaboró un Sistema Computacional de Apoyo a las Decisiones (SCAD) usando como plataformas una hoja electrónica de cálculo (*Microsoft Excel*) y el sistema de ecuaciones del *Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants* del *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)* de Australia, como herramienta cuantitativa del *Enfoque de Sistemas* para balancear raciones y ajustar objetivos productivos de bovinos para abasto bajo pastoreo mediante Programación Lineal; con dicho SCAD se simularon 3 *Escenarios* para analizar el periodo más recomendable para realizar una engorda en base a la oferta vegetal y a la demanda animal, así como a su viabilidad biológica (conversión alimenticia, ganancias diarias de peso y pesos vivos (PV) finales) y financiera (utilidades marginales por unidad animal, costos variables, ganancias brutas y netas) utilizando como estudio de caso al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera de la FMVZ de la UNAM en el periodo 1996-97; los 3 *Escenarios* simulados describen la engorda de 53 novillos *F1* de 1.5 años de edad con 200 kg. de PV al iniciar la engorda de 6 meses: en el *Escenario 1* la engorda se realiza de junio a noviembre, en el *Escenario 2* de abril a septiembre, y en el *Escenario 3* se proporcionarían dietas con un promedio del 75% de digestibilidad en los mismos meses del *Escenario 2*. Del análisis de los *Escenarios* simulados y considerando que los objetivos principales serían maximizar el uso de excedentes forrajeros y los rendimientos financieros, el *Escenario 1* resultó el menos viable, el *Escenario 2* intermedio, y el *Escenario 3* el mejor. Se concluye que, aunque el *Balanceo* no ha sido evaluado, puede constituirse como herramienta útil para analizar y tomar decisiones en sistemas de producción de bovinos para abasto bajo pastoreo.

INTRODUCCIÓN

Para comprender como funcionan las unidades productivas (granjas o ranchos) en el sector agropecuario, con el propósito de proponer alternativas (tácticas y estratégicas) tendientes a optimizar el uso de los recursos, incrementar la productividad, y disminuir los costos de producción, se requiere de un marco teórico que de coherencia a ese esfuerzo. Una opción es el *Enfoque de Sistemas (Systems Approach)*, el cual aplica el pensamiento científico en forma integral (análisis-síntesis) considerando a las unidades de producción como *Sistemas*, definiéndolos como:^(1, 2, 3, 4, 5, 6)

...colección de partes identificables capaces de interactuar de tal manera que... funcionan como un todo para satisfacer necesidades específicas”.

Los Sistemas Agropecuarios son complejos y dinámicos; requieren la integración de sus partes para entender su funcionamiento con el objetivo de modificarlos para hacerlos más productivos y eficientes.^(4, 5, 6, 7, 8) Un Sistema Agropecuario puede definirse como: *“...no solamente una colección de cultivos y animales a la cual es posible aplicar un cambio y esperar una respuesta inmediata... es una compleja red de elementos tales como suelos, plantas, animales, implementos, trabajadores y otros elementos constitutivos así como sus influencias medio ambientales...con las relaciones entre ellos capaces de ser modificadas por el productor... De la comprensión única del productor de su medio ambiente inmediato (biológico y socioeconómico) resulta un sistema de producción agropecuario”.*⁽⁶⁾

Dentro de los sistemas de producción agropecuarios se encuentran los sistemas de producción animal bajo pastoreo, los cuales tienen como características principales sus bajos costos de producción, además de que permiten obtener nutrientes de áreas que no se podrían utilizar de otra manera.⁽⁹⁾ Hoy en día, el 25% de la superficie terrestre se clasifica como susceptible de ser aprovechada mediante el pastoreo.⁽⁹⁾ La importancia de los sistemas de producción animal bajo pastoreo en México se debe principalmente al potencial productivo de las praderas mexicanas, a la existencia de un sector importante de productores mexicanos dedicados a la producción animal bajo pastoreo, y a que el 62.00% de la superficie del territorio nacional es susceptible de usar con estos sistemas.^(6, 10)

Los sistemas de producción animal bajo pastoreo requieren de una administración

eficiente que permita optimizar el uso de los recursos, incrementar la productividad y disminuir los costos de producción.^(4, 5, 8, 9, 11) La administración es el proceso por el cual recursos escasos (tierra, trabajo, capital), y situaciones (mercado, clima, políticas gubernamentales) son manipulados por el administrador en un medio ambiente flexible (social, económico, y físico) para, con información incompleta, lograr un objetivo específico.⁽⁶⁾ El proceso administrativo se constituye de tres fases: planeación, implementación y control.^(1, 6, 11)

La planeación es un proceso continuo que incluye la identificación y definición del problema, obtención de información, identificación de soluciones alternativas y organización de recursos. El proceso de planeación se inicia con el análisis de metas y objetivos de producción; permite orientar, dirigir y centrar el proceso de toma de decisiones.^(11, 12)

La implementación involucra la agrupación, calendarización, y estructuración de actividades, la realización de objetivos predeterminados, la coordinación de eventos, y el uso de materiales y métodos de trabajo.^(6, 11, 12)

El control permite verificar si las metas y objetivos se están alcanzando, comparando los parámetros establecidos previamente en el plan con los resultados obtenidos. Puede ser aplicado en tres niveles:^(6, 11, 12)

- i) *ex post*: basado en datos históricos;
- ii) utilizando sistemas de información de tiempo real; y
- iii) *ex ante*: modificando los planes anticipando futuras desviaciones.

El principal desafío al administrar sistemas de producción animal bajo pastoreo es lograr un equilibrio entre los requerimientos nutricionales de los animales (demanda) y las fluctuaciones anuales en la cantidad y calidad de los pastos (oferta).^(6, 8, 11) Para ello es indispensable tomar decisiones mediante procedimientos lógicos y ordenados tales como:^(12, 13)

- Identificación y definición del problema.
- Recopilación de datos e información.
- Selección de la mejor alternativa.
- Implementación de decisiones.

- Evaluación de resultados.

Para tomar decisiones en los sistemas de producción animal bajo pastoreo se puede hacer uso de los Sistemas Computacionales de Apoyo a la toma de Decisiones (SCAD), los cuales son herramientas cuantitativas del *Enfoque de Sistemas* que facilitan el proceso administrativo, y contribuyen a optimizar el uso de los recursos en la planeación y en el control *ex ante* de los déficits y excedentes de alimento para alcanzar el equilibrio entre la oferta y demanda de los alimentos en dichos sistemas.^(3, 6, 8) Los SCAD son definidos como: *“...grupo de reglas de decisión que ayudan al administrador a usar datos e información relevante para tomar una decisión. Estas reglas pueden incorporarse a un sistema computacional interactivo, proporcionando datos e información de manera sencilla, rápida y fácil de comprender”*.^(3, 6)

Los SCAD incluyen modelos de simulación, los cuales pueden combinar factores económicos, financieros, sociales y biológicos.^(3, 7, 14, 15, 16) Los modelos pueden ser definidos como: *“...la representación explícita de un proceso, un sistema o un conjunto de variables, que utiliza valores cuantitativos y cualitativos. Empiezan siendo herramientas mentales o verbales, posteriormente son transformadas en formas diagramáticas o matemáticas”*.⁽¹⁷⁾

Algunas características de los modelos son las siguientes:^(3, 6, 8, 14, 16, 17, 18, 19)

1. Pueden representar el funcionamiento de sistemas biológicos en términos matemáticos.
2. Ayudan a explicar las complejas relaciones de los componentes del sistema de una manera lógica.
3. Facilitan la identificación y definición del problema, y la organización del pensamiento.
4. Ayudan a formular hipótesis y a asignar prioridades de investigación.
5. Permiten diagnosticar e identificar áreas donde no se tenía un conocimiento completo.
6. Permiten evaluar efectos de cambios en el sistema o su entorno mediante análisis de comportamiento (control *ex ante*).
7. Proporcionan parámetros contra los cuales comparar resultados reales.
8. Pueden sustituir en ciertos casos experimentos biológicos.
9. Facilitan la toma de decisiones al realizar “predicciones” del comportamiento futuro del sistema.

JUSTIFICACIÓN

México tiene las condiciones apropiadas para desarrollar una ganadería eficiente, rentable, sustentable y competitiva.^(20, 21) Sin embargo hoy en día la ganadería en nuestro país contribuye tan solo con el 7% de PIB, debido al atraso tecnológico y a la falta de adopción de técnicas y herramientas adecuadas, inclusive de planeación, para el uso óptimo de los recursos disponibles.⁽²¹⁾ Los sistemas de producción animal bajo pastoreo en México se caracterizan en general por sus bajas tasas de extracción de productos de origen animal, por falta de planeación orientada a hacer coincidir la época de mayor demanda fisiológica de los animales con las ofertas de alimento, y por falta de ajustes en los objetivos de producción tales como épocas de partos, ganancias diarias de peso y compra-venta de animales.^(6, 20, 21) Para hacer de un sistema de producción animal bajo pastoreo una empresa rentable es de gran importancia ajustar los objetivos de producción a la cantidad, calidad y estacionalidad de la oferta de alimento por la pradera.^(6, 8, 22) Por lo tanto, el balancear raciones en dichos sistemas consiste en empatar la demanda animal (necesidades fisiológicas) con la oferta vegetal (cantidad y calidad) ajustando los objetivos de producción, a fin de lograr producciones rentables y hacer un uso eficiente de los recursos disponibles.^(11, 20, 21) Para cumplir con los objetivos que se proponen para el balanceo de raciones en los sistemas de producción animal bajo pastoreo se requiere comprender el funcionamiento de dichos sistemas.^(3, 4, 5) Una herramienta utilizada en el *Enfoque de Sistemas* son los modelos, los cuales pueden representar explícitamente un proceso, un sistema o un conjunto de variables.^(3, 4, 5, 14, 16) A diferencia de los programas que generalmente balancean raciones, un modelo de simulación por computadora para balancear raciones de rumiantes en pastoreo debe orientarse a ajustar la demanda animal y los objetivos de producción con la oferta vegetal estacional considerando la viabilidad biológica y financiera del sistema.^(4, 8, 11)

El propósito del presente trabajo fué desarrollar un SCAD como herramienta de planeación y control *ex ante* para ajustar los objetivos de producción animal (ganancias diarias de peso, pesos finales, periodos recomendables de engorda, compra-venta de animales, viabilidad biológica y financiera, consumo de alimento) en sistemas de producción bovina para abasto bajo pastoreo de acuerdo a la disponibilidad de alimento

(oferta) por la pradera en términos cualitativos (Energía Metabolizable, Proteína Cruda y Digestibilidad) y cuantitativos (cantidad de Materia Seca y Costos de Producción) por medio de un sistema de ecuaciones para predecir necesidades nutricionales de bovinos engordados bajo pastoreo y de técnicas de Programación Lineal.

OBJETIVOS.

1. Procesar datos e información de campo en relación a las características de la oferta de alimentos (calidad, cantidad, disponibilidad y estacionalidad) producidos en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (pradera y alfalfa, maíz forrajero para ensilar, rastrojo de maíz) durante el periodo comprendido entre Marzo de 1996 y Febrero de 1997, como un estudio de caso.
2. Identificar requerimientos nutricionales de bovinos en engorda bajo pastoreo, con base al uso del sistema de ecuaciones del *Feeding Standards for Australian Livestock* elaborado por el Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).⁽²³⁾
3. Con base a los puntos anteriores, ajustar los objetivos de producción animal (ganancias diarias de peso) de acuerdo al forraje disponible, optimizando los recursos con el uso de técnicas de Programación Lineal (PL) en una hoja electrónica de cálculo (*Solver* de *Microsoft Excel*) desarrollando un SCAD (*Balanceo*) que sirva como herramienta de planeación y de control *ex ante* para maximizar las ganancias diarias de peso (GDP) de los animales y minimizar los costos de las dietas.
4. Verificar los sistemas de ecuaciones del *Balanceo*.
5. Usar el SCAD desarrollado para simular tres posibles *Escenarios* con el fin de determinar los meses más recomendables para realizar una engorda de ganado, de acuerdo a la oferta (digestibilidad, energía metabolizable, porcentaje de proteína cruda, y disponibilidad) y demanda de alimento (número de animales, peso vivo, edad, raza, sexo) del periodo y el lugar estudiado y para "predecir" las GDP, los pesos finales y el tiempo de duración de la engorda en la planeación y el control *ex ante*.
6. Calcular la utilidad marginal por unidad animal (UA) para los *Escenarios* analizados con el uso del SCAD *Cárnico 1x*.^(3, 20)

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del Sistema.

El Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG: "Rancho San Francisco") de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, se localiza en el Estado de México, en la subcuenca de Chalco, entre las coordenadas 97° 57' longitud este y 19° 14' longitud sur, a una altitud de 2,240 msnm, y en el kilometro 2.5 de la carretera Chalco-Mixquic.^(20, 21) El cuadro 1 proporciona datos sobre las características climáticas predominantes en el CEIEPAG.

Cuadro 1. Características climatológicas de la zona donde se encuentra el CEIEPAG.⁽²⁰⁾

Características	Promedios
Temperatura media anual	15.3 (34° a - 6°C)
Precipitación pluvial media anual	665.9 mm
Precipitación del año más seco	535.5 mm
Precipitación del año más húmedo	888.9 mm
Evapotranspiración	736.0 mm
Vientos dominantes de Norte a Sur	2 a 12 m/seg
Tolvaneras (Febrero a Marzo)	50 a 60/año
Heladas (Octubre a Marzo)	60 días al año

El rancho cuenta con una superficie total de 48 hectáreas (has) de las cuales solo 39.74 son susceptibles de uso agrícola (área efectiva), y en 1996-97 eran usadas de la siguiente forma⁽²⁰⁾:

- 13.24 has de pradera divididas en 5 potreros, constituidos por las siguientes especies vegetales:^(20, 24)

Rye grass (*Lolium perenne*).

Orchard (*Dactylus glomerata*).

Festuca (*Festuca aurudinacea*).

Trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*).

Trébol Blanco (*Trifolium repens*).

Trébol Rojo (*Trifolium pratense*).

- 7.5 has para producción de alfalfa (*Medicago sativa*).
- 19.0 has para producción de maíz forrajero (*Zea mays*).

El casco (oficinas, biblioteca, comedor, vestidores, corrales para bovinos y cabras, bodega y planta de alimentos, heniles, silos) ocupa 3 has de terreno; 5 has no eran utilizadas por presentar problemas de salinidad y drenaje.^(20, 21)

En 1996-1997, el CEIEPAG se encontraba dividido administrativamente en dos principales áreas: Producción Agrícola y Producción Animal y tenía como propósito principal la producción de material genético bovino y caprino de alta calidad bajo un sistema sustentable de pastoreo complementado con forraje de corte.^(20, 21)

Producción de forrajes del CEIEPAG.

Como ya se mencionó, la superficie de terreno dedicada a la pradera en el ciclo comprendido entre Marzo de 1996 y Febrero de 1997 fué del 33.3% del área efectiva, la cual tuvo una producción total de 221 tons. de MS en dicho periodo (Apéndice A₁) con un costo promedio de producción de \$0.19/kg. de MS (Apéndice B₁).⁽²⁰⁾ Los valores nutricionales del forraje variaron dependiendo del mes (Apéndice C).

En Marzo de 1996 la superficie total dedicada al cultivo de alfalfa era de 7.5 has en dos lugares: uno de 5.7 has con una producción de 130.53 tons. de MS y otro de 1.8 has (sembrado en el periodo en estudio) con una producción de 21.79 tons. de MS en el periodo analizado (Apéndice A₂), con un costo de producción promedio de \$2.4/kg. de MS (Apéndice B₂) y con una calidad nutricional variable dependiendo del mes (Apéndice C).^(20, 25)

Por su parte, la siembra de maíz de temporal se realizó en 2 terrenos diferentes, uno de 14 has donde se obtuvo un rendimiento de 8 tons. de MS/ha, y otro de 5 has con un rendimiento de 10 tons. de MS/ha.⁽²⁰⁾ El maíz al ser ensilado rindió un total de 121.50 tons. de MS (Apéndice A₃), con un costo de producción de \$0.23/kg. de MS (Apéndice B₃); su valor nutricional puede observarse en el Apéndice C.

En marzo de 1996 se obtuvieron, a partir de labores de maquila, 1,820 pacas de rastrojo de maíz y otras 840 en el mes de diciembre con un peso promedio de 23.75 kgs.

cada una, para un total de 63.17 tons. de MS (Apéndice A₃), con costo de producción de \$0.21/kg. de MS (apéndice B₄). Su valor nutricional puede apreciarse en el Apéndice C. El cuadro 2 muestra datos de la oferta de forraje del CEIEPAG y su costo por kg. de MS.

Cuadro 2. Oferta de alimento del CEIEPAG (Marzo 1996 a Febrero de 1997).⁽²⁰⁾

Alimento.	Toneladas de MS.	Costo de producción/kg. MS.
Pradera	221.00	\$ 0.19
Alfalfa	152.32	\$ 2.4
Ensilado de maiz	121.50	\$ 0.23
Rastrojo de maiz	63.17	\$ 0.21

Es importante mencionar que durante el periodo 96-97 se registró una precipitación pluvial muy reducida (de menos de 500 mm), lo que se tradujo en una producción agrícola baja que no refleja el potencial real de producción del Centro. No obstante, el CEIEPAG fué autosuficiente en producción de alimentos durante el periodo mencionado.⁽²⁰⁾

En el periodo 1996-97, el área de producción animal contaba con un total de 394 animales, clasificados de la siguiente manera^(20, 21):

159 bovinos (147 de raza *Limousin* y 12 de raza *Belgian Blue*); y

235 cabras (65 de raza *Boer*, 22 de raza *Alpino - Toggenburg*, 20 *F1* y 128 *criollas*).

Así, el centro tenía una carga animal de 5 unidades animal (UA)/ha y una demanda mensual y anual de alimento que se describe en el cuadro 3.

Cuadro 3. Demanda mensual y anual de MS (tons.) en el CEIEPAG (Marzo 1996 a Febrero de 1997).⁽²⁰⁾

Especie.	Demanda mensual (tons.)	Demanda anual (tons.)
hato bovino	28.76	345.12
rebaño caprino	8.71	104.52
Total.	37.48	449.76

La relación oferta-demanda de MS del Centro durante el periodo de estudio, se muestra en el cuadro 4, observándose la existencia de un excedente de 108.18 tons. de MS.

Cuadro 4. Oferta, demanda y excedente de alimento (tns. de MS) en el CEIEPAG (Marzo 1996 - Febrero 1997).⁽²⁰⁾

Oferta de alimento	557.99
Demanda de alimento	449.76
Excedente de alimento	108.18

El cuadro 5 proporciona los datos de disponibilidad de MS mensual en el Centro durante el periodo de estudio. Sin embargo, la oferta mensual de forraje en dicho periodo no siempre cubría las demandas mensuales de MS de los animales (en noviembre, diciembre, enero y febrero), tal como lo indica el cuadro 6.

Cuadro 5. Disponibilidad mensual de alimento (tons. de MS) en el CEIEPAG (Marzo 1996 - Febrero 1997).⁽²⁰⁾

Mes	Pradera	Alfalfa	Ensilado de Maiz	Rastrojo de Maiz	Disponibles
Marzo	23.40	12.62	0.00	43.23	79.25
Abril	23.40	13.93	0.00	0.00	37.33
Mayo	23.40	13.76	0.00	0.00	37.16
Junio	33.60	14.20	0.00	0.00	47.80
Julio	33.60	16.48	0.00	0.00	50.08
Agosto	33.60	16.48	0.00	0.00	50.08
Septiembre	27.44	14.64	0.00	0.00	42.08
Octubre	4.00	11.79	121.50	0.00	137.2
Noviembre	3.00	11.22	0.00	0.00	14.22
Diciembre	5.20	10.08	0.00	19.95	35.23
Enero	5.20	8.48	0.00	0.00	13.68
Febrero	5.20	8.70	0.00	0.00	13.90
Total	221.04	152.33	121.50	63.18	557.99

En otros casos la oferta mensual de MS sobrepasaba la demanda en los meses de marzo y octubre (cuadro 6), por lo que fué necesario transferir los excedentes a periodos de déficit, con el fin de empatar la oferta y la demanda de alimento.^(20, 22, 26)

Cuadro 6. Datos mensuales de la oferta y la demanda de alimento (tns. de MS) y la diferencia entre estas en el CEIEPAG (Marzo 1996 - Febrero 1997).⁽²⁰⁾

Mes	Oferta	Demanda	Diferencia
Marzo	79.25	37.48	41.77
Abril	37.33	37.48	-0.15
Mayo	37.16	37.48	-0.32
Junio	47.80	37.48	10.32
Julio	50.08	37.48	12.60
Agosto	50.08	37.48	12.6
Septiembre	42.08	37.48	4.60
Octubre	137.2	37.48	99.72
Noviembre	14.22	37.48	-23.26
Diciembre	35.23	37.48	-2.25
Enero	13.68	37.48	23.8
Febrero	13.90	37.48	-23.58
Total	557.99	449.76	108.23

Las 43.23 tons. de MS de rastrojo de maíz disponibles en marzo (cuadro 5) se transfirieron a los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre (cuadro 7)

Cuadro 7. Distribución mensual del forraje (tons. de MS) en el CEIEPAG (periodo 1996-97).

Mes	Pradera	Alfalfa	Ensilado de Maiz	Rastrojo de Maiz	Disponibles
Marzo	23.40	12.62	0.00	1.46	37.48
Abril	23.40	13.93	0.00	10.67	48.00
Mayo	23.40	13.76	0.00	14.20	51.36
Junio	33.60	14.20	0.00	4.43	52.22
Julio	33.60	16.48	0.00	3.98	54.05
Agosto	33.60	16.48	0.00	3.61	53.69
Septiembre	27.44	14.64	0.00	4.83	46.91
Octubre	4.00	11.79	24.30	0.00	40.08
Noviembre	3.00	11.22	24.30	0.00	38.51
Diciembre	5.20	10.08	24.30	6.65	46.23
Enero	5.20	8.48	24.30	6.65	44.63
Febrero	5.20	8.70	24.30	6.65	44.85
Total	221.4	152.33	121.50	63.18	557.99

Las 19.95 tons. de MS de rastrojo de maiz disponibles en diciembre (cuadro 5), fueron transferidas a los meses de diciembre, enero y febrero quedando cada mes con 6.65 tons. de MS de rastrojo de maiz (cuadro 7). Por su parte, las 121.50 tons. de ensilado disponibles en octubre (cuadro 5) se transfirieron a los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, quedando cada mes con una disponibilidad promedio de 24.30 tons. de MS de ensilado, como indica el cuadro 7, donde se presenta la disponibilidad de MS mensual después de haber realizado la transferencia de la misma y con la cual se cubrieron las demandas de MS de los animales por cada mes del periodo en estudio.

Además del objetivo principal ya mencionado, se propuso en el CEIEPAG aumentar los ingresos extraordinarios por concepto de las actividades productivas del mismo.^(20, 21) Hasta octubre de 1996 el Centro producía ingresos extraordinarios en el área caprina por concepto de venta de animales de desecho; también se pretendía producir ingresos por venta de material genético (semen, machos y embriones *Boer*) y la engorda estacional de machos *F1* a partir de 1997.^(20, 21) El área bovina producía ingresos extraordinarios por concepto de ventas de animales de desecho, y de semen de bovinos *Belgian Blue* y *Limousin*; también se pretendía producir ingresos por la venta de animales y sementales de alta calidad genética. Además, con el propósito de utilizar los excedentes forrajeros del Centro (108.18 tons. de MS en 1996-97) se pretendía realizar una engorda estacional de bovinos con lo que se lograría incrementar los ingresos extraordinarios, diversificar la sub-empresa bovina, alimentar bases de datos y financiar la adquisición de un vehículo (una camioneta) para el Centro.⁽²⁰⁾ Lo anterior implicaba entre otras cosas identificar el periodo mas apropiado para realizar la engorda con base en la disponibilidad y en la demanda de MS (cuadro 7), y a su viabilidad biológica y financiera.⁽²⁰⁾ Para realizar dicha engorda se elaboró un proyecto (*Escenario 1*), en el cual se proponía la compra de 53 toretes comerciales (*F₁*) con un peso promedio de 200 kgs., a un costo de \$1,200.00 pesos cada uno (puestos los animales en el centro).⁽²⁰⁾ Los animales serían engordados durante un promedio de 167 días, en un régimen de pastoreo mixto (con cabras) complementado con forraje de corte (alfalfa y ensilado de maiz), implantados con *Zeranol* (Ralgro) cada 90 días, y desparasitados a los 60, 90 y 120 días.⁽²⁰⁾ La venta de los animales se haría en diciembre

de 1997, esperando un precio mínimo de \$10.00 pesos por kg. de PV. El cuadro 8 presenta el resumen del flujo de efectivo, el cual indica un ingreso bruto por venta de animales de \$238,500.00, con el que se pagaría un crédito de \$183,267.00, quedando un remanente de \$55,233.00 pesos.⁽²⁰⁾

Cuadro 8. *Resumen del flujo de efectivo de la engorda estacional de bovinos propuesta para el CEIEPAG.*⁽²⁰⁾

Concepto	Egresos	Ingresos
Préstamo (junio)		\$183,267.00
Compra de camioneta (junio)	\$100,000.00	
Compra de animales (junio)	\$63,600.00	
Sueldos eventuales (de junio a noviembre)	\$9,800.00	
Seguro ganadero (de junio a noviembre)	\$7,742.00	
Salud animal (de junio a noviembre)	\$2,125.00	
Venta de animales (diciembre)		\$238,500.00
Pago de préstamo (diciembre)	\$183,267.00	
Subtotal	\$366,534.00	\$421,767.00
Balance		\$55,233.00

Energía.

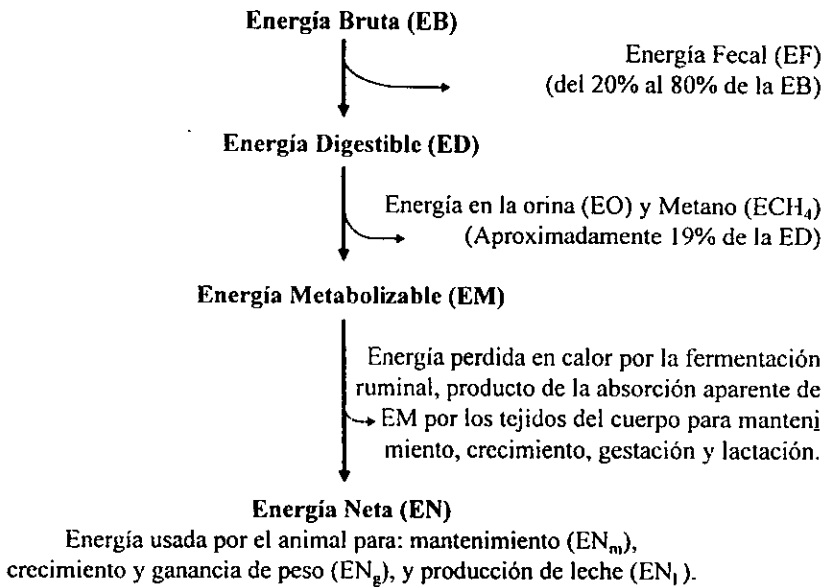
En el presente trabajo se usó el sistema de ecuaciones, elaborado y publicado en 1990 por el *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)* de Australia, por ser el único sistema de ecuaciones elaborado específicamente para estimar y evaluar los requerimientos nutricionales de rumiantes en pastoreo y por estar basado en información recopilada de numerosos estudios e investigaciones realizadas principalmente por el propio *CSIRO*, por el *Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF)* Australiano, el *Agricultural Research Council (ARC)* Británico, el *Institut National de la Reserche Agronomique (INRA)* Francés, y el *National Research Council (NRC)* de los

Estados Unidos de América.⁽²³⁾ Este sistema evalúa el valor nutricional de los alimentos y los requerimientos de energía, de proteína, de vitaminas, de minerales y el consumo de MS de los bovinos en pastoreo.⁽²³⁾

La energía es considerada en general como el factor nutricional limitante más importante en la producción de rumiantes debido a factores relativos a su disponibilidad y a sus costos.^(23, 27, 28, 29) Se ha propuesto que la energía contenida en los alimentos es metabolizada en el organismo de los rumiantes de la siguiente forma.^(23, 27, 28, 29)

Esquema 1. Metabolismo energético en los rumiantes.^(23, 27, 28, 29)

Valor energético de los alimentos. Pérdidas de energía



La energía bruta (EB) es definida como el total de energía contenida en un alimento.^(23, 27, 28, 29) Una proporción de la EB es perdida en las heces (cuadro 1), siendo la cantidad perdida de aproximadamente 65% para alimentos de baja calidad energética y maduros (por ejemplo: rastrojos y pajas) y del 20% para alimentos de alta calidad energética (por ejemplo: granos).^(23, 29) La energía digestible (ED) es igual a la EB

contenida en los alimentos menos la cantidad de energía perdida en las heces (EF) (cuadro 1). La ED es calculada con la siguiente ecuación:^(23, 27, 28, 29)

$$ED = EB - EF$$

Las pérdidas de energía en la orina (EO) y en metano (ECH₄) representan en promedio el 19% del total de la ED (cuadro 1). La fuente principal de metano es la fermentación ruminal, la cual produce una cantidad de calor cercana al 80% de la ECH₄, y del 6 al 8% de la ED.⁽²³⁾ La energía metabolizable (EM) es la energía resultante de restar las pérdidas de EO y ECH₄ a la ED; y es calculada por medio de la siguiente ecuación.^(23, 27, 28, 29)

$$EM = ED - (EO + ECH_4)$$

donde: EO y ECH₄ son las pérdidas de ED.

La EM es usada por los tejidos con una determinada eficiencia (k), la cual es calculada mediante la siguiente ecuación:^(23, 27, 28, 29)

$$k = EN / EM$$

El valor energético de los alimentos es medido en calorías (cal) o joules (J) (siendo 1 cal igual a 4.184 J), y puede ser expresado como EM por kilogramo (kg.) de Materia Seca (MS). En países como Gran Bretaña, Australia y Nueva Zelandia se usa el termino M/D para representar la concentración energética de los alimentos en Megajoules (MJ) de EM/kg. de MS; en México el valor equivalente de energía expresado MJ esta dado en Mcal.^(23, 27, 28, 29) Por eso, si se usara el término M/D para reportar el valor energético de los alimentos en Mcal de EM/kg. de MS, se tiene que dividir la cantidad de MJ de EM contenida en un kg. de MS entre 4.184.^(23, 28, 29)

Requerimientos de energía de los bovinos en pastoreo.

Los requerimientos de EN para mantenimiento y producción de bovinos en pastoreo son estimados por el *CSIRO* usando la siguiente ecuación:^(23, 29)

$$\text{Requerimientos de EN} = \text{EN}_m + \text{EN}_g + \text{EN}_c + \text{EN}_l$$

donde: EN_m representa la energía usada para mantenimiento de las funciones vitales;

EN_g es la energía usada para crecimiento y ganancia de peso;

EN_c representa la energía usada para la concepción y la gestación; y

EN_l es la cantidad de energía usada para producción láctea.

Los requerimientos de EN son divididos entre el valor de la eficiencia en el uso de la energía (k), para obtener los requerimientos de EM, como se muestra en la siguiente ecuación.^(23, 27, 28, 29)

$$\text{Requerimientos de EM} = \text{EN}_m/k_m + \text{EN}_g/k_g + \text{EN}_c/k_c + \text{EN}_l/k_l$$

El ARC usa la constante K para representar la producción de calor de un animal en ayuno.⁽³²⁾ De esta manera, reporta valores de K para bos taurus iguales a 1.4, para bos indicus de 1.2, y para las cruzas entre ambas razas de 1.3 para la primera crza (F1), y de 1.25 para $\frac{1}{4}$ de bos indicus. Dichos valores se incluyen en la ecuación 1, la cual estima la energía gastada por los bovinos durante el pastoreo bajo estrés térmico y considerando el mantenimiento basal:⁽²³⁾

$$\text{EM}_m(\text{Mcal/d}) = \frac{(K)(S)(0.26 \text{ PV}^{0.75})}{k_m} (\text{Exp}(-0.03 E)) + \frac{((0.09)(\text{EMC})) + (\text{EGP}) + \text{EGET}}{k_m} / 4.184 \quad (1)$$

donde:

EM_m es expresada en Mcal/día;

$K = 1.2$ para bos indicus;

1.4 para bos taurus;

1.3 primera cruce entre bos indicus y bos taurus;

1.25 para cruces $\frac{3}{4}$ de bos indicus;

S = Es una constante que representa el sexo del animal y que ha sido determinada de acuerdo a la eficiencia para ganancia de peso, y que presenta los siguientes valores:

hembras = 1

machos castrados = 1

machos enteros = 1.15

PV = Peso vivo del animal en kilogramos (kgs.);

E = Edad en años;

k_m = Eficiencia en el uso de la EM para mantenimiento;

EMC = Total de EM consumida;

EGP = Energía gastada en pastoreo; y

EGET = Energía perdida bajo estrés térmico (frío o calor), la cual es igual a 0 en un medio ambiente termoneutral (de 15° a 28° C).

El valor k_m predice la eficiencia en el uso de EM para mantenimiento durante los procesos de catabolismo y anabolismo. El valor de k_m se obtiene con la ecuación 2, donde M/D representa el valor energético del alimento en Mcal de EM/kg. de MS, siendo los valores 0.02 y 0.5 constantes:⁽²³⁾

$$k_m = 0.02 (M/D) + 0.5 \quad (2)$$

Para estimar el gasto energético de los animales en pastoreo, es necesario determinar la cantidad de EM necesaria para las actividades físicas que realizan. El cuadro 9 muestra la cantidad aproximada de EM gastada por los bovinos para realizar determinadas actividades.⁽²³⁾

La cantidad de energía gastada por los bovinos en el pastoreo (EGP) depende de factores tales como ^(23, 27, 28, 29, 30):

- disponibilidad de alimento (tons. de MS/ha).
- porcentaje de digestibilidad de la MS.

- constituyentes de la ración.
- consumo de MS.
- distancias caminadas.
- ubicación de bebederos.
- exposición a la intemperie (aire, sol, humedad relativa).
- topografía e interacción con el medio ambiente.

La energía metabolizable de mantenimiento (EM_m), es aquella que el animal utiliza para el mantenimiento de las funciones vitales.

Cuadro 9. Gasto energético de los bovinos para determinadas actividades.⁽²³⁾

Actividad física.	Gasto de EM/ kg. de PV.
Animal parado	2.39 kcal/día.
Cambiando de posición (echado - parado)	0.062 kcal.
Caminando en forma horizontal	0.621 kcal/km.
Caminando en forma vertical	6.69 kcal/km.
Comiendo	0.59 kcal/hr.
Rumiando	0.47 kcal/hr.

La determinación de la cantidad de EM_m necesaria para animales en pastoreo, se calcula sumando el gasto energético de cada actividad realizada.^(23, 27, 28, 29) Cuando los animales están pastoreando gastan una mayor cantidad de energía para obtener sus alimentos y agua que los animales estabulados, por lo que es indispensable añadir una cantidad extra de energía para cubrir sus necesidades reales de mantenimiento. Esta cantidad extra representa alrededor de 50 % de la EM_m para animales que recorren grandes distancias (más de 6.5 km. por día) y de un 10 a un 20% de la EM_m para animales en pastoreo que no recorren dichas distancias.⁽²³⁾ La Energía Gastada en Pastoreo por los animales (EGP) es estimada con la ecuación 3:⁽²³⁾

$$EGP \text{ (Mcal de EN/día)} = [(C)(CMS)(0.215-D) + (0.119)(T)/(DP + 3)] PV \quad (3)$$

donde:

C = 0.006 (constante);

CMS = Consumo de materia seca expresada en kg. por día;

D = Digestibilidad de la materia seca del alimento;

T = Terreno, el cual asume los siguientes valores:

1 para terreno plano (horizontal).

1.5 para terreno accidentado (pendientes ligeras).

2 para terreno muy accidentado (pendientes pronunciadas); y

DP = Disponibilidad de pasto (tons. de MS/ha).

El valor 0.215 en la ecuación 3 representa la energía neta adicional gastada por los animales al comer en condiciones de pastoreo, expresada en Mcal/kg. PV.⁽²³⁾ La energía gastada por los animales al rumiar está en función de la cantidad (kgs. de MS) y la digestibilidad del alimento en la pradera.⁽²³⁾ El valor del coeficiente C expresa el consumo relativo de MS en kgs. por hora de pastoreo, siendo el valor máximo de 8 kgs. de MS consumida por hora para bovinos.⁽²³⁾ El término 0.119 representa la energía neta gastada por el animal al caminar expresada en Mcal/kg. de PV, la cual disminuye conforme se incrementa la cantidad de forraje fresco disponible en la pradera debido a que los animales recorren menores distancias para conseguir su alimento; y por el contrario, conforme disminuye la cantidad de pasto disponible el animal tiende a caminar mas, incrementándose la cantidad de energía gastada.^(23, 30, 31) El gasto energético de los animales al caminar varía dependiendo del tipo de terreno (plano, ligeramente inclinado, muy inclinado) en el que pastorean. Por ello, el CSIRO en la ecuación 3 ha asignado un valor igual a uno (T = 1) al terreno plano, el cual representa un gasto energético de 0.0063 Mcal/kg. de peso vivo (PV) cuando el animal camina una distancia de 6.5 km. por día en ese tipo de terreno.⁽²³⁾ La energía gastada en terreno plano se incrementa en 0.00062 Mcal/kg. de PV por cada km. extra caminado después de los 6.5 kms.⁽²³⁾

Es importante considerar los factores climáticos estresantes porque implican un gasto energético adicional. Normalmente los mamíferos disipan la energía contenida en sus cuerpos mediante procesos de evaporación, radiación, convección y conducción; la cantidad disipada está en relación a la temperatura del cuerpo (T_c).⁽²³⁾ En los bovinos la producción de calor está en función del metabolismo y de la fermentación en el tracto

digestivo. Por lo tanto, se deduce que los animales producen calor en forma independiente de la temperatura ambiental (T_a) cuando están en una zona termoneutral.⁽²³⁾ Con temperaturas medioambientales elevadas (mayores a 30° C) el animal pierde calor por evaporación al incrementar su respiración, disminuyendo su consumo de alimento y por lo tanto su productividad, incrementándose los requerimientos energéticos de mantenimiento.⁽²³⁾ Así también, cuando la temperatura del medio ambiente disminuye alcanzando una temperatura crítica baja menor de 10° C, el metabolismo y el gasto energético se incrementan para producir una mayor cantidad de calor y mantener así las funciones vitales.⁽²³⁾ El cálculo de la pérdida de calor bajo estrés térmico (PCET) se realiza con la siguiente ecuación:⁽²³⁾

$$PCET = (EM_m + (EMC - EM_m) (1 - k_g)) \quad (4)$$

donde:

EMC = la energía metabolizable consumida; y

k_g = la eficiencia en el uso de la EM para crecimiento y ganancia de peso.

El valor de k_g es obtenido usando el valor de la energía contenida en la dieta y las constantes 0.042 y 0.006; esta última representa el consumo aparente de MS en kgs. durante una hora de pastoreo. El valor de k_g se obtiene con la ecuación 5:

$$k_g = 0.042 (M/D) + 0.006 \quad (5)$$

Finalmente, la energía neta para ganancia de peso (EN_g) es igual al calor de combustión de la grasa y proteína ganada en el cuerpo, los cuales son de 9.39 kcal/g y de 5.64 kcal por g respectivamente.^(23, 27, 28, 29) Sin embargo, la proporción de grasa y proteína por unidad de ganancia o pérdida de peso varía con la raza, sexo y edad del animal, así como con el peso ganado o perdido.^(23, 28) Existen variaciones en el contenido de agua en los tejidos debido a que las ganancias o pérdidas de agua están asociadas con la deposición o catabolismo de proteína y grasa. El ARC propone que las hembras presentan mayor

cantidad proporcional de grasa que los machos y sugiere realizar un ajuste de $\pm 15\%$ para predecir los valores de EN_m para las hembras.^(23, 32)

El cuadro 10 muestra los valores de los estándares de referencia de peso (ERP), los cuales son constantes que han sido obtenidas con base en las características del animal (la raza, el sexo, el desarrollo, y la condición corporal) para calcular la ganancia de peso de un animal en ayuno y estimar el consumo de materia seca.

Cuadro 10. Parámetros de referencia de peso.⁽²³⁾

Raza del Animal	Hembras	Machos castrados	Machos enteros
Chianina.	700	840	980
Charolais, Maine Anjou y Simmental.	650	780	910
Angus, Blonde de Aquitaine, Brahman, Brahman x Herford, Murray Grey, Limousin, Lincoln Red, Herford, Friesian y South Devon.	550	660	770
Beef Shorthorn, Dairy Shorthorn, Devon Red, Galloway y Red Poll.	500	600	700

Las razas de el cuadro 10 son divididas por el CSIRO en dos grupos: A y B.⁽²³⁾ El Grupo A contiene a las razas Angus, Brahman, Herford, Brahman x Herford, Lincoln Red, South Devon, Beef Shorthorn, Dairy Shorthorn, Friesian, Galloway, bos indicus x bos taurus (sin incluir razas del grupo B), Murray Grey, Devon Red, y Red Poll. El Grupo B contiene a las razas Charolais, Simmental, Chianina, Maine Anjou, Limousin, y Blonde de Aquitaine. El dividir las razas en dos grupos se debe a que las del Grupo B depositan mayor cantidad de proteína en los tejidos musculares y por lo tanto presentan diferente gasto energético que las del Grupo A. Para predecir la cantidad de energía ganada por un animal en ayuno (EGA) el CSIRO propone las ecuaciones 6 y 7 para el grupo A y el B respectivamente.⁽²³⁾

$$\text{Para el grupo A: } EGA = (6.7 + R) + (20.3 - R) / (1 + \exp(-6(PV-0.4))) \quad (6)$$

$$\text{Para el grupo B: } EGA = (6.7 + R) + (16.5 - R) / (1 + \exp(-6(PV-0.4))) \quad (7)$$

donde:

los valores 6.7, 20.3, 16.5, 1, 6 y 0.4 son constantes; PV (peso vivo) es elevado exponencialmente para representar el peso metabólico del animal; R es la variable que representa el ajuste en la ganancia o pérdida de peso, su valor es obtenido con la ecuación 8:

$$R = 2 ((EU_g/EN_m) - 1) \quad (8)$$

donde:

EU_g es la cantidad de energía útil para ganancia de peso y $EU_g = k_g (EMC - EM_m)$; EN_m es igual a la energía neta de mantenimiento (ecuación 4); y 1 y 2 son constantes.

Para obtener las ganancias de peso vivo (GPV) de los bovinos en crecimiento y engorda en pastoreo, se debe estimar antes la cantidad de energía retenida (ER) en los tejidos del animal. El valor de dicha energía se obtiene al multiplicar el valor de la eficiencia en el uso de la EM para ganancia de peso (k_g) por el excedente de EM usada para mantenimiento (ecuación 9).

$$ER = k_g (EM \text{ excedente de las necesidades de mantenimiento}) \quad (9)$$

Posteriormente el valor de ER es dividido entre el valor resultado de multiplicar la ENGA por 0.92 (ecuación 10).

$$GPV = ER / (ENGA) (0.92) \quad (10)$$

donde:

ENGA es la energía neta de ganancia de un animal en ayuno, la cual equivale al 92% del peso vivo ganado por el animal por día.

Proteínas.

Las proteínas son elementos esenciales para los seres vivos debido a que ^(23, 31, 33, 34).

- i) forman parte de la mayoría de los procesos biológicos;
- ii) funcionan como enzimas en reacciones bioquímicas;
- iii) funcionan como hormonas reguladoras de la síntesis y degradación de materiales;
- iv) forman el tejido muscular; e
- v) intervienen en el proceso de coagulación y gluconeogénesis.

Estas funciones vitales implican por lo tanto la necesidad de una cierta cantidad de proteína en la dieta de los animales. ^(23, 27, 28) Los valores de proteína en los alimentos y los requerimientos de proteína de los rumiantes son expresados en términos de proteína cruda (PC), la cual es igual a la cantidad de nitrógeno total multiplicado por 6.25 (constante). ^(23, 27, 28, 31)

En el proceso de fermentación ruminal, la microflora degrada una parte de la proteína cruda consumida en la dieta (PCCD), y utiliza el nitrógeno endógeno presente en la saliva como fuente adicional de nitrógeno para los microorganismos ruminales. ⁽²³⁾ El nitrógeno endógeno entra al rumen como parte de la proteína cruda de la dieta en forma de nitrógeno no proteico (NNP), siendo una porción de este transferido a través de la pared del rumen a la saliva para ser reciclado. ^(23, 27, 28, 31) La proteína cruda degradada en el rumen (PCDR) y el material endógeno ruminal proporcionan nitrógeno cuando son transformados en amoníaco por los microorganismos ruminales. ^(23, 27, 28, 31)

La eficiencia en el uso de proteína de los alimentos por los rumiantes es estimada midiendo: ^(23, 27, 28)

- i) La proteína degradada en el rumen (PDR), la proteína no degradada en el rumen (PNDR) y la proteína salida del abomaso (PSA); y
- ii) la producción de proteína cruda microbiana (PCM) y la cantidad de energía de la dieta.

La degradabilidad de la proteína de los forrajes en el rumen depende del grado de madurez de los mismos, de tal forma que cuando se incrementa la madurez de un forraje, la digestibilidad y degradabilidad de la proteína se reducen. ⁽²³⁾ Por lo tanto, la degradabilidad de la proteína es mayor en forrajes jóvenes debido a que la estructura celular no se ha lignificado. ^(23, 27, 28, 30, 31) Estimando la degradabilidad de la proteína en el rumen y la

eficiencia en su utilización se puede conocer la cantidad real de proteína aportada al animal por la dieta.^(23, 27, 28)

La producción total de proteína cruda microbiana (PTPCM) por los microorganismos del rumen depende de la cantidad de EM proporcionada por la dieta a la microflora ruminal para realizar la síntesis de proteína. La PTPCM se calcula usando la siguiente ecuación:^(23, 27, 28)

$$\text{PTPCM} = \text{EMC}(\text{g de PCMS/Mcal de EM en la dieta}) \quad (11)$$

donde:

EMC es la energía metabolizable consumida y PCMS representa la proteína cruda microbiana sintetizada por Mcal de EM en la dieta.

El cuadro 11 muestra los valores en g de la PCMS para tres tipos de dietas (leguminosas y pastos de clima templado de primer y segundo crecimiento y de ensilados); dichos valores son usados en la ecuación 11 para obtener la producción total de proteína cruda microbiana (PTPCM) a partir de la dieta.⁽²³⁾

Cuadro 11. Cantidad de proteína cruda microbiana sintetizada (PCMS), de proteína salida del abomaso (PSA) y la digestibilidad aparente de la proteína salida del abomaso (DAPSA), para tres tipos de dietas (pastos frescos y secos de zonas templadas).⁽²³⁾

Producción Microbiana	Primer crecimiento (g/Mcal EM)	Segundo o mas crecimientos (g/Mcal EM)	Ensilados (g/Mcal EM)
PCMS	11.0	8.4	6.1
PSA	8.7	6.7	4.9
DAPSA	6.1	4.7	3.4

Los requerimientos de proteína de los animales se obtienen estimando las pérdidas de N₂ en orina, heces, piel y otros tejidos.^(23, 27, 28) Las pérdidas urinarias de N₂ se dividen en 2 componentes:⁽²³⁾

1. Un componente llamado Nitrógeno Endógeno Urinario (NEU), que representa las pérdidas mínimas de componentes nitrogenados.
2. Un componente llamado Nitrógeno Exógeno (EN) que es producto del metabolismo de la PC de la dieta.

Las pérdidas endógenas urinarias de nitrógeno (PEUN) expresadas en g/día están relacionadas con el PV del animal y su potencial metabólico; su valor es calculado con la ecuación 12:⁽²³⁾

$$\text{PEUN} = 0.37 \log 10 \text{ PV} - 42.2 \quad (12)$$

donde:

PV representa el peso vivo del animal expresado en kgs., y 0.37 y 42.2 son constantes

El Nitrógeno Metabólico Fecal (NMF) puede ser de origen endógeno o exógeno (nitrógeno perdido de la dieta) (23). La urea es fuente endógena de nitrógeno para los microorganismos y representa una proporción de la proteína útil para el animal.^(23, 27, 28) Las Pérdidas Fecales de Nitrógeno Endógeno (PFNE) son estimadas usando la ecuación 13, donde se multiplica el valor de 15.2 (constante) por los kgs. de materia seca consumida (MSC).⁽²³⁾

$$\text{PFNE} = (15.2\text{g})(\text{kgs. de MSC}). \quad (13)$$

Para estimar las pérdidas de proteína en la piel (PPP) siguiendo el método propuesto por el ARC, se toma en cuenta el PV del animal expresado como peso metabólico ($\text{PV}^{0.75}$), el cual representa el potencial metabólico de animales en crecimiento.⁽³²⁾ PPP se calcula con la siguiente ecuación.⁽²³⁾

$$\text{PPP/ día} = (0.11 \text{ g})(\text{kgs. de PV}^{0.75}) \quad (14)$$

Para calcular la cantidad de proteína requerida en la dieta de los bovinos es indispensable estimar la proteína necesaria para ganancia de peso del animal en ayuno

(PGA). La estimación se realiza usando la ecuación 15 para las razas del grupo A y la ecuación 16 para las razas del grupo B. Se usan dos ecuaciones debido a que las razas del grupo B fijan mayor cantidad de proteína en los tejidos que las razas del grupo A.⁽²³⁾

$$\text{Grupo A Prot. g/ kg. PGA} = (212-4R)-(140-4R)/(1 + \exp(-6(PV-0.4))). \quad (15)$$

$$\text{Grupo B Prot. g/ kg. PGA} = (212-4R)-(120-4R)/(1 + \exp(-6(PV-0.4))). \quad (16)$$

donde:

los valores 212, 140, 120, 0.4, 6 y 4 son constantes; R representa el ajuste en la ganancia o pérdida de peso (ecuación 8); y P es el valor que resulta de dividir el PV del animal entre la constante de referencia de peso correspondiente para ese animal (cuadro 10).⁽²³⁾

El valor resultante de las ecuaciones 15 ó 16 debe ser sumado a los valores resultados de las ecuaciones 12, 13 y 14 para estimar la cantidad total de proteína que absorbe el animal en el tracto digestivo. Sin embargo, para estimar la cantidad de PC que debe contener la dieta se debe multiplicar el valor resultado de la suma de las ecuaciones por 100 que representa el cien por ciento de proteína que debe contener la dieta, y el valor así obtenido dividirse entre el porcentaje de digestibilidad de la misma.⁽²³⁾

Vitaminas y Minerales.

Las vitaminas son elementos requeridos en pequeñas cantidades para el metabolismo y salud de los tejidos.⁽³⁵⁾ Cada vitamina tiene una función específica; la carencia de alguna puede producir signos clínicos de enfermedad e incluso la muerte del animal.^(33, 35)

Las vitaminas pueden dividirse con base a sus propiedades de solubilidad en dos grupos:^(33, 35)

a. Vitaminas liposolubles.

b. Vitaminas hidrosolubles.

a. Vitaminas liposolubles.

El grupo de vitaminas liposolubles esta integrado por las vitaminas A, D, E, y K. La vitamina A (retinol) participa en el crecimiento, reproducción, y mantenimiento de los tejidos epiteliales, y en la síntesis de glicoproteínas.^(23, 28, 33, 35) Se encuentra en los forrajes verdes en forma de carotenos, los cuales son sus precursores.^(33, 35) Los bovinos en crecimiento y engorda bajo pastoreo requieren de 20 mg de retinol ó de 120 mg de carotenos por kg. de PV por día para mantenimiento (cuadro 12).⁽²³⁾ Dichos animales generalmente llenan sus requerimientos de vitamina A, pero pueden presentar deficiencias cuando consumen pastos maduros o secos, porque la cantidad de carotenos disminuye conforme maduran las plantas.^(23, 28, 33, 35) La deficiencia conduce a una reducción en el consumo de alimento, ceguera de la noche, xeroftalmia, edema papilar, y aumento en la presión del liquido cefalorraquídeo, y son corregidas proporcionando al animal forrajes verdes ricos en carotenos o con una inyección de 440 unidades internacionales (UI) de vitamina A por kg. de PV.^(23, 28, 36)

La vitamina D participa en la absorción, movilización y mineralización de Ca y P en los huesos.^(23, 28, 37) Los bovinos en crecimiento y engorda en pastoreo requieren en promedio 0.15 mcg. de vitamina D por kg. de PV por día (cuadro 12).⁽²³⁾ Dichos requerimientos son provistos por la mayoría de sus dietas y por la síntesis relacionada con la radiación ultravioleta.^(23, 28) Las deficiencias de vitamina D suelen presentarse cuando los bovinos consumen pastos frescos y jóvenes en invierno porque la cantidad de luz solar que llega a las plantas es menor y por lo tanto la síntesis de esta vitamina es reducida.⁽³³⁾ Las deficiencias se manifiestan con hipocalcemia e hipofosfatemia, anorexia, debilidad, raquitismo en animales jóvenes, tetania, convulsiones, fracturas, parálisis y muerte.^(23, 28, 34) La prevención consiste en exponer al animal a la luz solar, proporcionar suplementos alimenticios (henos desecados al sol) o aplicar colecalciferol por vía intramuscular en dosis única de 11.000 UI, la cual le protegerá de 3 a 6 meses.^(23, 28, 36) La intoxicación ocurre al administrar 15 a 17 millones de UI de vitamina D₃ por vía parenteral, produciendo hipercalcemia, hiperfosfatemia, anorexia, taquicardia, debilidad, fiebre y muerte.⁽³⁶⁾

El alfa-tocoferol, la forma activa de la vitamina E, está generalmente presente en forrajes verdes.^(23, 28, 33) Sirve como antioxidante, previniendo la presencia de radicales

peróxido e hidrogeniones.^(23, 28) La estimación de los requerimientos del ganado bovino productor de carne en pastoreo no es precisa, pero se maneja un rango de 15 a 60 mg/kg. de MS consumida cuando hay un aporte adecuado de selenio (Se) en la dieta. Los bovinos engordados en pastoreo comúnmente obtienen las cantidades necesarias de vitamina E de la dieta cuando el aporte de Se es el adecuado.⁽²³⁾ Las deficiencias de Vitamina E se traducen en: miopatía nutricional (enfermedad del músculo blanco), distrofia muscular, debilidad muscular, mioglobinuria, tambaleo, fibrilación cardíaca y parálisis.^(23, 28) La prevención consiste en administrar al animal forraje verde o bien la aplicación de 0.1 mg de Se/kg. de PV por vía oral.⁽²³⁾

La filoquinona (vitamina K₁) y la menaquinona (vitamina K₂) son las formas activas de la vitamina K. La vitamina K₁ es comúnmente encontrada en forrajes verdes y la K₂ es producida por la microflora ruminal.⁽³³⁾ La principal función de la vitamina K es la producción de la protrombina usada en el mecanismo de la coagulación. La vitamina K abunda en los forrajes y es sintetizada en grandes cantidades en el rumen.^(36, 37) Los bovinos en pastoreo casi nunca presentan deficiencias de vitamina K; sin embargo, el consumo de trébol y de algunos otros forrajes enmohecidos puede provocar la formación de antivitamina K (dicumarol); esta sustancia interviene en la coagulación originando el síndrome hemorrágico.^(36, 37) La prevención de deficiencias se realiza añadiendo a la dieta una dosis de 25 mg de vitamina K₃ por kg. de MS durante 4 días cuando los animales consumen forrajes enmohecidos.^(23, 28)

b. Vitaminas Hidrosolubles (complejo B y C).

Vitaminas del complejo B: Las vitaminas hidrosolubles (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, cianocobalamina) generalmente son sintetizadas por la microflora ruminal en cantidades adecuadas, llenando así los requerimientos de los bovinos en desarrollo y engorda en pastoreo.^(23, 28, 36, 38) La tiamina (B₁) es una coenzima que participa en la descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico para el metabolismo de los glúcidos. Los requerimientos de tiamina de los bovinos productores de carne en pastoreo son de 0.23 mg. de tiamina por Meal de EM consumida (cuadro 12).⁽²³⁾ Dichos requerimientos son cubiertos en general excepto cuando existen altas concentraciones de la enzima tiaminasa

en el rumen, la cual destruye esta vitamina.⁽²³⁾ La tiaminasa es formada por las bacterias del rumen a partir de substratos tales como antihelmínticos (hidrato de piperazina, tiabendazol, tetramisol), tranquilizantes y antihistamínicos (trimeprazina, acepromacina).⁽²³⁾ Los signos de deficiencia de tiamina son: necrosis cerebrocortical, depresión, ataxia, salivación y tetania.⁽²³⁾ La prevención de las deficiencias de tiamina se realizan proporcionando los requerimientos diarios en la dieta o bien administrando levadura por vía oral.⁽²³⁾

La cianocobalamina (B₁₂) participa en varios sistemas enzimáticos, los cuales incluyen isomerasas (mutasas), deshidrogenasas y en la síntesis de metionina.⁽³³⁾ Es de especial interés en los rumiantes porque participa en el metabolismo del propionato.^(23, 28, 33) La eficiencia en la utilización del Cobalto (Co) para la síntesis de la B₁₂ parece incrementarse o disminuir dependiendo del consumo de Co, por lo que se sugiere manejar un rango de 0.02 a 0.05 mg de Co/kg. de MS.⁽²³⁾ Los requerimientos de vitamina B₁₂ en los bovinos en pastoreo no han sido definidos, pero se considera que normalmente no requieren de la suplementación de vitamina B₁₂ cuando existe el aporte apropiado de Co.^(23, 28) Los becerros pre-rumiantes corren un riesgo elevado de presentar deficiencias de vitamina B₁₂ debido a que aún no han desarrollado los compartimentos gástricos y no existe flora ruminal que produzca dicha vitamina.^(23, 36) El cuadro 12 proporciona las cantidades de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y de tiamina requeridas por los bovinos en sus dietas.

Cuadro 12. *Requerimientos nutricionales de algunas vitaminas de bovinos productores de carne en pastoreo.*^(23, 36)

VITAMINAS.	REQUERIMIENTOS.
A	20 mg de retinol o 120 de carotenos/kg. de PV
D	0.15 mg/kg. de PV
E	15 a 60 mg/kg. de MS/día
B ₁	0.23 mg de tiamina/Mcal de EM

Los bovinos en pastoreo normalmente no requieren aportes de rivo flavina, de niacina, de ácido pantoténico, de piridoxina, ni de ácido ascórbico en su dieta, debido a que la microflora ruminal produce dichas vitaminas en cantidades suficientes para cubrir sus necesidades.^(23, 33, 36) La rivo flavina (vitamina B₂) funciona como coenzima de la flavoproteína, participa en reacciones aerobias (oxidadas) y anaerobias (deshidrogenasas).⁽³³⁾ La niacina (ácido nicotínico) es constituyente de la nicotinamida-adenín-dinucleótido (NAD) y nicotinamida adenín-dinucleótido-fosfatado (NADP).⁽³³⁾ El ácido pantoténico es requerido para el metabolismo de energía, para la síntesis de esteroides, y para la formación de Acetil-CoA, Succinil-CoA, Acetil-CoA, Palmitato, Metil-malonil-CoA, y Succinato-GTP + CoA.⁽³³⁾ La piridoxina (B₆) es coenzima del metabolismo del nitrógeno y de la proteína; participa en reacciones de transaminación, descarboxilación, deshidratación, desulfuración y en la formación de eritrocitos.^(33, 36) La vitamina C (ácido ascórbico) es usada en procesos de oxidación y de reducción (transporte de electrones); participa en la oxidación de tirosina y en el metabolismo del colágeno y es requerida para la formación de prolina y lisina y en la incorporación del hierro al plasma.⁽³³⁾

Minerales.

Los minerales son elementos importantes en la nutrición de los rumiantes porque participan en la digestión, en el balance iónico, en la permeabilidad de membranas, favorecen la absorción y el metabolismo de nutrientes, y regulan la presión osmótica.^(23, 28, 33, 36, 37) Los minerales se encuentran en los alimentos en forma de iones solubles, en complejos orgánicos, o como componentes inorgánicos insolubles; su absorción, utilización, almacenamiento y excreción son controlados por mecanismos homeostáticos ligados a la edad y al estado fisiológico del animal.^(23, 28) Sus deficiencias o excesos son evidentes con la presencia de signos clínicos; sin embargo, es importante el reconocimiento de deficiencias en estado subclínico ya que afectan el desempeño productivo del animal.^(23, 28, 31, 34, 36)

Los requerimientos de minerales en los rumiantes son estimados mediante la suma de las pérdidas de minerales en las heces (PM_h), la orina (PM_o), la piel (PM_p), el pelo (PM_{pl}), las cantidades almacenadas o excretadas durante el crecimiento (M_c), la gestación

(M_g), la lactación (M_l), y considerando su coeficiente de absorción (CA); lo cual es expresado en la siguiente fórmula ^(23, 28):

$$\text{Req. de minerales de los bovinos} = \frac{(PM_h + PM_c + PM_p + PM_{pl} + M_c + M_g + M_l)}{CA}$$

Los minerales indispensables en la alimentación de los rumiantes se clasifican en macroelementos (minerales principales) y oligoelementos (minerales traza).⁽³⁴⁾

Macroelementos.

A los macroelementos (calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio y azufre) se les conoce así porque son requeridos en cantidades relativamente grandes en la dieta. Las necesidades de estos minerales se expresan en gramos (g).

El calcio (Ca) y el fósforo (P) son los minerales más abundantes en los cuerpos de los mamíferos, siendo los constituyentes principales de la estructura ósea.⁽²³⁾ El P está involucrado en el mantenimiento de la estructura integral de la célula y en el metabolismo de energía y proteína.^(23, 37) Los bovinos en crecimiento y engorda en pastoreo rara vez sufren deficiencias de Ca y P.⁽²³⁾ El contenido de estos minerales en las plantas está en relación al tipo de planta y a la madurez de la misma. Las leguminosas generalmente tienen un mayor contenido de Ca y menor contenido de P que los pastos.⁽³⁴⁾ Conforme madura el forraje disminuye su contenido Ca y P.^(23, 37) Las necesidades de Ca para mantenimiento de bovinos en crecimiento y engorda son de 16 mg de Ca/kg. de PV/día y de 14 g de Ca/kg. de PV ganado o bien de 1.9 a 4 g de Ca/kg. de MS.⁽²³⁾ Las necesidades de P son de 20 a 25 mg por kg. de PV y de 8 g de P/kg. de PV ganado por día.^(23, 37) El cuadro 13 presenta los requerimientos promedio de Ca y P para mantenimiento y ganancia de peso de bovinos en crecimiento y engorda en pastoreo

Con ganancias mayores a 1.2 kgs. de PV los requerimientos de Ca y P no han sido bien definidos. Sin embargo, se ha observado que conforme se incrementa la edad y las ganancias de peso del animal, las necesidades de minerales varían poco, debido a que se fija una menor cantidad de minerales en el sistema óseo.⁽²³⁾

Cuadro 13. Necesidades de calcio (Ca) y de fósforo (P) (g/día) para bovinos en crecimiento y engorda en pastoreo.⁽²³⁾

GDP (kg.)	0		0.4		0.8		1.2	
Peso vivo (kg.)	Ca	P	Ca	P	Ca	P	Ca	P
50	1.3	1.4	11	6	20	10	28	15
100	2.7	2.9	12	8	21	12	31	17
200	5.3	5.7	15	10	24	15	33	19
300	8.0	8.6	17	13	27	18	36	22
400	10.7	11.4	20	16	29	21	39	25
500	13.3	14.3	22	19	32	24	-	-
600	16.0	17.1	25	22	-	-	-	-

Las deficiencias de Ca y P se manifiestan con disminución en el consumo de alimento, raquitismo, crecimiento retardado, osteomalasia y osteodistrofia, fragilidad de huesos y apetito depravado por la tierra.^(23, 33, 34, 37) Los ingredientes a incluir en las dietas para evitar deficiencias de Ca y P son: harina de carne, harina de pescado, carbonato de calcio, y fosfato monosódico. La cantidad a utilizar dependerá de las necesidades del animal y de la concentración del mineral en el ingrediente.^(23, 33)

La principal función del potasio (K) es mantener la presión osmótica de fluidos intra y extra celulares y el mantenimiento del balance ácido-base, además de participar en el metabolismo de los glúcidos.^(23, 33, 37) Los requerimientos de K para mantenimiento de novillos en crecimiento y engorda son en promedio de 5 g por kg. de MS en la dieta (cuadro 13) y de 1.8 g por kg. de PV ganado.⁽²³⁾ Los pastos contienen mayor cantidad de K que los cereales, siendo esta cantidad mayor a la requerida por los animales.⁽²³⁾ Cuando el contenido de K en el suero es bajo se considera hipokalemia, la cual se manifiesta con: anorexia, crecimiento retardado, pérdida de peso, debilidad muscular, emaciación, irritabilidad, parálisis y tetania.^(23, 33, 34, 37) El tratamiento indicado en la hipokalemia es la

administración de gluconato de potasio o de cloruro de potasio a una tasa máxima de 0.5 mEq de K/kg. de PV/h vía oral.⁽³⁷⁾

El Magnesio (Mg) participa en la fosforilación oxidativa y en el metabolismo de glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.^(23, 28, 33, 34) Los requerimientos de Mg para bovinos en pastoreo son de 3 mg de Mg por kg. de PV para mantenimiento y de 0.45 g de Mg por kg. de PV ganado, o bien de 1.9 g de Mg/kg. de MS (cuadro 13).⁽²³⁾ Las deficiencias de Mg (hipomagnesemia o tetania de los pastos) llegan a presentarse en bovinos en pastoreo cuando consumen pastos fertilizados con potasio donde los suelos presentan alto contenido del mismo y bajo contenido de sodio.⁽²³⁾ La hipomagnesemia esta caracterizada por tetania, convulsiones y mortalidad elevada.^(23, 28, 36) La suplementación de Mg se realiza administrando una dosis de 60 g/día de óxido de magnesio por vía oral o aplicando una solución de borogluconato de calcio por vía endovenosa (de 250 a 500 ml de solución al 25%) y sulfato de magnesio por vía subcutánea (200 ml al 50%), mas 60 g de óxido de magnesio diario vía oral por una semana.⁽³⁶⁾

El Azufre (S) es componente de los aminoácidos metionina, cisteína y cistina, de algunas vitaminas como la biotina y la tiamina, de la coenzima A, de la heparina, y de la glutamina.^(23, 28, 33) El S participa en la síntesis y metabolismo de proteínas, de grasas, de glúcidos, en funciones endócrinas y en el balance de flúidos (ácidos y bases intra y extracelulares).⁽²³⁾ Los microorgrnismos del rumen tienen la capacidad de transformar el S inorgánico a orgánico para ser utilizado por el animal.^(23, 28) El contenido de S en el alimento está en relación al contenido de proteína, esto es, a mayor contenido de proteína se incrementa la concentración de S y viceversa.^(23, 28) Como una guía general se considera que la dieta de los bovinos en pastoreo debe contener 0.07 g de S por cada 6.25 g de proteína degradada en el rumen o 1.5 g S/kg. de MS.⁽²³⁾ Los signos de deficiencia de este mineral incluyen: reducción del apetito, diarrea, inactividad y muerte.^(23, 28) Las deficiencias de S pueden corregirse suplementando a los animales con forrajes que contengan 2 g de S/kg. de MS.⁽²³⁾ Se ha visto que la ingestión de 85 a 450 g de S por los bovinos causa toxicidad y muerte.⁽³⁴⁾ La intoxicación presenta como signos clínicos dolor abdominal, contracturas musculares, diarrea negra con olor a ácido sulfhídrico, disnea, convulsiones y muerte.^(34, 37)

Oligoelementos (minerales traza): Las necesidades de los oligoelementos se miden en miligramos (mg) en las dietas de los bovinos. Los minerales considerados oligoelementos son: cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), fierro (Fe), manganeso (Mn), selenio (Se) y zinc (Zn).

Como ya se mencionó, el Co es un mineral necesario para que los microorganismos del contenido ruminal sintetizen vitamina B 12; es utilizado para la formación de hemoglobina y participa en el metabolismo del ácido propiónico.^(23, 28, 37) Los requerimientos mínimos de Co en las dietas de los bovinos en pastoreo son de 0.11 mg de Co/kg. de MS (cuadro 14).⁽²³⁾ Las leguminosas contienen mayor cantidad de Co que los pastos, pero el contenido de Co en los forrajes varía con la madurez de las plantas.⁽²³⁾ Conforme maduran las plantas su contenido de Co se reduce.⁽²³⁾ Las deficiencias de Co se manifiestan con pérdida del apetito, letargia, crecimiento retardado, anemia normocítica-normocrómica, diarrea, emaciación, debilidad muscular, caquecisia y muerte.^(23, 33, 34, 37) Las deficiencias de Co en bovinos en pastoreo pueden evitarse administrando 1 mg de Co/día y cuando se presentan son corregidas administrando de 5 a 15 mg de Co/día.⁽³⁷⁾ El Co a dosis mayores de 300 veces la necesaria produce toxicidad, la cual se manifiesta con disminución del apetito, depresión y muerte.⁽²³⁾

La principal función del Se es reducir peróxidos intracelulares y proteger la célula de la oxidación y daño estructural.^(23, 33) Este mineral se encuentra ligado a la enzima glutatión-peroxidasa, previniendo la producción de radicales hidrogeniones.^(23, 33) La concentración de Se en la dieta de los bovinos en pastoreo debe ser de 0.05 a 0.10 mg/kg. de MS consumida en la dieta (cuadro 14); dicha cantidad es generalmente contenida en la mayoría de las dietas basadas en pastos.⁽²³⁾ La deficiencia de Se tiene como signos clínicos la presencia de músculo blanco o distrofia muscular y parálisis muscular.⁽²³⁾ Las deficiencias son corregidas con inyección intramuscular de selenito de sodio a dosis de 0.1 mg por kg. de PV.⁽²³⁾ La cantidad máxima tolerable de Se en la dieta de los bovinos es de 2 mg por kg. de MS consumida en la dieta. La toxicidad se presenta en una concentración de 5 a 40 mg de Se/kg. de MS, manifestándose con la pérdida del apetito y de pelo, hemorragia, diarrea aguada, colapso circulatorio y muerte.^(23, 33, 34, 37)

El Cu es usado en la formación de hemoglobina; el metabolismo de los tejidos conectivos, y en la actividad de las enzimas citocromo-oxidasa, uricasa, tirosinasa, glutatión-oxidasa, y catalasa, entre otras.^(23, 33, 34) Los requerimientos de Cu de los bovinos son de 1.06 mg de Cu/kg. de PV ganado por día y de 7 a 10 mg por kg. de MS (cuadro 14).⁽²³⁾ En el ganado bovino en pastoreo son raras las deficiencias de Cu porque los forrajes proveen de 3 a 4 veces los requerimientos normales de dichos animales. Las deficiencias se presentan cuando el Cu interactúa con el S, el molibdeno (Mo), el Zn, el Fe, y el cadmio (Cd), los cuales afectan su disponibilidad.^(23, 33) Por ejemplo, las plantas que contienen altos niveles de Mo y S reducen la absorción del cobre.⁽²³⁾ Las deficiencias se manifiestan con anemia, crecimiento retardado, fragilidad ósea y diarrea, y son tratadas suplementando sulfato de cobre en la mezcla de sales minerales en una proporción de 3 a 5% de la mezcla total.⁽³⁴⁾ La intoxicación por Cu ocurre con dosis de 200 mg de Cu por kg. de MS.^(23, 28) El cuadro 14 proporciona una guía general de concentraciones promedio de macrominerales y oligoelementos que debe contener una dieta para bovinos en crecimiento y engorda.

Cuadro 14. *Concentración de macrominerales y oligoelementos que debe contener la dieta de bovinos productores de carne bajo pastoreo.*⁽²³⁾

Macrominerales	Concentración (g/kg. de MS)	Oligoelementos	Concentración (mg/kg. de MS)
Ca	1.9 - 4.0	Co	0.11
P	1.8 - 3.2	Cu	7 - 10
Cl	2.0	I	0.5
Mg	1.9	Fe	40
K	5.0	Mn	15 - 25
Na	0.8 - 1.2	Se	0.05 - 0.10
S	1.5	Zn	20 - 30

Las dietas de los bovinos en pastoreo generalmente cubren los requerimientos de los animales, sin embargo, pueden presentarse deficiencias de los mismos, por ello es

importante la suplementación para mantener la salud y el nivel productivo de los animales.⁽²³⁾

Consumo de Alimento.

En los sistemas de producción animal bajo pastoreo, el manejo correcto de la alimentación de los rumiantes requiere estimar el consumo voluntario de alimento (CVA).^(21, 23, 30) Algunos de los sistemas de ecuaciones que predicen el consumo de alimento de los rumiantes en pastoreo proponen que el consumo voluntario está en función de 2 elementos:^(21, 23, 28, 30)

- i) El potencial de consumo de alimento por el animal (tamaño y demanda energética); y
- ii) el consumo relativo de alimento, el cual es determinado por ciertas características de la pastura (principalmente cantidad y calidad).

El consumo voluntario de alimento de los rumiantes en pastoreo está determinado por dos tipos de factores:^(21, 30)

- i) Factores nutricionales.*
- ii) Factores no nutricionales.*

i) Factores nutricionales.

Los factores nutricionales que influyen en el consumo voluntario de alimento son:^(21, 23, 30)

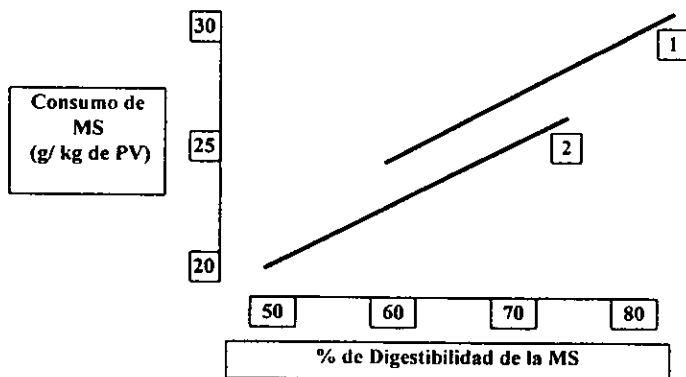
- i) La digestibilidad del alimento;
- ii) la velocidad de paso de la ingesta en el rumen; y
- iii) los requerimientos nutricionales del animal.

El consumo de MS está relacionado directa y linealmente con su digestibilidad (Figura 1).^(21, 30) Por lo tanto el valor nutritivo y energético que una dieta aporta a los animales está en función de la digestibilidad de la materia seca.^(9, 21, 23, 30, 38, 39) La

digestibilidad es el factor nutricional de mayor importancia en el consumo voluntario de alimento puesto que tiene una relación estrecha con la velocidad de paso de la ingesta.^(21, 23, 30)

Por ejemplo, los forrajes jóvenes generalmente presentan mayor digestibilidad y velocidad de paso en el tracto digestivo que los forrajes maduros debido a que no se han lignificado.^(21, 30) La digestibilidad de los forrajes está influenciada por la época del año, lo cual puede observarse en la Figura 1, donde se presentan dos líneas; la línea 1 se refiere al crecimiento primario en primavera (zona templada) de pasto *rye grass* (*Lolium perenne*) y en la línea 2 se representa al rebrote en verano para la misma pradera. También se aprecia que a medida que se incrementa la digestibilidad de la materia seca de la pradera, se incrementa el consumo de la misma por el animal en forma lineal.^(9, 30, 39)

Figura 1. Relación entre la digestibilidad de la materia seca (MS) de pastos de clima templado (*Lolium perenne*) de crecimiento primario en primavera (línea 1) y el rebrote en verano (línea 2) y el consumo de la misma.^(9, 39)



El consumo voluntario de alimento está relacionado con la velocidad de paso de la ingesta a través del rumen; y la velocidad de paso de la ingesta está en función del contenido de alimento en el rumen, el tiempo de digestión y el potencial de digestibilidad del alimento.^(21, 23, 30) Cuando se satura la capacidad de carga del rumen, el animal deja de comer, lo cual reduce el consumo voluntario de alimento. Por el contrario, cuando la

capacidad de carga del rumen no se ha alcanzado, el animal sigue comiendo hasta satisfacer su necesidad física (saciedad).⁽²¹⁾

El tiempo de digestión de un forraje y el potencial de degradabilidad del mismo dentro del rumen juegan un papel muy importante en el consumo voluntario de alimento, debido a que a mayor degradabilidad de un forraje, se requiere menor cantidad de tiempo para la digestión, y por lo tanto, el tiempo que tarda la ingesta en salir del rumen es menor, fomentando el consumo de alimento.^(21, 23) Por su parte, los requerimientos de energía y de otros nutrientes (proteínas, vitaminas, minerales) también intervienen en el consumo voluntario de alimento. Altos requerimientos de energía y proteína se presentan durante la lactación y el crecimiento de los animales, lo que provoca un incremento en el consumo de alimento con el propósito de cubrir dichos requerimientos.^(21, 23, 30)

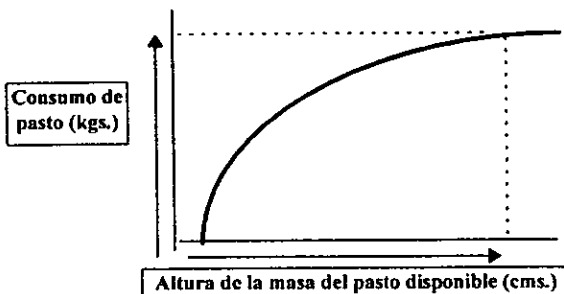
ii) Factores no nutricionales

Los factores no nutricionales que intervienen en el consumo voluntario de alimento de los bovinos en pastoreo son:^(9, 21, 23, 30)

- i) La altura de la pradera, y
- ii) el comportamiento del animal al pastorear (consumo por bocado, cantidad de mordidas, cantidad de consumo, competencia y tiempo de pastoreo).

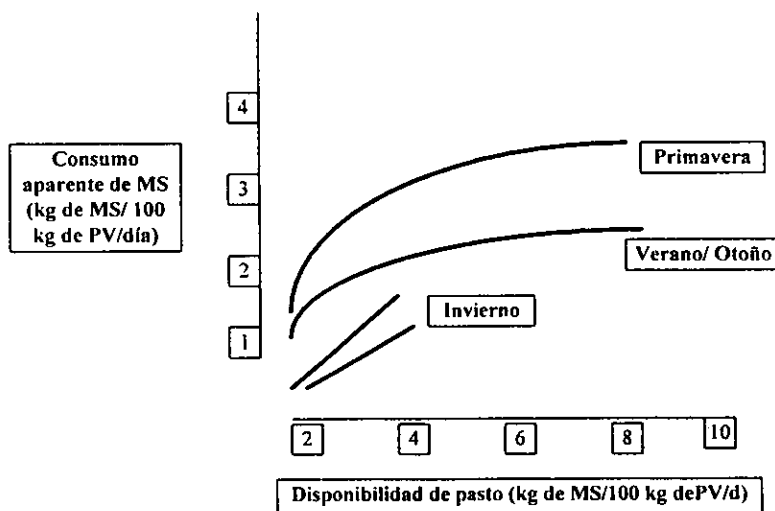
El consumo de pastos de clima templado está relacionado de manera curvilínea con la variación en la cantidad de pastura por unidad de área (masa del pasto) (figura 2), con la altura de la pradera, o con la disponibilidad de pasto.^(21, 30)

Figura 2. Relación entre el consumo por bovinos de pasto rye grass (*Lolium perenne*) y la altura de la masa del pasto.^(30, 39)



La figura 3 muestra la sensibilidad del consumo de pasto a cambios en la disponibilidad del mismo (la disponibilidad de pasto es definida como la masa de pasto del pre-pastoreo dividida entre el número de animales o de unidades animal o de peso vivo o peso metabólico por unidad de superficie por día).^(6, 9, 30) Dicha figura se deriva de observaciones en ganado bovino productor de carne en Nueva Zelandia, donde se estandarizó la disponibilidad de pasto expresándola en kgs. de MS por cada 100 kgs. de PV al día.⁽³⁰⁾

Figura 3. Influencia de la disponibilidad de pasto de clima templado (*Lolium perenne*) en el consumo aparente de MS de ganado bovino de engorda en crecimiento.^(30, 39)



En la figura 3 se presentan tres relaciones generalizadas medidas para praderas de clima templado en primavera, verano-otoño, e invierno.^(30, 39)

Otros elementos a considerar son el efecto que tienen las limitantes impuestas por el comportamiento animal en el consumo de MS durante el pastoreo, así como la manera en que dichas limitantes son afectadas por las condiciones de la pradera (figura 4).^(21, 30, 39)

Los componentes del comportamiento animal más importantes en el consumo de pasto son:^(21, 30, 39)

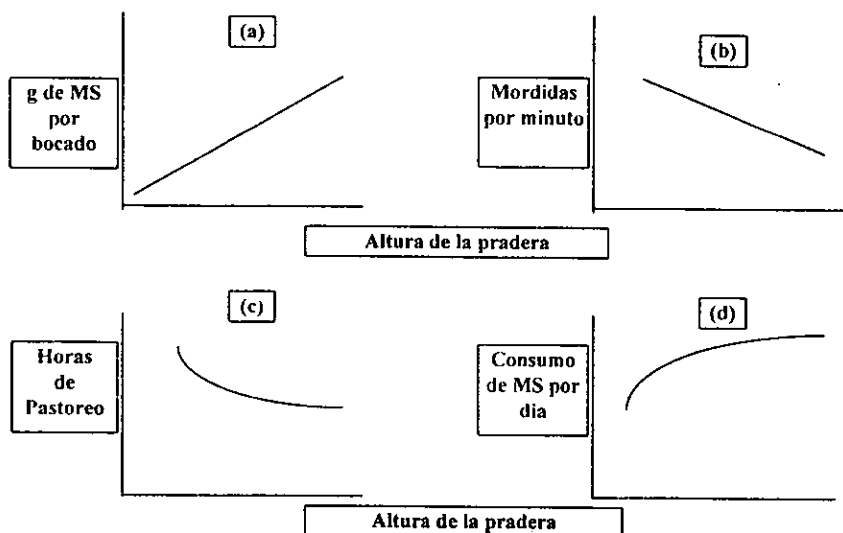
- El consumo por bocado (g de materia seca por mordida); y

- la cantidad de consumo (g de materia seca por unidad de tiempo).

La cantidad de pasto consumido por bocado es el resultado de la profundidad, el área del bocado y la disponibilidad de pasto.^(30, 39)

Figura 4. Relación entre la altura de la pradera y a) consumo de MS por bocado; b) cantidad de mordidas por minuto; c) tiempo de pastoreo; y d) consumo de MS por día.

Fuente: Penning P. D. (1985) En: *Grazing Research at Northern Latitudes. Proceedings of a NATO Workshop, Iceland, pp. 219-226, citado por Hodgson, 1996.*⁽³⁹⁾



Conforme se incrementa la altura de la pradera, el consumo de pasto por bocado también se incrementa. Por el contrario, al declinar la altura de la pradera, el consumo por bocado se reduce substancialmente (Figura 4 (a)).^(21, 39) Se considera que para pastos de clima templado la altura de la pradera es la variable no nutricional que tiene mayor influencia en el consumo por bocado.^(9, 21, 30, 39) En la figura 4 (d) se observa que el consumo de MS por día disminuye progresivamente conforme declina la altura de la pradera y viceversa. Por su parte, la cantidad de mordidas (4(b)) y el tiempo de pastoreo (4(c)) tienden a incrementarse cuando disminuye dicha altura y viceversa. La tasa de

consumo estará en función del consumo por bocado (g de materia seca por mordida), de la cantidad de mordiscos (mordiscos por unidad de tiempo) y del tiempo de pastoreo.^(21, 30, 39)

En conclusión, si se pretende lograr niveles elevados de producción animal, se requiere que los animales consuman altas cantidades de alimento y de nutrientes.⁽³⁰⁾ Esto puede lograrse manipulando los factores (nutricionales y no nutricionales) que intervienen en el consumo voluntario de alimento; también con prácticas de manejo tales como la aplicación de promotores de crecimiento, algunos de los cuales incrementan el consumo de MS (por ejemplo: Zeranolona (Ralgro), y estradiol con progesterona (Synovex-S)).^(40, 41, 42, 43, 44, 45)

En el presente trabajo, para calcular el consumo voluntario de MS se usó el cuadro que se presenta en el Apéndice J₃, el cual fue obtenido a partir de el uso una serie de ecuaciones y modelos de simulación desarrollados por el CSIRO y provee de resultados que se ajustan a los consumos reales de MS de bovinos de engorda en pastoreo.⁽²³⁾

Programación Lineal.

Hoy en día se ha dado un creciente interés en el uso de las computadoras en el sector agropecuario debido a que facilitan y eficientizan el manejo de los sistemas de información y los procesos de planeación y control, y a que permiten el uso de técnicas y herramientas tales como modelos computacionales de simulación, de análisis de riesgo y de programación lineal (PL).^(2, 6, 46, 47, 48)

La PL es una herramienta usada desde los años cincuentas en el sector agropecuario; puede ser definida como:^(49, 50, 51) *“...técnica sistemática, versátil y poderosa de análisis operacional e investigación basada en programación matemática que determina soluciones óptimas al asignar recursos limitantes (tierra, trabajo, capital, humano, etc.) a una determinada actividad, maximizando o minimizando valores, e interrelacionando variables en un sistema”.*

El uso de modelos de PL en el sector agropecuario ha estado relacionado con la administración de empresas agropecuarias (elaboración y evaluación de proyectos de inversión, distribución de la producción, programación de inventarios, uso de recursos limitantes, plan de cultivos, mezcla y composición nutricional de productos y materias

primas), mercadotecnia (medios publicitarios, distribución de productos, manejo de mercados), economía zootécnica (planes de capacidad económica y productiva, manejo de finanzas e inversión, costos de producción), y nutrición animal (elaboración de dietas, minimización de costos).^(49, 50, 51, 55) Los modelos de PL son utilizados para encontrar soluciones óptimas a problemas prácticos en forma gráfica y/o matemática.^(13, 15, 49, 50, 51, 52)

Las técnicas de PL ofrecen las siguientes ventajas:^(2, 47, 48, 49, 50, 51)

- i) Facilitan la interacción y combinación de variables;
- ii) pueden emplear una enorme cantidad de restricciones; y
- iii) determinan soluciones óptimas.

La PL presenta desventajas entre las que destacan las siguientes:^(49, 54)

- i) Solo puede representar la relación entre variables con funciones lineales;
- ii) solo maneja variables que pueden ser calificadas como cuantitativas y no cualitativas;
- iii) solo puede manejar variables que permiten divisibilidad entre factores;
- iv) puede presentar resultados erróneos si no se tiene certidumbre en la información o en la elaboración de procesos matemáticos; y
- v) debe ser construida con un número de procesos finitos.

Para elaborar un modelo de PL se deben seguir los siguientes pasos:⁽⁴⁹⁾

- i) Definición del problema:* Consiste en discernir y establecer cual es el o los problemas a solucionar, determinando los objetivos del estudio. La definición del problema establece los lineamientos y límites de acción.
- ii) Formulación del modelo:* Para formular el modelo es necesario considerar todas las variables pertinentes que participan en la solución del problema, para ello se debe elaborar una lista de las áreas y elementos de importancia a considerar en dicho modelo. Por ejemplo: en el área de producción agropecuaria se consideran la variedad, la calidad, los costos de producción, la estación, las ofertas de pastos, de forrajes, de granos, de maquinaria, así como las demandas de los animales, etc. Posteriormente se elabora la estructura del modelo mediante ecuaciones y expresiones matemáticas, las cuales estarán en función de los objetivos planteados.
- iii) Colección de datos e información:* Es de suma importancia coleccionar datos e información confiable, debido a que estos darán certidumbre y confiabilidad a los resultados. Dicha

colección debe contener información científica y datos empíricos de campo; ambos estarán en función de las necesidades del problema a solucionar, de los objetivos planteados y del alcance de los mismos. Existe una relación estrecha entre la formulación del modelo y la colección de datos, debido a que los datos e información a coleccionar deben ser obtenidos en base a los objetivos y características del sistema a representar en el modelo. Deben chequearse los datos y las fuentes de información antes de establecer las bases de datos.

iv) Modelo testigo: El modelo testigo puede ser visto como una colección de procesos múltiples que comprenden la verificación, la evaluación y el análisis de sensibilidad del modelo.

La verificación consiste en analizar la lógica de la estructura de un modelo construido. Para ello se revisan y analizan minuciosamente cada uno de los pasos realizados. Si existe algún error en el modelo, es el momento adecuado para corregirlo.⁽⁴⁹⁾ Los errores más comunes cuando se elaboran modelos de PL son:^(49, 52)

- a) Colocar el coeficiente en la celda o en la columna equivocada;
- b) colocar el o los signos que no corresponden a determinado coeficiente; y
- c) colocar coeficientes usando otras unidades y no las correspondientes.

La evaluación consiste en analizar si el modelo opera correctamente con las especificaciones designadas y si provee de soluciones razonables al problema para el cual fue elaborado.⁽⁴⁹⁾ Es un procedimiento que se realiza conforme se usa el modelo, observando los resultados y comparándolos con la realidad. El análisis de sensibilidad consiste en estudiar y observar el grado de influencia que presentan las variables (tiempo, costos, precios, recursos, etc) al interactuar en el sistema y su efecto en la solución óptima del problema.^(19, 49) Al hacer el análisis de sensibilidad se deben correr modelaciones, con el propósito de observar el funcionamiento del modelo.⁽⁴⁹⁾

v) Interpretación de resultados: Cuando se interpretan resultados se deben hacer múltiples modelaciones, con el propósito de analizar los efectos de las variables en el sistema y de elaborar varias alternativas de solución. La interpretación de los resultados debe basarse en los objetivos planteados, en los resultados obtenidos y en la implicación de dichos resultados en el sistema.⁽⁴⁹⁾

vi) *Toma de decisiones*: después del análisis de los resultados, se elige la solución óptima para el problema. Se escoge un plan para solucionar el problema, se evalúa dicho plan, y si no resulta factible se escoge otro hasta que lo sea y posteriormente se implementa y se evalúa; finalmente se re-evalúa y si se considera necesario se desarrollan nuevas alternativas modificando las variables en el modelo que representa al sistema estudiado.^(2, 49)

El uso de la computadora ha convertido a la PL en una herramienta práctica y eficiente a tal grado que en la actualidad existen en el mercado hojas electrónicas de cálculo (por ejemplo *Microsoft Excel*) las cuales permiten resolver problemas de optimización usando esta herramienta.^(49, 50, 51) Las hojas electrónicas de cálculo fueron en un principio versiones de las hojas de trabajo de contabilidad, creadas con el propósito de realizar operaciones aritméticas simples.⁽⁵⁶⁾ *Microsoft Excel* es una de las hojas electrónicas de cálculo más importantes ya que es una herramienta sencilla, versátil y poderosa. Contiene una interfaz simplificada en la que se usan menús, submenús y lenguaje de programación adaptado a *macros*.^(56, 57)

La herramienta *Solver* forma parte del menú de *Microsoft Excel*, su principal función es obtener soluciones óptimas (minimización-maximización) a problemas que involucran múltiples variables y restricciones, como aquellos en los cuales las variables están relacionadas mediante funciones lineales (por ejemplo: Programación Lineal).^(56, 57) Para resolver problemas de PL usando *Solver* se deben conocer las partes que integran el modelo, como son:

1. La celda objetivo: es aquella que contiene el objetivo del problema, el cual adquirirá un valor máximo o mínimo calculado por *Solver*;
2. las celdas cambiantes: son aquellas que *Solver* manipula para satisfacer la celda objetivo;
3. las restricciones: son límites que se imponen a los valores en las celdas cambiantes y/o celda objetivo.

Los pasos a seguir al elaborar un modelo de PL con el uso de la herramienta *Solver* son:⁽⁵⁶⁾

1. Selección en la caja de diálogo “Opciones” de *Solver*: modelo de PL (figura 5).

Figura 5. Caja de diálogo Opciones de Solver.

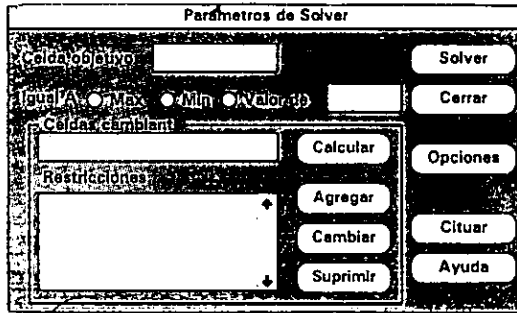
2. Ingresar la información en una hoja de trabajo nueva (figura 6).

Figura 6. Hoja de trabajo.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

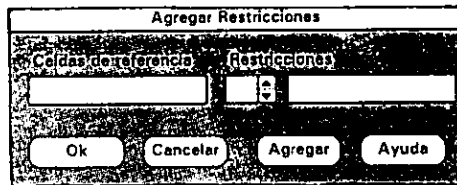
- Ingresar fórmulas en la hoja de trabajo (figura 6).
- Copiar las fórmulas en la hoja de trabajo (figura 6).
- Seleccionar en el menú herramientas: *Solver*.
- Ingresar la celda objetivo y establecer el valor del parámetro (figura 7).
- Dar "click" con el "mouse" en la caja de modificaciones de celdas y seleccionar las celdas cambiantes (figura 7).

Figura 7. Caja de diálogo parámetros de Solver.



8. Dar "click" en el botón "Agregar" e ingresar las restricciones (figura 8).

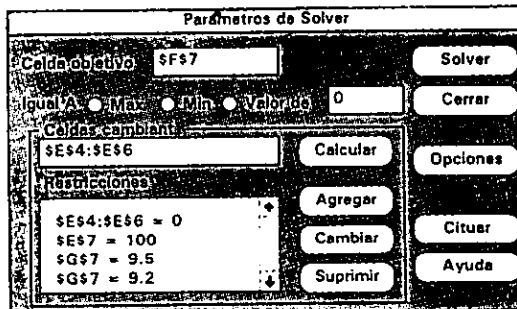
Figura 8. Caja de diálogo de restricciones.



9. Dar "click" en "Ok" después de agregar la última restricción (figura 8).

10. Dar "click" en el botón *Solver* para arrancar la herramienta del mismo nombre (figura 9).

Figura 9. Caja de diálogo de parámetros de Solver.



Balanceo.

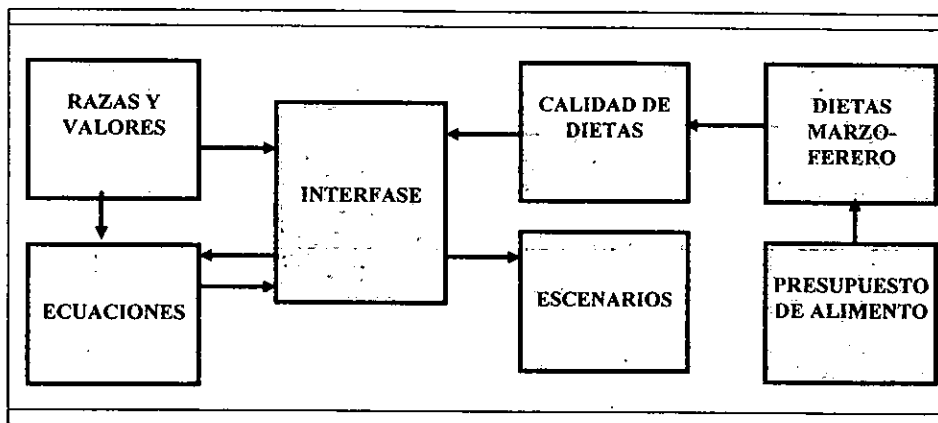
El *Balanceo* es un Sistema Computacional de Apoyo a las Decisiones (*SCAD*) diseñado para optimizar raciones y ajustar objetivos productivos de bovinos para abasto bajo pastoreo por medio de Programación Lineal. Es una herramienta que permite elaborar dietas con el propósito de optimizar el uso de los recursos forrajeros, y estimar tasas de crecimiento (GDP) de bovinos engordados en pastoreo, calcula sus requerimientos de proteína y su consumo de MS. El *Balanceo* fue desarrollado usando como plataforma *Microsoft Excel* y está formado por los siguientes sub-modelos:

1. *Interfase* (Apéndice E).
2. *Escenarios* (Apéndice F_{1,3}).
3. *Calidad de dietas* (Apéndice G).
4. *Dietas de Marzo - Febrero* (Apéndice H_{1,12}).
5. *Presupuesto de alimento* (Apéndice I).
6. *Razas y valores* (Apéndice J_{1,3}).
7. *Ecuaciones* (Apéndice K_{1,4}).

El sub-modelo *Interface* (Apéndice E) permite la interacción entre el usuario y el modelo. Contiene la estructura donde el operador inserta los datos relativos a las características cualitativas (expresadas en porcentaje de digestibilidad, en Mcal de EM y en porcentaje de PC) y cuantitativas (tons. de MS/ha) de la dieta. Este sub-modelo presenta cuatro cajas de diálogo (una caja de diálogo contiene datos a seleccionar con solo presionar o señalar una opción o botón), las cuales hacen al modelo una herramienta “amigable” y sencilla.⁽⁵⁶⁾ La primera caja de diálogo presenta al usuario los nombres de los doce meses del periodo en estudio. Al seleccionar el nombre de un mes automáticamente se proporcionan en las celdas correspondientes los datos de la dieta en ese mes (calidad y cantidad), los cuales se encuentran en el sub-modelo *Calidad de dietas* (Apéndice G). Dichos datos serán usados en el sub-modelo *Ecuaciones* (Apéndice K_{2,4}) para estimar los valores de proteína y energía en los alimentos y para los animales.

La caja de diálogo que lleva por nombre “Terreno” presenta tres variantes de terreno a pastorear: “Plano”, “Accidentado”, y “Muy accidentado”. Al seleccionar cualquiera de las variantes del terreno se asigna en el sub-modelo *Ecuaciones* (Apéndice K₁) el valor (constante T) que representa el gasto energético del animal al pastorear (ecuación 3) en ese tipo de terreno. La tercera caja de diálogo contiene los nombres de las razas de bovinos productores de carne que integran el modelo (Angus, Beef Shorthorn, Blonde de Aquitaine, Brahman, Brahman x Herford, Charolais, Chianina, Dairy Shorthorn, Devon Red, Friesian, Galloway, Herford, bos indicus 3/4, bos indicus x bos taurus, Limousin, Lincoln Red, Maine Anjou, Murray Grey, Red Poll, Simmental y South Devon). Se utilizan estas razas debido a que son las consideradas por el sistema de ecuaciones empleado.⁽²³⁾ Al seleccionar la raza, se asignan las constantes para el cálculo de energía y proteína de las ecuaciones 6, 7, 15 y 16 respectivamente (ver páginas 22 y 27), las cuales son desarrolladas en el sub-modelo *Ecuaciones* (Apéndices K₃ y K₄). Finalmente la cuarta caja de diálogo maneja tres opciones con respecto al sexo del animal (“hembras”, “machos castrados” y “machos enteros”). Al escoger cualquiera de estas opciones el sub-modelo asigna la constante del parámetro de referencia de peso correspondiente (cuadro 9), que es utilizado para calcular la ganancia de peso de bovinos en pastoreo. El cuadro que presenta las características de los animales contiene una celda y un botón. En la celda se introduce el valor del peso vivo del animal en kilogramos; dicho valor es usado en las ecuaciones 3, 6, 7 (Apéndice K_{2,3}), 12, 14, 15, 16 (Apéndice K₄), y para estimar el consumo de MS en el sub-modelo *Ecuaciones* (Apéndice K₁). El botón permite seleccionar la edad del animal en un rango de 0.5 a 6 años. Se usa un valor máximo de 6 años debido a que generalmente los bovinos productores de carne destinados al abasto no rebasan esa edad. Finalmente, el sub-modelo *Interfase* (Apéndice E) presenta un cuadro que proporciona los resultados de los cálculos del modelo: kgs. de peso vivo ganados por día (GDP), requerimientos de proteína en la dieta y consumo de MS/animal/día. En la figura 10 se puede observar como el sub-modelo *Interfase* (Apéndice E) está ligado directamente a los sub-modelos *Razas-Valores* (Apéndices J_{1,3}), *Ecuaciones* (Apéndice K_{1,4}), *Calidad de dietas* (Apéndice G) y *Escenarios* (Apéndices F_{1,3}) e indirectamente con los sub-modelos *Dietas de Marzo-Febrero* (Apéndices H₁₋₁₂) y *Presupuesto de alimento* (Apéndices A_{1,3}, I).

Figura 10. Relaciones entre los sub-modelos componentes del SCAD "BALANCEO".



El sub-modelo *Razas-Valores* (Apéndices J_{1,3}) contiene información sobre las razas que maneja el programa, así como valores de los parámetros de referencia de peso (cuadro 2), la constante *K* (ecuación 1), las constantes usadas en las ecuaciones 6, 7, 15 y 16 (Apéndice J₁), la constante *S* (ecuación 1), las constantes del terreno (*T*) (ecuación 3), el valor de la *PC* (ecuación 11) (Apéndice J₂) y el cuadro del consumo de *MS* (Apéndice J₃). Parte de la información manejada en este sub-modelo alimenta al sub-modelo *Interfase* (Apéndice E).

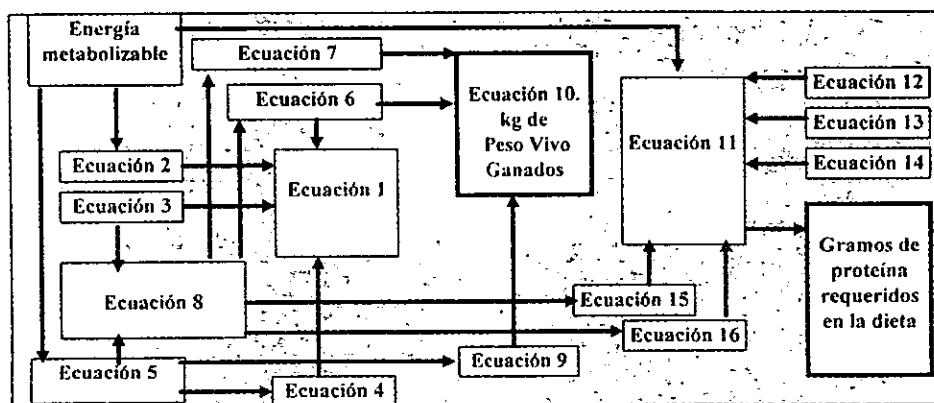
En el sub-modelo *Ecuaciones* (Apéndice K₂) se transforma el valor de la *EM* reportada en Mcal/kg. de *MS* en el sub-modelo *Interfase* a MJ de *EM* debido a que el sistema de ecuaciones empleado mide la energía en MJ. El valor obtenido se incluyó en las ecuaciones 2 y 5 para estimar k_m y k_g respectivamente (figura 11). Con la ecuación 5 y con el valor resultante de multiplicar los MJ de *EM* por los kg. de *MS* consumida por el animal se derivó la ecuación 4, mientras que el valor de la ecuación 3 se derivó con el *PV* del animal y su consumo de *MS*. Para fines prácticos, la ecuación 1 (EM_m) se desarrolló en cuatro pasos (Apéndice K₂):

- i) cálculo de la energía para mantenimiento basal (ecuación 1);
- ii) cálculo de la cantidad extra de energía metabolizable $((0.09)(EMC))$;
- iii) cálculo de la energía gastada en pastorear (ecuación 3) y
- iv) cálculo de la energía gastada por estrés térmico (ecuación 4).

Después se sumaron los valores resultantes de estos cuatro pasos para estimar el valor de la EM_m . El valor de EN_g es usado para estimar el valor R en la ecuación 8. El valor de R se incluye en las ecuaciones 6 y 7 (figura 11) para estimar los MJ de EM que determinan la ganancia de peso de un animal. ER (ecuación 9) es integrada en la ecuación 10 (figura 11) que calcula la ganancia de peso vivo en kgs. (GDP) (Apéndice K₃), siendo dicho valor reportado en sub-modelo *Interfase*.

El cálculo de los requerimientos de proteína para mantenimiento se hizo sumando las pérdidas endógenas urinarias de nitrógeno (ecuación 12), las pérdidas endógenas fecales de nitrógeno (ecuación 13), las pérdidas de proteína en piel (ecuación 14) (Apéndice K₄) y la proteína de ganancia de un animal en ayuno (ecuaciones 15 y 16) (figura 11). El valor resultante de la suma de estas últimas cinco ecuaciones se integró en la ecuación 11 donde se multiplica por los gramos de PC degradada por la microflora ruminal (cuadro 3), el valor así obtenido es multiplicado por 100 y dividido entre 75 (promedio de degradabilidad de la proteína en pastos en clima templado) para obtener la cantidad de proteína cruda que debe tener la dieta (Apéndice K₄); dicho valor es dividido entre el número de kgs. de MS consumidos por el animal para reportarse en el sub-modelo *Interfase* como la cantidad de proteína que debe contener la dieta por kg. de MS.

Figura 11. Relaciones entre las ecuaciones del sub-modelo Ecuaciones (Apéndice K) para calcular la ganancia de peso vivo y la cantidad de proteína requerida en la dieta de los bovinos en engorda en pastoreo.⁽²³⁾



El sub-modelo *Presupuesto de alimento* (Apéndice I) contiene una base de datos sobre la producción, la disponibilidad, la calidad nutricional, la oferta, la demanda y los excedentes de MS de los forrajes con que se contaba en el CEIEPAG por cada mes del periodo de estudio. El sub-modelo *Presupuesto de alimento* esta conectado con el sub-modelo *Dietas de Marzo-Febrero* (Apéndices H_{1,12}), este último contiene la información sobre la calidad nutricional de los forrajes (porcentaje de PC, de TND, y Mcal de EM) para cada mes del periodo, así como los costos de producción y la disponibilidad de alimento (tons. de MS/mes); dichos datos fueron usados para la elaborar dietas a mínimo costo usando de la herramienta *Solver* quedando establecido el sub-modelo de la siguiente manera:

- Los kgs. de inclusión por ingrediente deben ser iguales a los porcentajes de inclusión multiplicados por las necesidades de MS del animal.
- El costo de la dieta es igual a la suma de la cantidad de kgs. de inclusión de los ingredientes incluidos multiplicada por el costo por kg. de MS de cada uno de los ingredientes incluidos en dicha dieta.
- Los gramos de proteína cruda en la dieta se calculan multiplicando los kgs. de inclusión de los ingredientes incluidos por el porcentaje de proteína cruda por kg. de MS de dicho ingrediente, y sumando las cantidades así obtenidas para cada uno de los ingredientes de la dieta.
- La EM en Mcal es igual a la suma de las multiplicaciones de las cantidades de inclusión de cada uno de los ingredientes utilizados en kgs. por su contenido de EM (Mcal) por kg. de MS.
- El consumo de MS de los animales es igual a la suma de las cantidades de inclusión (kgs.) en la dieta de cada uno de los ingredientes multiplicada por el número de animales.
- El consumo de MS por mes de los animales es igual al consumo diario de MS del total de animales multiplicado por los días del mes.

En el sub-modelo *Dietas de Marzo-Febrero* (Apéndices H_{1,12}), el cual contiene los costos de los ingredientes de la dieta, se programó la *celda objetivo* dentro de *Solver* para obtener el costo más bajo posible, asignándole un valor mínimo igual a cero. Se

seleccionaron las celdas que contienen el porcentaje de inclusión (*celdas cambiantes*), y se agregaron las siguientes restricciones:

- i) La inclusión de cada ingrediente debe ser mayor o igual a cero;
- ii) la inclusión máxima de cada ingrediente debe ser igual a la disponibilidad del mismo; y
- iii) la cantidad de energía en la dieta deberá ser lo mas elevada posible.

Las soluciones consideradas óptimas se presentan en el sub-modelo *Calidad de dietas* (Apéndice F), el cual incluye información sobre la calidad nutricional de las dietas y la disponibilidad de forraje en la pradera. Estos resultados alimentan la caja de diálogo que contiene los nombres de los meses del periodo en estudio y proporcionan los valores de la calidad de las dietas para el sub-modelo *Interfase* (Apéndice E).

Con las dietas consideradas óptimas para cada mes y con las características asignadas para los animales se calculan las ganancias de peso y el consumo de MS por cabeza por día. Esta información es integrada en el sub-modelo *Escenarios* (Apéndices F₁₋₃) donde se multiplicó el peso vivo del animal en el momento de la compra (200 kgs.) por el costo de 1 kg. de PV para determinar el costo unitario a la compra del animal y la inversión por el total de animales comprados. Para obtener el precio unitario por animal a la venta se multiplicó el peso del animal en el mes que se vende por el precio por kg. de PV en ese mes.⁽⁵⁸⁾ Los costos por concepto de alimentación se obtuvieron multiplicando el costo de producción del kg. de MS de alimento consumido por un animal al día por el número de animales, por mes y por periodo, mientras que la conversión alimenticia se estimó dividiendo el consumo de MS del animal para el periodo de engorda entre los kgs. de peso ganados. El sub-modelo *Escenarios* se conecta con el SCAD *Cárnico 1x* (Apéndice L), el cual está constituido por una serie de sub-modelos desarrollados para analizar la viabilidad biológica y financiera de proyectos y empresas de producción de ganado bovino y caprino para abasto bajo pastoreo.⁽⁴³⁾ El objetivo de conectar el sub-modelo *Escenarios* con el *Cárnico 1x* fué calcular la utilidad marginal por U.A. usando los valores del costo unitario de los animales a la compra y su precio a la venta, el costo por concepto de alimentación, de medicina preventiva y de salarios de trabajadores (Apéndice L), y hacer la comparación de la inversión para los escenarios modelados.⁽⁴³⁾

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

De marzo de 1996 a febrero de 1997 en el CEIEPAG se produjeron un total de 108.18 tons. de MS de alimento excedente, aún cuando, como ya se mencionó, se registró la más baja precipitación pluvial (menos de 500 mm) en los últimos 30 años. Un problema fue la conservación y almacenamiento de dichos excedentes forrajeros, principalmente los de pasto y alfalfa, debido a que en época de lluvia no podían almacenarse porque el alto grado de humedad ambiental favorece la descomposición del forraje. Además, la conservación del pasto y de la alfalfa como ensilado o henificado implica, aparte de una mayor inversión económica y de mano de obra, la reducción del porcentaje de humedad a niveles muy difíciles de lograr en el periodo de lluvias. Así, el problema de conservación de forraje en el periodo estudiado fué muy importante; sin embargo, adquiriría mayor relevancia en un año con mayor precipitación pluvial (el promedio anual reportado: 665.9 mm). Por lo tanto, el manejo de los excedentes forrajeros, que significa optimizar el uso de los recursos, constituye la principal regla de decisión para elegir la alternativa más recomendable. La alternativa planteada por el Director del Centro en ese tiempo (1996-1997) fué la engorda estacional de bovinos para abasto, porque ayudaría a resolver el problema del manejo de los excedentes forrajeros al consumir los animales engordados pasto *in situ* almacenándolo en el cuerpo de los animales (GDP) sin implicar un gasto extra asociado a corte y conservación. Esta alternativa permitiría además de mantener el equilibrio entre la calidad y la cantidad del pasto al usar a los animales como herramienta de control, la obtención de ingresos extraordinarios. Para analizar la factibilidad biológica y financiera de la alternativa propuesta, usando el *Balanceo* se simularon tres *Escenarios* con el propósito de determinar el periodo más recomendable para realizar la engorda a fin de aprovechar los excedentes estacionales de alimento y lograr la mayor rentabilidad financiera posible. A continuación se describirán los tres *Escenarios* modelados.

El *Escenario 1* simula el proyecto mencionado en la descripción del sistema, donde se considera la engorda de 53 toretes *F1* de 200 kgs. de PV de junio a noviembre (6 meses). La repartición de excedentes hecha en el CEIEPAG con el propósito de aprovechar al máximo el forraje y cubrir las demandas de MS del hato bovino y rebaño caprino existentes

del Centro (cuadro 7), no cubriría las demandas de MS de los bovinos a engordar en pastoreo en el periodo considerado en el *Escenario 1*, por lo que se simuló la transferencia de las 43.23 tons. de rastrojo de maiz disponibles en marzo a los meses de marzo (1.46 tons.), abril (0.15 tons.), mayo (0.33 tons.), junio (0.8 tons.), agosto (1.3 tons.), septiembre (10.88 tons.), octubre (14.20 tons.) y noviembre (14.10 tons.), empatando de esta manera la oferta y la demanda de MS de todos los animales del Centro, incluyendo los bovinos a engordar (Apéndice D₃). El cuadro 15 muestra la relación entre la oferta y la demanda mensual de MS exclusivamente para los animales de la engorda simulada en el *Escenario 1*, apreciándose un total de 85 tons. de MS en oferta, la cual sobrepasa a la demanda (77.07 tons.) con 7.93 tons.

Cuadro 15. *Relación entre la oferta, la demanda y los excedentes de MS (tons.) para la engorda simulada en el Escenario 1 (de junio a noviembre).*

Mes	Oferta de MS (tons.)	Demanda de MS (tons.)	Diferencia (tons.)
Junio	11.11	9.82	1.29
Julio	12.59	10.95	1.64
Agosto	13.89	12.68	1.21
Septiembre	15.47	14.21	1.26
Octubre	16.80	15.58	1.22
Noviembre	15.13	13.82	1.31
Total	85.00	77.07	7.93

En el *Escenario 1* el costo unitario por animal se estimó en \$2,330.00 considerando que el precio por kg. en pie de ganado bovino en junio era de \$11.65 y que el animal a comprar pesaría un promedio de 200 kgs. Por lo tanto, el costo por concepto de la compra de animales en el *Escenario 1* sería de \$123,490.00. A dichos animales se les proporcionarían durante los primeros cuatro meses únicamente pasto y en los dos últimos meses dietas elaboradas mezclando pasto, alfalfa, ensilado y rastrojo de maiz, con una calidad nutricional indicada en el cuadro 16, siendo dichas dietas las óptimas en costo, calidad y disponibilidad, según cálculos hechos con el *Balanceo (Solver: Programación*

Lineal).

Cuadro 16. Calidad nutricional de las dietas a proporcionar en la engorda de toretes simulada en el Escenario 1 (de junio a noviembre) usando los datos registrados en el CEIEPAG (1996-1997).

Mes	Digestibilidad de la MS (%)	EM/kg de MS (Mcal)	PC/kg de MS (%)
Junio	70.02	2.51	18.25
Julio	69.64	2.50	18.68
Agosto	69.96	2.50	23.10
Septiembre	73.20	2.62	16.57
Octubre	70.87	2.56	10.70
Noviembre	68.62	2.56	10.05

El consumo de MS por cabeza por día en junio sería de 6.05 kgs., consumiendo el animal una dieta con 70.02% de digestibilidad (cuadro 16) y pesando en promedio 200 kgs. al inicio del mes (cuadro 17), y con la aplicación de implantes a base de Zeranolona (*Ralgro*) se asume un incremento del 2% en el consumo de MS y del 16% en las GDP.^{(34, 40.}

⁴³⁾ Por lo anterior, el *Balanceo* calcula un consumo promedio de 6.18 kgs. de MS por cabeza por día (gráfica 1) y una GDP promedio mensual en junio de 1.61 kgs. para animales implantados (gráfica 2) consumiendo 15.45 Mcal de EM totales por animal por día (cuadro 17).

Es importante mencionar que cuando se calculó el consumo de MS de los animales se encontró una baja sensibilidad a valores en la digestibilidad del alimento y el peso vivo del animal en el cuadro utilizado.⁽²³⁾ Los valores del cuadro referido fueron derivados a partir de consumos reales de bovinos para abasto en pastoreo; sin embargo, solo consideran consumos de animales pesando 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 y 900 kgs. de PV y digestibilidades del alimento de 50, 60, 70 y 80%.⁽²³⁾ Por ello, fue necesario ajustar los cálculos de consumo de MS para cada uno de los meses considerados en los tres *Escenarios* modelados, debido a que los animales presentaban pesos y digestibilidades intermedias a los manejados en el cuadro. Dichos ajustes consistieron en modificar los valores del cuadro usando tres ecuaciones, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

En el *Escenario 1*, en julio, el animal pesaría aproximadamente 249 kgs. de PV y consumiría una dieta con 69.64% de digestibilidad. Por lo tanto, se usarían los valores de los consumos que reporta el cuadro del Apéndice J₃ para animales de 200 y 300 kgs. de PV con dietas con 60% (de 4.8 y 6.4 kgs. por animal por día respectivamente) y 70 % de digestibilidad (de 5.9 y 8 kgs. por animal por día respectivamente). En la primera ecuación se multiplica el peso del animal a alimentar (249 kgs.), por los consumos (4.8 y 6.4 kgs.) de animales de menor (200 kgs.) y mayor (300 kgs.) peso, pero que consumirían dietas con menor digestibilidad (60%) que la disponible, posteriormente se divide este resultado entre los pesos referidos (200 y 300 kgs. respectivamente), y se suman los valores obtenidos para dividirlos entre 2, obteniendo de esta manera un promedio.

$$((249 \text{ kgs. PV} \times 4.8 \text{ kgs. de MS}/200 \text{ kgs. de PV})+(249 \text{ kgs. PV} \times 6.4 \text{ kgs. de MS}/300)/2) = 5.64$$

En la segunda ecuación se utilizan los mismos valores que en la primera, con la diferencia que en esta ecuación los valores de consumos de MS (5.9 y 8 kgs.) corresponden a animales que ingieren dietas con mayor digestibilidad (70%) que la dieta a proporcionar:

$$((249 \text{ kgs. PV} \times 5.9 \text{ kgs. de MS}/200 \text{ kgs. de PV})+(249 \text{ kgs. PV} \times 8.0 \text{ kgs. de MS}/300)/2) = 6.99$$

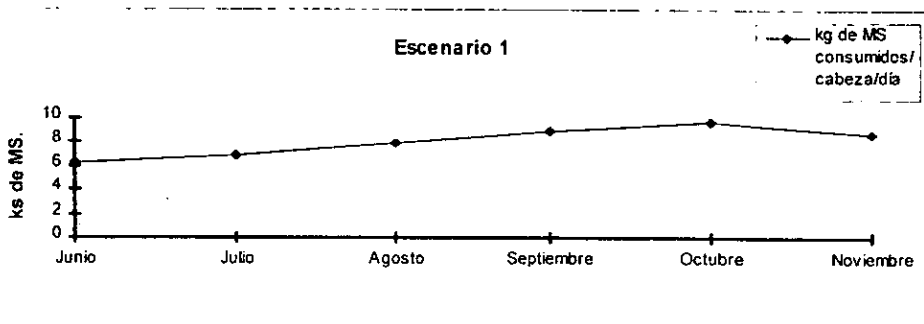
En la tercera ecuación se multiplica el valor de digestibilidad de la dieta a proporcionar (69.64%) por los valores resultado de la primera (5.64 kgs.) y segunda ecuación (6.99 kgs.) dividiendo el valor así obtenido entre los valores de digestibilidad que corresponden a dichos promedios (60 y 70% respectivamente). Posteriormente se suman los resultados y se dividen entre 2 para obtener así el consumo promedio buscado.

$$((69.64\% \text{ de dig} \times 5.64 \text{ kgs. de MS}/60\%)+(69.64\% \text{ de dig} \times 6.99 \text{ kgs. de MS}/70\%)/2) = 6.75 \text{ kgs.}$$

En ejemplo anterior el consumo de MS por animal por día sería de 6.75 kgs. pero considerando que los animales estarían implantados, el *Balanceo* calcula un consumo promedio de 6.89 kgs. de MS por cabeza por día en julio (2% más en el consumo de MS).

Si comparamos el consumo de julio con el de junio se puede observar un incremento en julio, aún cuando la digestibilidad del alimento se reduce de 70.02% en junio a 69.64% en julio (cuadro 17). Probablemente el factor que induce el aumento en el consumo de alimento sea el incremento en el peso del animal (de 200 kgs. en junio a 248.37 kgs. en julio). Con dicho consumo los animales ingieren un total de 17.21 Mcal de EM por animal por día en julio, con la que se obtendrían GDP promedio de 1.29 kgs. (gráfica 2).

Gráfica 1. Consumo promedio diario por cabeza de MS (kgs.) en la engorda simulada en el Escenario 1 (de junio a noviembre).

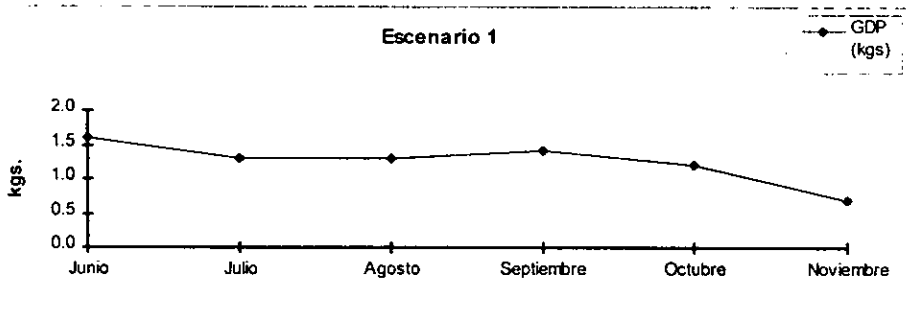


Las GDP en agosto serían de 1.30 kgs. (cuadro 17) cuando el animal consumiría en promedio 19.94 Mcal de EM por día en 7.98 kgs. de MS, con una digestibilidad promedio del alimento de 69.96% (cuadro 16) y pesando el animal 287.10 kgs. (cuadro 17). En septiembre y octubre se registraron valores de digestibilidad del alimento de 73.20% y de 70.87% respectivamente, incrementándose de esta manera el consumo de MS por cabeza por día a 8.94 y 9.80 kgs. (gráfica 1); lo anterior significa que los animales consumirían por cabeza por día una dieta con un total de 23.42 Mcal de EM en septiembre y 25.08 Mcal de EM en octubre, debido a que cada kg. de MS en esos meses contiene 2.62 y 2.56 Mcal de EM respectivamente (cuadro 16). Con dichas cantidades de EM los animales tendrían unas GDP promedio mensuales de 1.43 y 1.20 kgs. en septiembre y en octubre cuando pesarían en promedio 326.01 y 368.81 kgs. respectivamente (cuadro 17). En la gráfica 2 se puede apreciar un incremento en la GDP en septiembre en comparación con agosto, como

respuesta al aumento en la digestibilidad del alimento (de 69.96% en agosto a 73.20% en septiembre) y por lo tanto mayores consumos de MS (de 7.98 kgs. en agosto y de 8.94 kgs. en septiembre) y de EM en la dieta (19.94 Mcal en agosto y 23.42 Mcal en septiembre).

En noviembre las GDP son en promedio de 0.70 kgs. debido a que se reduce la digestibilidad del alimento a 68.62% y con ello el consumo de MS, siendo éste de 8.69 kgs. por animal por día (cuadro 17). Con la reducción en el consumo de alimento también disminuye el consumo de EM, pasando a ser de 22.26 Mcal por animal por día, además esto se suma a la disminución en la eficiencia alimenticia, puesto que el animal incrementaría su peso de 404.87 kgs. al iniciar dicho mes a 425 kgs. al finalizar el mismo.

Gráfica 2. Comportamiento simulado de las GDP promedio mensuales de toretes implantados y engordados en pastoreo en el Escenario 1 (de junio a noviembre).



La reducción en el consumo de MS en noviembre se debe probablemente a la disminución en la digestibilidad del alimento (68.62%) y al incremento de peso ya mencionado.⁽²³⁾ En junio, con menores consumos de alimento (6.18 kgs./cabeza/día), menor cantidad de EM (15.45 Mcal) consumida por cabeza por día y con animales menos pesados (200 kgs.), se presentan mayores GDP promedio (1.61 kgs.) comparadas con las de septiembre (1.43 kgs.), octubre (1.20 kgs.) y noviembre (0.70 kgs.), en donde las dietas por animal por día se constituirían de 8.94, 9.80 y 8.69 kgs. de MS respectivamente. Con dichas dietas los animales consumirían 23.42, 25.08, y 22.26 Mcal de EM por cabeza por día. Por lo tanto, pesando los animales en promedio 326.01, 368.81 y 404.87 kgs. en los

últimos tres meses, la reducción en las GDP se ajustan a reportes que confirman que al crecer los animales su eficiencia alimenticia disminuye.^(23, 61)

Los costos de las dietas presentan ciertas fluctuaciones determinadas principalmente por la cantidad de MS consumida por animal por día y por el costo de producción de cada uno de los ingredientes que la constituyen. Por ejemplo, en junio el animal consumiría solamente 6.18 kgs. de MS de pasto, a un costo de \$0.19 por kg. (apéndice B₁); por lo tanto, el costo de la dieta por animal por día sería de \$1.17 en ese mes (cuadro 17). Los costos de las dietas por cabeza por día resultaron ser más bajos en junio (\$1.17), julio (\$1.31) y agosto (\$1.52), comparados con septiembre (\$1.70), aún cuando en esos cuatro meses las dietas incluirían como ingrediente único al pasto, el cual presenta el mismo costo de producción (\$0.19) durante todo el periodo de estudio. Así las variaciones en los costos de las dietas en esos cuatro meses se deben a la cantidad de MS consumida por animal por día (6.18 kgs. en junio, 6.89 kgs. en julio, 7.98 kgs. en agosto y 8.94 kgs. septiembre).

Cuadro 17. Resumen de las ganancias diarias de peso (GDP), del consumo de MS y del incremento mensual de PV en la simulación del Escenario 1 con el Balanceo (junio a noviembre).

Mes	GDP con implantes (kgs.)	Consumo MS/cabeza/día con implantes (kgs.)	Consumo total de EM/animal/día	Costo/dieta/cabeza/día	kgs. de peso ganados/cabeza/mes	PV/cabeza iniciando el mes (kgs.)
Junio	1.61	6.18	15.45	\$ 1.17	48.37	200.00
Julio	1.29	6.89	17.21	\$ 0.31	38.73	248.37
Agosto	1.30	7.98	19.94	\$ 1.52	38.91	287.10
Septiembre	1.43	8.94	23.42	\$ 1.70	42.80	326.01
Octubre	1.20	9.80	25.08	\$ 2.16	36.05	368.81
Noviembre	0.70	8.69	22.26	\$ 2.63	21.12	404.87
Promedios	1.25	8.08	20.55	\$ 1.75	Tot = 225.99	*PF 425.99

*PF= Peso final.

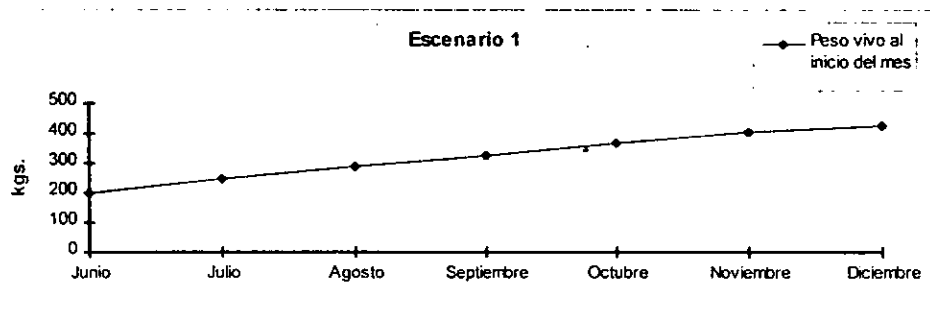
Por su parte, la dieta de octubre (9.80 kgs. de MS) tendría mayor costo (\$2.16/animal/día) que la de septiembre, debido a que además de pasto incluiría ensilado de maíz (apéndice H_g). De igual forma ocurre en noviembre cuando la dieta sería de 8.69 kgs.

de MS por animal por día (cuadro 17) y se compondría de pasto (2.38 kgs.), alfalfa (0.365 kgs.) y ensilado de maiz (7.1 kgs.) a un costo de \$2.63 por animal por día (apéndice H₉). En octubre y en noviembre se incluirían ingredientes diferentes al pasto al existir déficit del mismo para cubrir las necesidades de consumo de los animales.

A partir de la gráfica 1 y de la columna que contiene el peso del animal al inicio del mes en el cuadro 17, se observa que con animales más pesados en noviembre (404.87 kgs.) que en octubre (368.81 kgs.), el consumo diario de MS por cabeza por día es menor en noviembre (8.69 kgs./cabeza/día) que en octubre (9.80 kgs./cabeza/día), lo cual sugiere que la digestibilidad del alimento (68.62% en noviembre y 70.87% en octubre) sería un factor de enorme influencia en el consumo del mismo (cuadro 16 y 17). Así, el consumo total de MS por animal por periodo de engorda sería de 1,454.08 kgs., mientras que los 53 animales consumirían un total de 77.07 tons. de MS de alimento (cuadro 15) a un costo de \$16,647.61, porque el costo promedio por kilogramo de MS es de \$0.19 en los primeros cuatro meses (pasto) y de \$0.22 y \$0.30 (mezclas) en los dos últimos meses del periodo de engorda.

Con las GDP promedio mensuales mencionadas, los animales engordados a partir de 200 kgs. de PV e implantados con *zeranol* alcanzarían un peso promedio al inicio de mes de 248.37 kgs. en julio, de 287.10 kgs. en agosto, de 326.01 kgs. en septiembre, de 368.81 kgs. en octubre, y de 404.87 kgs. en noviembre, siendo finalizados con 425.99 kgs. a fines de ese mes, para un total de 225.99 kgs. de PV ganados (cuadro 17 y gráfica 3).

Gráfica 3. Comportamiento simulado del incremento de peso de toretes engordados en pastoreo en el Escenario 1 (de junio a noviembre).



Los animales del *Escenario 1* tendrían una GDP promedio de 1.25 kgs. por periodo de engorda consumiendo 1,454 kgs. de MS por cabeza y una conversión alimenticia de 6.43.

El precio unitario por animal a la venta estimado por el modelo fué de \$5,231.17 considerando que el animal pesaría 425.99 kgs. en el momento de su venta y que el precio por kg. en pie en ese momento era de \$12.28 (cuadro 17).⁽⁵⁸⁾ Por lo tanto, en el *Escenario 1* se obtendrían ingresos brutos de \$277,252.11 por la venta de 53 animales. El cuadro 18 presenta un resumen del flujo de efectivo del *Escenario 1* en donde se consideran los costos variables, los cuales incluyen la compra de animales, los sueldos de trabajadores, el seguro ganadero, la salud animal y la alimentación. Así, después de restar los costos variables a los ingresos brutos, se obtendrían en el *Escenario 1* ganancias netas totales de \$117,446.89 (\$100,000 del vehículo adquirido y \$17,447.50 de remanente) y una utilidad marginal por unidad animal de \$2,349.00 a partir de una carga animal para esta *sub-empresa* de 50 UA (apéndice F₁).

Cuadro 18. Resumen del flujo de efectivo de la simulación de la engorda estacional de torques en pastoreo en el Escenario 1 (de junio a noviembre).

Concepto	Egresos	Ingresos
Préstamo (junio)		\$259,804.00
Compra de camioneta (junio)	\$100,000.00	
Compra de animales (junio)	\$123,490.00	
Sueldos eventuales (de junio a noviembre)	\$9,800.00	
Seguro ganadero (de junio a noviembre)	\$7,742.00	
Salud animal (de junio a noviembre)	\$2,125.00	
Alimentación (de junio a noviembre)	\$16,647.61	
Venta de animales (a principios de diciembre)		\$277,252.11
Pago de préstamo (a principios de diciembre)	\$259,804.61	
Subtotal	\$519,609.22	\$537,056.11
Balance		\$17,446.89

Por su parte, el *Escenario 2* simula una engorda de bovinos con las mismas características consideradas en el *Escenario 1*, excepto que la engorda comenzaría en abril para finalizar en septiembre en función de la disponibilidad de alimento tal como se presentó en el CEIEPAG en el periodo 1996-1997 (cuadro 7 y Apéndice D₂). Para este *Escenario* se simuló la transferencia de las 43.23 tons. de MS disponibles en marzo quedando de la siguiente manera: marzo (1.46 tons.), abril (10.99 tons.), mayo (13.66 tons.), junio (3.36 tons.), julio (1.74 tons.), agosto (2.17 tons.) y septiembre (9.79 tons.), siendo empatada la oferta y la demanda de MS de todos los animales existentes en el CEIEPAG, incluyendo a los de engorda (Apéndice D₂). La cantidad de MS disponible para la engorda sería de 81.36 tons. y de acuerdo a su consumo de MS (81.36 tons.) se considera que no existirían déficits ni excedentes (cuadro 19) debido a que en el último mes del periodo de engorda se ajustaría el consumo de MS a la disponibilidad usando como herramienta de control el tiempo de pastoreo, la carga animal y el pastoreo en franjas.

En el *Escenario 2* el costo unitario por animal a la compra sería de \$2,264.00, debido a que el precio por kg. en pie de toretes en abril fué de \$11.32.⁽⁵⁸⁾ Por lo tanto, la inversión total por la compra de 53 animales sería de \$119,992.00.

Cuadro 19. *Relación entre la oferta, la demanda y los excedentes de MS en el Escenario 2 (de abril a septiembre).*

Mes	Oferta de MS (tons.)	Demanda de MS (tons.)	Diferencia (tons.)
Abril	10.84	10.84	0
Mayo	13.34	13.34	0
junio	13.68	13.68	0
Julio	14.34	14.34	0
Agosto	14.77	14.77	0
Septiembre	14.39	14.39	0
Total	81.36	81.36	0

A los animales en este *Escenario* se les proporcionarían dietas exclusivamente de pasto, las cuales se encontraron como las óptimas por el *Balanceo* debido a sus costos, su calidad y su disponibilidad (apéndice H₂₋₇).

El consumo de MS promedio por cabeza por día en abril en el *Escenario 2* sería de 6.68 kgs. (gráfica 4) cuando el animal pesaría en promedio 200 kgs. y consumiría una dieta de pasto con 77.27% de digestibilidad y de 2.79 Mcal de EM por kg. de MS (cuadro 20); con ella los animales implantados tendrían unas GDP promedio de 2.74 kgs. consumiendo un total de 19.02 Mcal de EM por cabeza por día.

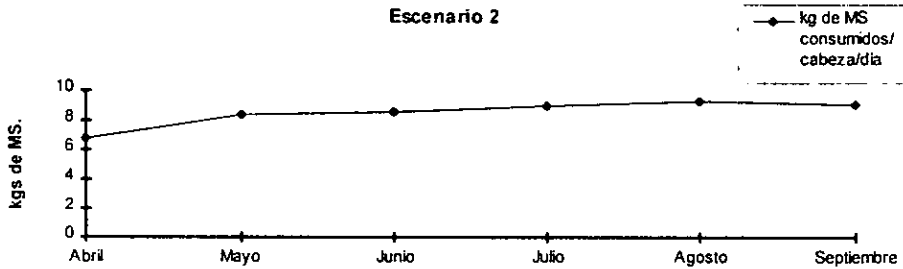
Cuadro 20. *Calidad nutricional de las dietas a proporcionar en la engorda de toretes en pastoreo en el Escenario 2 (de abril a septiembre).*

Mes	Digestibilidad de la MS (%)	EM/kg de MS (Mcal)	PC/kg de MS (%)
Abril	77.27	2.79	23.80
Mayo	70.80	2.54	22.30
junio	70.02	2.51	18.25
Julio	69.64	2.50	18.68
Agosto	69.96	2.50	23.10
Septiembre	73.20	2.62	16.57

En mayo y en junio el consumo diario de MS por animal se incrementó a 8.39 y 8.60 kgs. respectivamente (cuadro 21), posiblemente inducido por el incremento en el peso del animal, puesto que la digestibilidad del alimento tiende a reducirse en ambos meses (a 70.80% en mayo y a 70.02% en junio) en comparación con la de abril (77.27%), mientras que el PV del animal se incrementaría de 200 kgs. a principios de abril a 282.20 kgs. al iniciar mayo y a 328.10 kgs. al iniciar junio (cuadro 21).⁽²⁸⁾ Con dichos consumos de MS los animales estarían ingiriendo un total de 21.31 Mcal de EM por cabeza por día en mayo y 21.60 Mcal de EM por cabeza por día en junio, lo que conduciría a GDP promedio de 1.53 kgs. y de 1.14 kgs. Respectivamente. En julio y agosto las GDP son menores (0.890 kgs. y de 0.930 kgs.) en comparación con junio (1.14 kgs.), probablemente debido a la reducción en la eficiencia alimenticia y a la disminución de la digestibilidad, la cual es en promedio de 69.64% en julio y de 69.96% en agosto (cuadro 20). El consumo de MS sería de 10.07 kgs. por cabeza por día en septiembre (gráfica 4) cuando la digestibilidad del alimento es de 73.20%; dicho valor puede estar relacionado principalmente al incremento en la digestibilidad del alimento (cuadro 20), y al incremento en el peso del animal (de

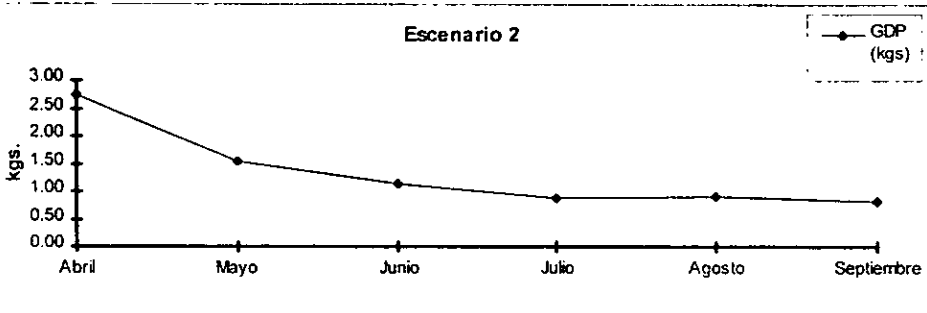
416.98 kgs. al iniciar septiembre). Sin embargo, con ese consumo existiría un déficit de 1.62 tons. de MS en ese mes, debido a que la demanda sería de 16.02 tons. mientras que la oferta sería de 14.39 tons.; por lo que fué necesario ajustar el consumo a 9.05 kgs. de MS por cabeza por día, con el cual no existirían ni excedentes ni déficits.

Gráfica 4. Simulación del consumo promedio diario de MS por animal (kgs.) para cada mes del periodo de engorda en el Escenario 2 (de abril a septiembre).



Por ello, las GDP en este último mes serían en promedio de 0.82 kgs. cuando el animal consumiría 2.62 Mcal de EM por kg. MS, lo que significa un consumo total de 23.71 Mcal de EM por cabeza por día (cuadro 21).

Gráfica 5. Comportamiento de las GDP promedio por mes en el Escenario 2.



La comparación de septiembre con mayo sugiere que las fluctuaciones en las GDP

están relacionadas a cambios en el contenido de EM del alimento y en la conversión alimenticia, ya que en mayo, con una menor cantidad de EM consumida por animal por día (21.31 Mcal de EM) y menor peso vivo (282.20 kgs. al inicio del mes) que en septiembre (416.98 kgs. al inicio del mes) donde el animal consume 23.71 Mcal de EM por día, las GDP son mayores (1.53 kgs. de PV en mayo), lo cual sugiere que a mayor peso y edad los animales presentan menor eficiencia alimenticia (o un valor de conversión alimenticia aumentado).^(23, 60)

Con respecto al costo de las dietas, la de abril es la más barata porque solo incluye 6.82 kgs. de MS de pasto a un costo de \$1.30 por cabeza por día; con ella los animales obtendrían las mayores GDP en este *Escenario* (cuadro 21 y la gráfica 5). En mayo y junio, las dietas por cabeza por día tendrían un costo promedio de \$1.59 y 1.63 (8.39 y 8.60 kgs. de MS de pasto), en tanto que las de julio y agosto serían de \$1.71 (9.29 kgs. de MS de pasto) y \$1.77 (9.29 kgs. de MS de pasto) respectivamente (cuadro 21). La dieta de septiembre, con un costo de \$1.71 (9.05 kgs. de MS de pasto) fué la mas cara en este *Escenario* (gráfica 5 y cuadro 21).

Cuadro 21. Resumen de las ganancias diarias de peso (GDP), del consumo de MS y del incremento mensual de PV en la simulación del Escenario 2 (de abril a septiembre).

Mes	GDP con implantes (kgs.)	Consumo MS /cabeza/día con implantes (kgs.)	Consumo total de EM/ animal/día	Costo/dieta/ cabeza/día	kg. de peso ganados/ cabeza/mes	PV/cabeza al inicio del mes (kgs.)
Abril	2.74	6.82	19.02	\$ 1.30	82.20	200.00
Mayo	1.53	8.39	21.31	\$ 1.59	45.90	282.20
Junio	1.14	8.60	21.60	\$ 1.63	34.24	328.10
Julio	0.89	9.02	22.54	\$ 1.71	26.80	362.34
Agosto	0.93	9.29	23.23	\$ 1.77	27.840	389.14
Septiembre	0.82	10.07	23.72	\$ 1.71	24.57	416.98
Promedios	1.38	8.53	21.90	\$ 1.62	Tot= 241.55	*PF 441.55

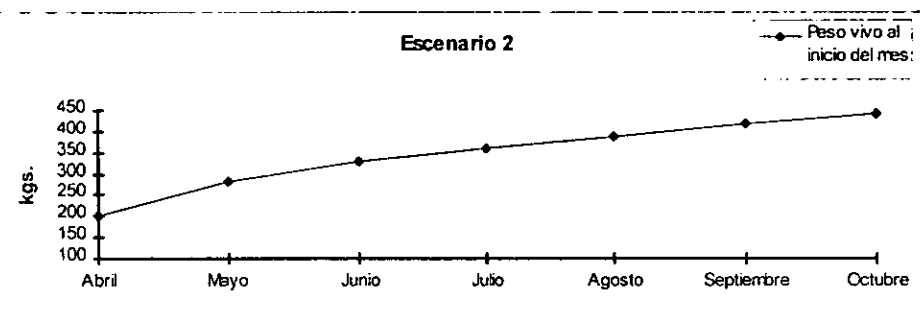
*PF= Peso final.

En el *Escenario 2* la GDP promedio durante el periodo de engorda serían de 1.38 kgs. El consumo de MS por animal por periodo de engorda (6 meses) en este *Escenario*

sería de 1,535.18 kgs.; en tanto que todos los animales consumirían un total de 81.36 tons. de MS, con una inversión de \$15,459.25 por concepto de alimentación (cuadro 22).

El incremento mensual de peso de los animales tuvo el siguiente comportamiento: la engorda inicia en abril con animales con un peso promedio de 200 kgs., los cuales alcanzan un PV de 282.20 kgs. al iniciar mayo, 328.10 kgs. al iniciar junio, 362.34 kgs. en julio, 389.14 kgs. en agosto y 416.98 kgs. en septiembre para ser finalizados con 441.55 kgs. de PV a fines de dicho mes y vendidos a principios de octubre, tal como lo indica el cuadro 21 y la gráfica 6.

Gráfica 6. Comportamiento simulado del incremento de peso de toretes en el Escenario 2.



Los animales engordados ganarían un total de 249.86 kgs. de PV en los 6 meses (cuadro 21) consumiendo un total 1,535.18 kgs. de MS por cabeza, con una conversión alimenticia de 6.36 y unas GDP promedio de 1.36 kgs. para todo el periodo de engorda. El precio unitario por animal sería de \$5,236.77, ya que los animales se venderían a principios de octubre con 441.55 kgs. de PV a un precio por kg. en pie de \$11.86, obteniéndose de esta manera \$277,548.85 de ingresos brutos.⁽⁵⁸⁾ Los costos variables en este *Escenario* son presentados en el cuadro 22, la cual resume el flujo de efectivo de la engorda simulada en el *Escenario 2* donde las ganancias netas totales serían de \$122,430.33 (\$100,000 del costo del vehículo y \$22,430.33 de remanente) y la utilidad marginal por unidad animal de \$2,354.00, manejando una carga animal para esta *sub-empresa* de 52.00 UA.

Cuadro 22. Resumen del flujo de efectivo de la simulación de la engorda estacional de toros en pastoreo en el Escenario 2 (de junio a noviembre).

Concepto	Egresos	Ingresos
Préstamo (abril)		\$255,118.52
Compra de camioneta (abril)	\$100,000.00	
Compra de animales (abril)	\$119,992.00	
Sueldos eventuales (de abril a septiembre)	\$9,800.00	
Seguro ganadero (de abril a septiembre)	\$7,742.00	
Salud animal (de abril a septiembre)	\$2,125.00	
Alimentación (de abril a septiembre)	\$15,459.25	
Venta de animales (a principios de octubre)		\$277,548.85
Pago de préstamo (a principios de octubre)	\$255,118.52	
Subtotal	\$510,237.04	\$532,667.37
Balance		\$22,430.33

El *Escenario 3* simula una engorda que inicia en abril y finaliza en septiembre y se ajusta a la disponibilidad de alimento registrada en el CEIEPAG (1996-97) para aprovechar al máximo el excedente de pasto cubriendo las demandas de MS de los animales (Apéndice D₁) quedando la relación oferta-demanda para los animales a engordar tal como lo indica el cuadro 23 donde se puede apreciar que la disponibilidad de alimento se ajusta a la demanda de MS por los animales, siendo ambas de 81.36 tons. de MS, por lo que no existirían ni déficits ni excedentes de alimento en el *Escenario 3*.

En este *Escenario* se proporcionarían dietas exclusivamente de pasto con un promedio de 75% de digestibilidad, lo cual puede lograrse en las condiciones del CEIEPAG manteniendo una altura promedio del pasto de 9 cms. en el pre-pastoreo y no menos de 7 cms. en el post-pastoreo; a dichas alturas se obtendrían en praderas de clima templado una disponibilidad de 2,000 a 2,500 kgs. MS por hectárea y una digestibilidad de la materia orgánica del 75 al 80%, con la que los bovinos para abasto en finalización lograrían el máximo consumo de alimento y las mayores GDP promedio por periodo posibles.^(20, 22, 23)

30. 39)

Cuadro 23. *Relación entre la oferta, la demanda y los excedentes de MS en la simulación del Escenario 3 (de abril a septiembre).*

Mes	Oferta de MS (tons.)	Demanda de MS (tons.)	Diferencia (tons.)
Abril	10.52	10.52	0
Mayo	13.88	13.88	0
junio	14.74	14.74	0
Julio	16.57	16.57	0
Agosto	16.21	16.21	0
Septiembre	9.43	9.43	0
Total	81.36	81.36	0

Para mantener la altura de pasto deseada, se emplearían como herramientas principales la densidad animal (incrementándola o disminuyéndola) y el tiempo de pastoreo, dependiendo de la disponibilidad y de las necesidades de consumo de los animales, las subdivisiones de potreros (pastoreo *intermitente por franjas*), además del monitoreo de la cantidad (altura) y calidad del pasto (madurez).^(9, 11, 20, 23, 39) El valor nutricional de las dietas a proporcionar en el *Escenario 3* se muestra en el cuadro 24.

El costo unitario por animal a la compra en este *Escenario* sería de \$2,264.00 ya que en abril el costo por kg. en pie fué de \$11.32, siendo así la inversión por la compra del total de animales (53) de \$119,992.00.⁽⁵⁸⁾

Cuadro 24. *Calidad nutricional de las dietas proporcionadas en la simulación de la engorda de toretes en el Escenario 3 (de abril a septiembre).*

Mes	Digestibilidad de la MS (%)	EM/kg de MS (Mcal)	PC/kg de MS (%)
Abril	75.00	2.79	23.80
Mayo	75.00	2.54	22.30
Junio	75.00	2.51	18.25
Julio	75.00	2.50	18.68
Agosto	7500	2.50	23.10
Septiembre	75.00	2.62	16.57

La gráfica 7 muestra las fluctuaciones en el consumo diario de MS por cabeza de animales implantados con zeranol, siendo de 6.62 kgs. en abril, pesando los animales 200 kgs. de PV al inicio del mes (cuadro 25) y con un consumo promedio 18.46 Mcal de EM por animal por día, lo que conduciría a las GDP más elevadas (2.59 kgs.) del periodo de engorda simulado en este *Escenario*. En mayo y junio disminuye el contenido de EM a 2.54 y a 2.51 Mcal por kg. de MS; mientras que el consumo de alimento se incrementa por cabeza por día a 8.73 kgs. en mayo y 9.27 kgs. en junio; esto significa un mayor consumo de energía (22.17 y 23.27 Mcal/cabeza/día respectivamente) comparado con el mes anterior (18.46 Mcal/cabeza/día en abril); sin embargo, las GDP son menores (1.75 kgs. en mayo y 1.37 kgs. en junio) que en abril (2.59 kgs.), debido probablemente a la disminución en la eficiencia alimenticia inducida por el incremento de peso del animal. El aumento en el consumo de MS en mayo y en junio posiblemente está influenciado por el incremento en el peso promedio de los animales, puesto que la digestibilidad del alimento sería del 75% durante todo el periodo de engorda y por lo tanto su influencia sería igual para todos los meses. mientras que el peso de los animales varía considerablemente incrementándose a 277.64 kgs. en mayo y de 330.01 kgs. en junio (cuadro 25).

Cuadro 25. Resumen de las ganancias diarias de peso (GDP), del consumo de MS y del incremento mensual de PV en la simulación del Escenario 3 (de abril a septiembre).

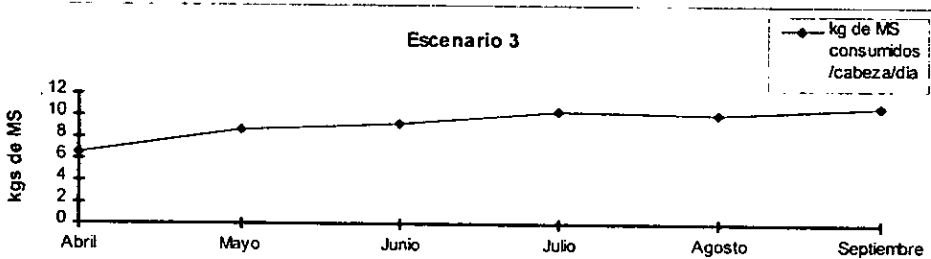
Mes	GDP con implantes (kgs.)	Consumo MS/ cabeza/día con implantes (kgs.)	Consumo total de EM/ animal/día	Costo total dieta/cabeza/día	kg. de peso ganados/ cabeza/mes	PV/cabeza al inicio del mes (kgs.)
Abril	2.59	6.62	18.46	\$ 1.26	77.64	200.00
Mayo	1.75	8.73	22.17	\$ 1.66	52.37	277.64
Junio	1.37	9.27	23.27	\$ 1.76	40.96	330.01
Julio	1.35	10.42	26.06	\$ 1.98	40.40	370.97
Agosto	1.04	10.20	25.49	\$ 1.94	31.11	411.38
Septiembre	1.19	10.83	28.38	\$ 2.06	35.68	442.49
Promedios	1.54	9.35	23.79	\$ 1.78	Tot= 278.31	*PF: 478.17

*PF= Peso final.

En julio, agosto y septiembre los animales tendrían un consumo promedio estimado

de 10.42, 10.10 y 10.94 kgs. de MS por cabeza por día siendo su peso promedio de 370.97, 411.38 y 442.24 kgs.; sin embargo, en septiembre con este consumo existiría un déficit de 7.97 tons. de MS al ser mayor la demanda (17.40 tons.) que la oferta (9.43 tons.), por lo que se simuló la venta de 24 animales con un peso promedio de 411.38 kgs. a fines de agosto, permitiendo que los 29 animales restantes pudieran consumir un total de 9.43 tons. de MS por mes al estimar con el *Balanceo* un consumo *ad libitum* de 10.83 kgs. de MS por animal por día, empatando de esta manera la oferta y la demanda de alimento. Así, el consumo total de MS durante el periodo de engorda (6 meses) sería en promedio de 1,535.18 kgs. por animal, mientras que por el total de toretes engordados (53) dicho consumo sería de 81.36 tons. de MS por periodo de engorda con una inversión de \$15,459.26 por concepto de alimentación. Con los consumos de MS mencionados, la cantidad de EM consumida por cabeza por día sería de 26.06 Mcal de EM en julio, de 25.26 Mcal de EM en agosto y de 28.38 Mcal de EM en septiembre; con los que se obtendrían unas GDP promedio de 1.35 kgs., 1.04 kgs. y 1.19 kgs. respectivamente. La reducción de la GDP en agosto probablemente está ligada a la disminución en la eficiencia alimenticia debido al incremento de peso de los animales y a la reducción en el consumo de alimento, puesto que los incrementos en el consumo de alimento en los animales se reducen cuando el animal pesa más de 400 kgs., y en este caso el animal presenta un peso promedio de 411.38 al iniciar agosto y de 442 kgs. al finalizar el mismo.^(23. 61)

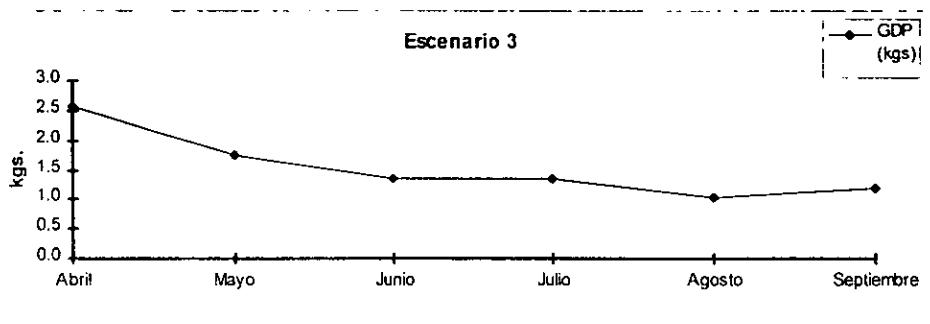
Gráfica 7. Consumo diario de MS (kgs.) simulado en el Escenario 3 (de abril a septiembre con dietas con un promedio de 75% de digestibilidad).



En septiembre las GDP son más elevadas que en agosto debido a que se incrementa la EM a 2.62 Mcal por kg. de MS y por lo tanto, el consumo de la misma en la dieta (28.38 Mcal/animal/día).

En el cuadro 25 se muestran los costos de las dietas para cada mes del periodo, los cuales presentan variaciones relacionadas con la cantidad de MS incluida en la dieta, ya que se utiliza exclusivamente pasto durante todo el periodo de engorda.

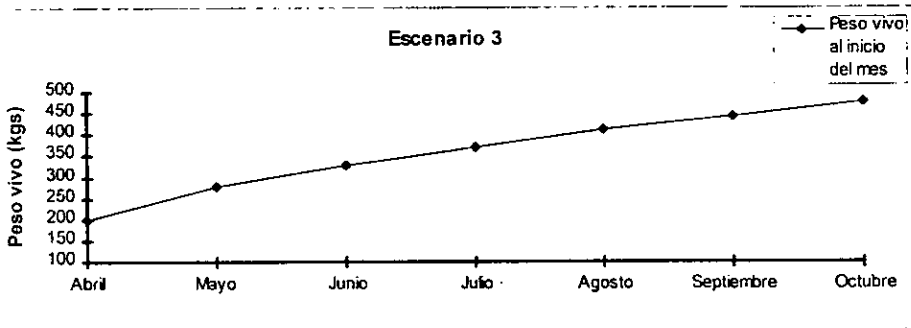
Gráfica 8. Comportamiento simulado de las ganancias diarias de peso (GDP) promedio mensuales en el Escenario 3.



La dieta de abril resultó ser la más barata con un costo de \$1.26 por cabeza por día (6.62 kgs. de MS de pasto/cabeza/día), mientras que las de mayo y junio (8.73 y 9.27 kgs. de MS de pasto/cabeza/día) tendrían un costo de \$1.66 y \$1.76 por cabeza por día (cuadro 21 y cuadro 25).

Los costos de las dietas por cabeza por día serían de \$1.98 en julio (10.42 kgs. de MS de pasto/animal/día), de \$1.94 en agosto (10.20 kgs. de MS de pasto/animal/día) y de \$2.06 en noviembre (10.83 kgs. de MS de pasto/animal/día) (cuadro 25). En el *Escenario 3* los animales que iniciarían con 200 kgs. de PV a principios de abril alcanzarían 277.64 kgs. iniciando mayo, 330.01 kgs. en junio, 370.97 kgs. en julio, 411.38 kgs. en agosto, y 442.49 kgs. en septiembre (venta de 24 animales), finalizado la engorda con 29 animales de 478.17 kgs. de PV (gráfica 9).

Gráfica 9. Comportamiento simulado del incremento de peso de toretes engordados en el Escenario 3 (de abril a septiembre y con dietas con un promedio de 75% de digestibilidad).



Los 29 animales finalizados en septiembre en este *Escenario* ganarían 278.71 kgs. de PV totales por cabeza al finalizar la engorda con unas GDP promedio por periodo de engorda de 1.54 kgs. y una conversión alimenticia de 5.52. El precio unitario por animal en la venta de septiembre sería de \$5,117.09 (24 animales), en tanto que en la de octubre sería de \$5,671.04 (29 animales), pesando en promedio cada animal 442.49 y 478.49 kgs. respectivamente, con un precio por kg. en pie de \$11.70 en septiembre y de \$11.86 en octubre.⁽⁵⁸⁾ Por lo tanto la venta de los 24 animales en septiembre proporcionaría \$124,250.18 de ganancias brutas, mientras que la venta de los 29 animales restantes en octubre contribuiría con \$164,552.87 para obtener unas ganancias brutas totales de \$288,803.05 por ambas ventas y unas ganancias netas de \$133,685.52 (\$100,000 del costo del vehículo y \$33,685.52 de remanente), con una utilidad marginal por unidad animal de \$2,457.00 y con una carga animal para esta *sub-empresa* de 54.41 UA [(24 toretes X 442.38 kgs. de PV/450 kgs. = 23.59 UA en septiembre) + (29 toretes X 478.17 kgs. de PV/450 kgs. = 30.81 UA en octubre)].

El cuadro 26 presenta el resumen del flujo de efectivo de la engorda simulada en este *Escenario*, en ella se pueden apreciar los costos variables manejados en esta sub-empresa, así como los ingresos brutos y utilidades netas.

Cuadro 26. Resumen del flujo de efectivo de la engorda estacional de toretes simulada en el Escenario 3.

Concepto	Egresos	Ingresos
Préstamo (abril)		\$255,117.53
Compra de camioneta (abril)	\$100,000.00	
Compra de animales (en abril)	\$119,992.00	
Sueldos eventuales (de abril a septiembre)	\$9,800.00	
Seguro ganadero (de abril a septiembre)	\$7,742.00	
Salud animal (de abril a septiembre)	\$2,125.00	
Alimentación (de abril a septiembre)	\$15,457.53	
Venta de animales: 24 en septiembre		\$124,250.18
29 en octubre		\$164,552.87
Pago de préstamo (a principios de octubre)	\$255,117.53	
Subtotal	\$510,235.06	\$543,920.58
Balance		\$33,685.52

COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIOS.

Como se mencionó anteriormente, los escenarios descritos cuentan con características similares, tales como: el tiempo de engorda (6 meses), el número de animales engordados (53), el peso vivo de los animales al iniciar la engorda (200 kgs.), la raza (*FI*), el sexo (machos enteros) y la edad de los mismos (1.5 años), además de las diferencias en los meses en que se realiza la engorda y la composición de dietas proporcionadas a los animales.

En el *Escenario 1* la engorda inicia en junio y finaliza en noviembre tal como lo señala el proyecto mencionado en la descripción del sistema, mientras que en los *Escenarios 2 y 3* comienzan en abril y finalizan en septiembre. Las dietas que se proporcionarían a los animales en los *Escenarios 2 y 3* serían solo de pasto, porque existe la cantidad suficiente del mismo para cubrir la demanda de MS de los animales a engordar y

porque estas dietas resultaron óptimas en calidad, precio y disponibilidad. De igual forma ocurre en el *Escenario 1* durante los primeros cuatro meses del periodo de engorda; sin embargo, en los dos últimos meses se tendría que incluir alfalfa, rastrojo y ensilado de maíz, además de pasto, puesto que la disponibilidad de este último es relativamente baja (4 tons. en octubre y 3 tons. en noviembre) y no alcanzaría a cubrir la demanda de MS en ambos meses.

El cuadro 27 muestra la comparación financiera de las engordas de los tres *Escenarios* modelados, donde el costo unitario por animal a la compra sería de \$2,330.00 en el *Escenario 1* y de \$2,264.00 en los *Escenarios 2 y 3*, siendo \$66 más caro el animal “comprado” en el *Escenario 1* que en los otros dos *Escenarios*. Las diferencias entre los costos de los animales a la compra se deben a que el costo por kg. de ganado bovino en pie fué más elevado en junio (\$11.65) que en abril (\$11.32).⁽⁵⁸⁾ Por lo tanto, en los *Escenarios 2 y 3* se requiere menor inversión para la compra del total de animales a engordar, siendo esta de \$119,992.00 a diferencia del *Escenario 1* donde la inversión sería de \$123,490.00, lo que implicaría una cantidad extra de \$3,498.00 para este *Escenario* (cuadro 27).

Cuadro 27. Comparación financiera de los tres *Escenarios* modelados con el Balanceo.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Costo promedio de la dieta/animal/día	\$1.75	\$1.62	\$1.78
Costo unitario por animal a la compra	\$2,330.00	\$2,264.00	\$2,264.00
Precio unitario por animal a la venta	\$5,231.17	\$5,236.77	\$5,671.04
Inversión en alimentación	\$16,647.61	\$15,459.23	\$15,457.53
Inversión por la compra de animales	\$123,490.00	\$119,992.00	\$119,992.00
Ganancias brutas	\$277,252.11	\$277,548.85	\$288,803.05
Ganancias netas	\$117,447.50	\$122,430.33	\$133,686.12
Utilidad Marginal por Unidad Animal	\$2,349.00	\$2,354.00	\$2,457.00

Al realizar el análisis de los tres *Escenarios* modelados no se contempló como fuente de ingresos el préstamo y su pago, debido a que se esperaban apoyos continuos por parte de la UNAM, para engordas subsecuentes, sin embargo, no debe perderse de vista que se requiere de un préstamo mayor en los *Escenarios 1* (\$259,804.61), *2 y 3* (\$255,118.52) al calculado en el proyecto original mencionado en la descripción del sistema (\$183,267.00),

debido a que el costo de los animales es mayor en dichos *Escenarios*, lo cual incrementa en \$71,851.52 el préstamo requerido para la engorda en los *Escenarios 2 y 3* y en \$76,537.61 para la engorda en el *Escenario 1*.

En el proyecto original se esperaba que los animales obtuvieran GDP promedios de 1.5 kgs. durante los 6 meses del periodo de engorda (junio a noviembre), por lo tanto serían finalizados con 470 kgs. al ganar aproximadamente 270 kgs. de PV. Sin embargo, de acuerdo a la simulación del *Escenario 1* los animales engordados tendrían una GDP promedio de 1.26 kgs., por lo tanto solo ganarían 225.99 kgs. de PV y serían finalizados con 425.99 kgs. (cuadro 28). En los *Escenarios 2 y 3* con GDP promedio de 1.34 y 1.54 kgs. durante el periodo de engorda (abril a septiembre), los animales ganarían un total de 241.55 kgs. y de 278.17 kgs. al ser finalizados con 441.55 kgs. y 478.17 kgs. respectivamente (cuadro 28). Por lo tanto, 29 animales del *Escenario 3* ganarían 52.17 kg. más de peso a lo largo de la engorda que los animales del *Escenario 1* y 36.62 kg. más que los animales del *Escenario 2*, proporcionando de esta manera una mayor cantidad de ingresos brutos al momento de su venta, superando incluso lo planteado por el proyecto original en GDP y en pesos vivos finales. Las diferencias entre las ganancias de peso están relacionadas principalmente con la calidad (porcentaje de digestibilidad y contenido de EM) y cantidad (tons) de MS consumida en la dieta.

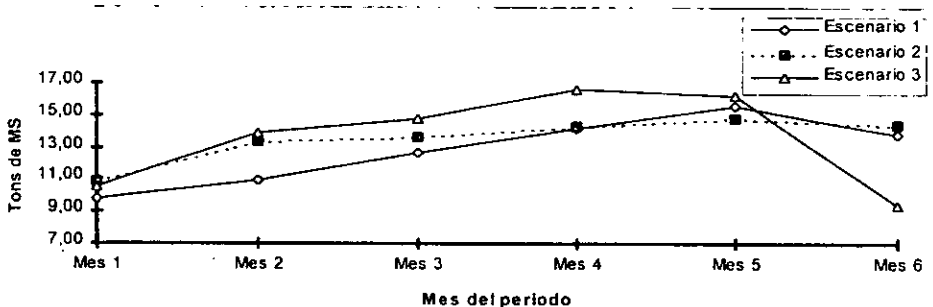
Cuadro 28. Comparación biológica de los tres Escenarios modelados con el Balanceo.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Consumo de MS (kgs./animal/engorda)	1,453.87	1,535.18	1,535.01
kg. de PV ganados en la engorda	225.99	241.55	278.17
Peso final por cabeza (kgs.)	425.99	441.55	478.17
Conversión alimenticia (kgs.)	6.43	6.36	5.52
GDP promedio en la engorda (kgs.)	1.25	1.34	1.54
Consumo promedio de MS/animal/día (kgs.)	8.08	8.53	9.35
Consumo promedio de EM/animal/día (Mcal)	20.55	21.90	23.97
Carga animal (UA)	50.17	52.00	54.41

En la gráfica 10 y en el cuadro 28 se puede apreciar que los animales del *Escenario 2* presentan el consumo de alimento más elevado durante el primer mes del periodo de

engorda (9.82 tons.) debido a que consumen dietas con mayor digestibilidad (77%). Sin embargo, en el periodo que va del segundo al quinto mes los animales del *Escenario 3* son los que consumen la mayor cantidad de MS (13.88, 14.74, 16.57, 16,21 tons./hato/mes) comparados con los del *Escenario 1* (10.95, 12.68, 14.21, 15.58 tons. por hato por mes) y con los del *Escenario 2* (13.34, 13.68, 14.34, 14.77 tons. por hato por mes) al consumir dietas con 75% de digestibilidad. En el sexto mes el alimento consumido por los animales del *Escenario 3* se reduce a 9.43 tons., debido que solo habría 29 animales a engordar. Los consumos del *Escenario 3* son los más elevados, debido a que los animales ganan más peso durante la engorda; además una digestibilidad del 75% en la dieta facilita el paso de la ingesta a través del tracto digestivo, llevando al animal a incrementar su consumo de alimento.^(23, 26, 30, 39) En este caso, el consumo elevado de alimento significa una ventaja debido a que el objetivo principal consiste en maximizar dicho consumo para solucionar el problema de almacenamiento de excedentes forrajeros (principalmente pasto y alfalfa) y en casos de existir mayores ofertas de MS a la presentada en el periodo estudiado (de marzo 1996 a febrero de 1997) por un incremento en la precipitación pluvial, también se podrían alimentar mayor cantidad de animales y con ello obtener mayores ingresos.

Gráfica 10. Consumo mensual de MS (ton) en los tres Escenarios simulados por el Balanceo.

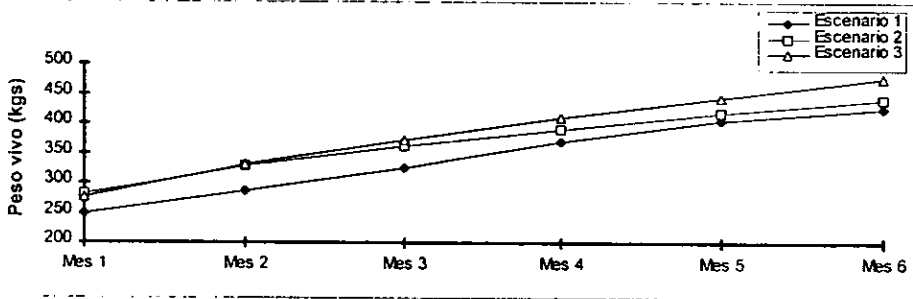


Considerando la cantidad de alimento consumido por los animales en cada *Escenario* (cuadro 28) y el costo de sus dietas (cuadro 27), se tendría una inversión total por

concepto de alimentación de \$15,457.53 (81.36 ton de MS) en el *Escenario 3*, mientras que en los *Escenarios 1 y 2* dichas inversiones serían de \$16,645.46 (77.07 tons. de MS) y de \$15,459.23 (81.36 ton de MS) respectivamente (cuadro 27). Aún cuando en los *Escenarios 2 y 3* se consumen 4.29 tons. más de MS que en el *Escenario 1*, este último requiere de \$1,187.00 más por concepto de alimentación debido a que las dietas que se proporcionarían incluirían, además de pasto, ensilado y alfalfa con un costo mayor por kg. de MS que el pasto. Al comparar la oferta y la demanda mensual de MS de los 53 animales engordados en los tres *Escenarios* modelados se puede observar que se cubren dichas demandas, incluso existirían 7.94 tons. MS de excedentes en el *Escenario 1* (cuadro 15), esto significa que éste *Escenario* no cumpliría totalmente con el objetivo de aprovechar todo el excedente de alimento para solucionar el problema de almacenaje del mismo, en tanto que los *Escenarios 2 y 3* al presentar la misma cantidad de forraje tanto en la oferta como en la demanda de alimento, no existirían ni déficits ni excedentes por lo que cumplirían con el objetivo propuesto como la primera regla de decisión (optimizar el uso de los recursos forrajeros), en cambio en el proyecto original la demanda de MS durante el periodo de engorda es muy elevado (99.82 tons) considerando que se tienen 85 tons. de MS en oferta existiría un déficit de 14.82 tons de MS.

En la gráfica 11 y en el cuadro 28 se puede apreciar que en el *Escenario 3* se obtendrían mayores ganancias de peso (278.17 kgs.) durante el mismo tiempo de engorda (6 meses) que en los *Escenarios 1* (241.55 kgs.) y 2 (225.99 kgs.). Esto se debe a que los animales del *Escenario 3* consumirían en promedio 1.27 y 0.82 kg. más de MS y 3.42 y 2.07 Mcal más de EM por animal por día (en promedio 9.35 kg. de MS y 23.97 Mcal de EM/animal/día) comparados con los animales de los *Escenarios 1 y 2*, donde los consumos son de 8.08 kg. y 8.53 kg. de MS y de 20.55 y 21.90 Mcal de EM por animal por día respectivamente. Además, los animales del *Escenario 3* presentan una mejor conversión alimenticia (5.52) que los animales de los *Escenarios 1* (6.43) y 2 (6.36) existiendo una diferencia con ambos de 0.91 y de 0.84 respectivamente, siendo por lo tanto los animales del *Escenario 3* los más eficientes, debido que consumen dietas con el 75% de digestibilidad que facilita el paso de la ingesta en el tracto digestivo y en consecuencia existen consumos mayores de MS y de EM por animal periodo de engorda.

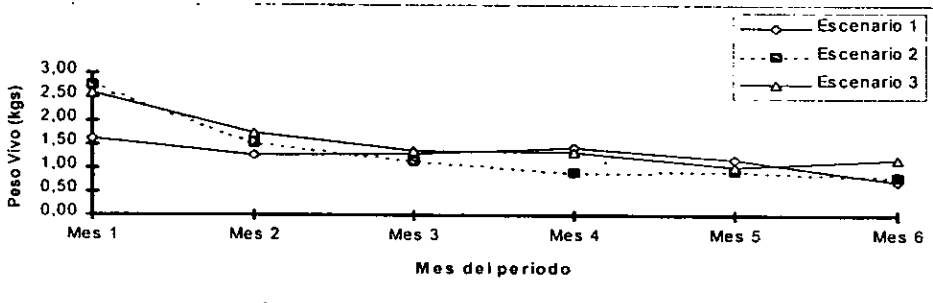
Gráfica 11. Comportamiento del incremento de peso vivo (kgs.) de bovinos de engorda en los tres Escenarios simulados por el Balanceo.



Las GDP promedio en el primer mes del periodo de engorda son más altas para los *Escenarios 2* (2.74 kgs.) y *3* (2.59 kgs.) comparados con el *Escenario 1* (1.61 kgs.). En los cuatro meses siguientes las GDP de los animales del *Escenario 2* son menores que en el *Escenario 3* debido a que los consumos de MS y de EM en dicho *Escenario* también son menores (cuadro 21 y 28).

La gráfica 12 muestra que las GDP son en general mayores y más consistentes en el *Escenario 3* y por lo tanto proporcionan mayor rentabilidad biológica y financiera al consumir la misma cantidad de MS que los animales del *Escenario 2* pero obteniendo mayores ganancias de PV durante el periodo de engorda.

Gráfica 12. Comportamiento de las ganancias diarias de peso promedio (kgs.) de toretes engordados en los tres Escenarios simulados con el Balanceo.



El precio unitario por animal a la venta que considera el proyecto original es bajo (\$4,500.00) comparado con los tres *Escenarios* modelados puesto que en el *Escenario 1* dicho precio sería de \$5,231.17 (cuadro 26), debido a que el precio por kg. en pie en el mes de la venta (diciembre) fué de \$12.28, mientras que en los *Escenarios 2* y *3* sería de \$5,236.77 y de \$5,671.04 respectivamente, con un precio por kg. de PV para ambos *Escenarios* (en octubre) de \$11.86. La diferencia entre los *Escenarios 1* y *2* por concepto de ingresos brutos por la venta de un animal engordado es de \$5.60 a favor del *Escenario 2*, mientras que el *Escenario 3* supera con \$439.87, \$434.27 a los *Escenarios 1* y *2* respectivamente. Por lo tanto, el *Escenario 3* tendría los ingresos brutos totales más elevados (\$288,803.05), lo que significa \$11,254.19 más que el *Escenario 2* (\$277,548.85), y \$11,550.93 más que el *Escenario 1* (\$277,252.11) (cuadro 27). Lo anterior significa que el proyecto original reporta ingresos brutos bajos (\$238,500.00) comparado con los otros tres *Escenarios* modelados. También, en el proyecto original no se calculó la inversión por concepto de alimentación y la compra de animales de acuerdo al costo por kg de PV en pie, por ello, se reportan ingresos netos de \$155,000.00 (\$100,000.00 de la camioneta y \$55,000.00 de remanente), pero en el caso de que se utilizaran los datos del *Escenario 1* en el proyecto original, los ingreso netos se reducirían a \$78,695.39. El *Escenario 3* con ingresos netos de \$133,686.12 es el más eficiente y supera con \$16,238.62 y \$11,255.79 a los *Escenarios 1* y *2* al proporcionar éstos últimos unos ingresos netos de \$117,447.30 y \$122,430.33 respectivamente. En consecuencia el *Escenario 3* proporcionaría la más alta utilidad por unidad animal (\$2,452.00) superando a los *Escenarios 1* (\$2,349.00) y *2* (\$2,354.00) con \$103.00 y con \$98.00 respectivamente. Por lo tanto, los animales del *Escenario 3* también proporcionarían la mayor rentabilidad financiera cumpliendo con la segunda regla de decisión (obtener la mayor rentabilidad financiera posible) para elegir la opción que solucione mejor el problema del manejo de excedentes. La sub-empresa de bovinos de engorda del *Escenario 3* contaría con un total de 54.41 UA y por lo tanto tendría 4.24 y 2.41 UA más que los *Escenario 1* (50.17) y *2* (52.00) (cuadro 28), lo anterior significa que si se implementara la engorda propuesta en el *Escenario 3* se tendría un mayor consumo de MS que implicaría una mayor presión de pastoreo, incrementado la carga animal total del CEIEPAG en 1.36 UA, pasando a ser ésta de 6.36 UA. Esto implicaría un

riesgo mayor que en el *Escenario 1* si hubiera una reducción en la oferta de alimento en el Centro, pero sería un riesgo manejable debido a la flexibilidad en la empresa, la cual presenta la posibilidad de vender animales (como en el *Escenario 3*) en cualquier mes del periodo de engorda con el fin de reducir la demanda de alimento ante una oferta disminuida. Así, a partir del análisis realizado de los *Escenarios* modelados, se encontró al *Escenario 3* como el más viable desde el punto de vista biológico (mejor conversión alimenticia, mayores ganancias de peso durante al periodo de engorda, mayores consumos de MS) y financiero (menor inversión en la compra de animales y en alimentación, mayores ingresos brutos, netos y utilidades marginales por unidad animal) cumpliendo con las dos reglas de decisión que son el manejo de excedentes forrajeros y la obtención de la mayor rentabilidad financiera, mientras que el *Escenario 1* sería el menos recomendable al tener menor desempeño desde el punto de vista biológico (menores conversiones alimenticias y ganancias de peso por periodo) y financiero (mayor costo e inversión por unidad animal a la compra, menores ingresos brutos, netos y utilidades marginales por UA) y al cumplir parcialmente con las reglas de decisión para elegir una solución al problema del manejo de excedentes forrajeros del CEIEPAG en 1996-1997.

CONCLUSIONES.

El *Balanceo* es una herramienta de control *ex ante* para formular dietas a mínimo costo maximizando el contenido de EM en sistemas de producción bovina bajo pastoreo por medio de Programación Lineal y para “predecir” las GDP de bovinos para abasto en pastoreo, sus requerimientos de proteína en la dieta y sus consumos de MS. El modelo no calcula requerimientos de vitaminas y minerales, debido a que el sistema de ecuaciones utilizado para elaborar el *Balanceo* no tiene ecuaciones para el cálculo de los requerimientos de vitaminas, en tanto que para el cálculo de los requerimientos de minerales sí existen ecuaciones en dicho sistema, sin embargo no fueron desarrolladas en el *Balanceo*, porque en la engorda a realizar se proporcionarían diariamente sales minerales y se aplicarían vitaminas A, D, E al inicio y a la mitad del periodo de engorda para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales o corregir deficiencias de los mismos. Además, se esperaría que en las circunstancias de los tres *Escenarios* analizados los

animales cubrirían sus requerimientos diarios de vitaminas consumiendo dietas en base a pasto verde y por lo tanto, dichos cálculos no eran esenciales.

Con respecto al *Enfoque de Sistemas*, éste se aplicó al realizar el diagnóstico del Centro, y al identificar los objetivos y el problema a solucionar (el uso de los excedentes forrajeros obteniendo la mayor rentabilidad financiera posible). Posteriormente, utilizando el SCAD *Balanceo* como herramienta cuantitativa del *Enfoque de Sistemas* fué posible analizar las inter-relaciones existentes entre los siguientes indicadores biológicos: las GDP, los consumos de MS, la digestibilidad y la disponibilidad del alimento, el contenido de EM por kg. de MS y por dieta, el incremento de peso de los animales, la eficiencia alimenticia, y las conversiones alimenticias. Se analizaron también las inter-relaciones entre los siguientes indicadores financieros: los costos de las dietas, las inversiones en alimentación, los costos y precios de los animales a la compra y a la venta, las ganancias brutas, las ganancias netas y las utilidades marginales por UA. La importancia y la aplicación del *Enfoque de Sistemas* en este estudio, radica en la trascendencia que tiene en el análisis y la síntesis de los componentes del sistema estudiado, facilitando la comprensión de su funcionamiento. De esta forma se observó que las GDP están directamente relacionadas con el consumo de EM y la eficiencia alimenticia; así, al incrementarse el consumo de EM en la dieta, las GDP se incrementan, pero dichas ganancias tienden a reducirse conforme crece el animal debido a que disminuye su eficiencia alimenticia. El consumo de EM está en función del contenido de la misma por kg. de MS en la dieta y la cantidad de kgs. que la integran, por lo tanto, al incrementarse o reducirse los kgs. de MS y su contenido de energía, también se incrementará o disminuirá respectivamente la EM en la dieta y con ello las GDP. Cabe mencionar que cuando se usó el valor de digestibilidad del 75% en el *Escenario 3*. no se determinaron los cambios en el contenido de energía del alimento; dichos cambios pueden propiciar incrementos o reducción en las GDP y por lo tanto cambios en los otros indicadores biológicos y financieros. Por su parte, el consumo de MS se encuentra ligado a factores nutricionales y no nutricionales del alimento tales como su digestibilidad y disponibilidad, el tiempo de pastoreo, el comportamiento animal al momento de pastorear, y el peso del animal. Por eso, al incrementarse o disminuir ya sea la digestibilidad o la disponibilidad o el tiempo de pastoreo y el peso del animal, el

consumo de MS se incrementará o se reducirá de forma no lineal. En cuanto a los indicadores financieros, éstos estarán en función de los precios de los animales, los costos de los alimentos y del desempeño biológico de los animales, por lo que no es recomendable realizar estudios en sistemas agropecuarios utilizando solo una variable ya que el desempeño del sistema está en función de la inter-relación de los elementos que lo constituyen. Por lo anterior, se concluye que el *Enfoque de Sistemas* proporciona una visión integral para solucionar problemas del sistema considerando las necesidades y objetivos del ganadero.

En la simulación de los *Escenarios* descritos se tomaron datos reales de costos de producción de forrajes, de costos y precios por kg. de ganado bovino en pie a la compra y la venta respectivamente, registrados durante el periodo de estudio (febrero de 1996 a marzo de 1997). Estos precios y costos tienden a cambiar diariamente y propician que las ganancias netas y utilidades marginales por UA presenten variaciones. Sin embargo, también podrían cambiar las condiciones de la pradera (calidad, cantidad y disponibilidad) lo cual alteraría el desempeño biológico del animal y por lo tanto los resultados de los indicadores financieros. El *Balanceo* puede ser usado para "predecir" posibles cambios en el desempeño biológico de los sistemas de engorda de bovinos en pastoreo como respuesta a cambios en los indicadores biológicos mencionados anteriormente.

Desde el punto de vista financiero el *Balanceo* no calcula la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto (VPN), el periodo de retorno de inversión ni la relación beneficio:costo, debido a que responsable del Centro tenía como objetivo principal resolver el problema del manejo de excedentes forrajeros obteniendo el mayor desempeño biológico (GDP, consumo de MS, pesos finales) y financiero (ingresos brutos, ingresos netos y utilidades marginales por UA) posibles. De hecho, la utilidad marginal por UA. fué calculada usando el SCAD *Cárnico 1.x*, el cual si puede realizar los cálculos financieros anteriores.

El último paso realizado en el proceso de elaboración del SCAD *Balanceo* fué la verificación del mismo, analizando y revisando minuciosamente cada una de las ecuaciones y procedimientos utilizados para eliminar posibles errores lógicos y de programación. Como ya se mencionó, algunos de los errores corregidos fueron precisamente los

relacionados con los consumos de MS y las digestibilidades y los pesos de los animales; sin embargo, las ecuaciones de ajuste a los consumos reales MS son del tipo lineal y generalmente en los sistemas biológicos estas no son muy comunes.

El SCAD *Balanceo* no se evaluó comparando los resultados que el modelo "predice" con los obtenidos realmente en condiciones de campo. Para realizar dicho proceso sería recomendable, en las condiciones del CEIEPAG, realizar una engorda de bovinos en pastoreo con las características de los animales y las dietas utilizadas con el fin de comparar los indicadores biológicos (conversión alimenticia, GDP, ganancias de peso en el periodo de engorda, consumos de MS) y financieros del modelo (inversión en alimentación, ingresos brutos, netos y utilidades marginales por unidad animal) con los reales. Finalmente, se concluye que a pesar de que el SCAD *Balanceo* no ha sido evaluado puede constituirse en una herramienta útil para el análisis y control *ex ante* y en la planeación del uso óptimo de recursos en sistemas de engorda de bovinos para abasto bajo pastoreo, ya que se basa en un sistema de ecuaciones obtenidas a través del análisis y la síntesis de gran número de resultados obtenidos a partir de experimentos controlados.⁽²³⁾

LITERATURA CITADA

1. Parker JK. Introducción al análisis de sistemas. En Banco interamericano de desarrollo, editor. Proyectos de desarrollo. México: Limusa, 1979: 81-95.
2. Taylor ER, Bogart R. Scientific farm animal production. An introduction to animal science. 5ta ed. New York: McMillan, 1995.
3. Martínez GA. Carnico 1.x: Sistema computacional de apoyo a la toma de decisiones en el área de producción bovina y caprina de carne bajo pastoreo. Memorias del Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo; 1996 diciembre 9-11; Estado de México. México: División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996:101-104.
4. Jones JG, Street PR. Systems theory applied to agriculture and the food Chain. 1ra ed. New York: Elsevier Applied Science 1990.
5. Speeding WCR. An introduction to agricultural systems. 2da ed. London and New York: Elsevier Applied Science 1988.
6. Martínez GA. A framework for analysing the technical and financial feasibility of the implementation of New Zealand grazing techniques in Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tesis para obtener el grado de Master of Agricultural Sciences (Agricultural Systems Management): Massey University. New Zealand, 1995.
7. Speeding CR. Agricultural systems, Applied science, London 1976;1:1-3.
8. Parker W. Producción animal bajo pastoreo: Un enfoque de Sistemas. Memorias del Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo; 1996 diciembre 9-11; Estado de México. México: División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996:11-21.
9. Hodgson J. Grazing Management: Science into practice. 1ra ed. Gran Bretaña: Longman Handbooks in Agriculture, 1990.
10. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Panorama Agropecuario de los Estados Unidos Mexicanos: VII Censo Agropecuario 1991. México (DF): INEGI, 1991.

11. Parker W. La Administración agropecuaria aplicada a la producción animal bajo pastoreo. Memorias del Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo; 1996 diciembre 9-11; Estado de México. México: División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996:11-21.
12. Kay DR. Administración Agrícola y Ganadera. 1ra Ed. México: CECSA, 1986.
13. Rehman T. Romero C. Multiple-Criteria-Making Techniques and Their Role in Livestock Ration Formulation. *Agric. Syst.* 1984;15:23-49.
14. Dent JB, Thornton PK. The role of biological simulation models in farming systems research. *Agric. Administ. & Ext.* 1988;29:111-122.
15. Rickert KG. Computer models and the study of grazing systems. *Tropic. Grassl* 1988;4:145-149.
16. Löewer JO. Issues on modeling grazing systems. In: *Grazing Research editor. Design, methodology, and analysis.* Madison Wisconsin USA: CSSA Special Publication no. 16, 1990:127-136.
17. McCall DG. A systems approach to research planning for North Island Hill country. Ph.D. Thesis, Department of Agricultural Economics and Farm Management. Massey University. New Zealand, 1984.
18. Ebersohn JP. A commentary on systems studies in agriculture. *Journ. Agric. Syst* 1976;1:173-184.
19. Bruce JM, Broadbent PJ. New techniques in modelling cattle production systems. in: Phillips CJ, editor. *New techniques in cattle production.* UK: Butterworths, 1989.
20. Martínez GA. Proyecto: Incremento de la carga animal mediante la engorda estacional de toretes en un sistema sustentable de producción animal bajo pastoreo suplementado con forraje de corte en el Altiplano Mexicano. México: Centro de Enseñanza, Investigación, y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996.
21. Martínez GA. Caso de estudio: El Centro de Enseñanza, Investigación, y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG). Memorias del Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo

- pastoreo; diciembre 9-11; Estado de México. México: División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996:105-112.
22. Parker W. Introducción a la presupuestación de alimentos. Memorias del Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo; 1996 diciembre 9-11; Estado de México. México: División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996:11-21.
23. Standing Committee on Agriculture, Ruminants Subcommittee. Feeding standards for Australian livestock Ruminants. Australia: Advisory Service Melbourne CSIRO, 1990.
24. Muslera PE, Ratera GC. Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento. Madrid España: Mundi-prensa, 1991.
25. Ruiz NI, Chahín AG, Pedraza GC. Variación de la composición química y digestibilidad de algunos forrajes durante su temporada de uso en dos lecherías de la región metropolitana. *Agric. Tec.* 1994;54(2):160-168.
26. Black JL. Nutrition of the grazing ruminant. (CSIRO) Division of Animal Production, prospect, Australia. *Proceedings of the New Zealand Soc of Anim Prod* 1990;50:7-27.
27. Agricultural and Food Research Council's (AFRC). Energy and protein requirements of ruminants. Technical Committee on Responses to nutrients. Wallingford UK: CABI, 1993.
28. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth Revised Edition. Subcommittee of Beef Cattle Nutrition. Board on Agriculture Research Council. Washington D.C. USA: National Academy Press, 1984.
29. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). Energy allowances and feeding systems for ruminants. 1ra ed. UK, 1975.
30. Nicol AM, Nicoll GB. Pastures for beef cattle. In: Nicol AM, editor. *Livestock Feeding on Pasture*. Occasional publication No. 10. New Zealand: Society of Animal Production, 1987.
31. Holmes CW, Wilson GF, Mackenzie DDS, Flux DS, Brookes IM, Davey AWF. Nutrition: Classification and utilization of nutrients. In *Milk production from pasture*. First ed. New Zealand: Butterworths Agricultural books, 1987.

32. Agricultural Research Council (ARC). The Nutrient requirements of livestock. UK: Commonwealth Agricultural Brevets Farnham Royal, 1980.
33. Pond WG, Church DC, Pond KR. Basic animal nutrition and feeding. 4ta ed. USA: John Wiley & Sons, 1990.
34. Minish GL, Fox D. Beef production and management. 2da ed. USA: Reston Publishing company, 1982.
35. National Research Council. Vitamin tolerance of animals. 1ra ed. Washington D.C: National Academy Press, 1987.
36. Fraser MC, Bergeron JA, Aiello SE. El Manual Merck de Veterinaria: El Manual de diagnóstico, tratamiento, prevención, y control de enfermedades para el Veterinario. 4ta ed. Barcelona España: Oceano/Centrum 1993.
37. Gonzales CJ. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. 1ra ed. Madrid España: Mundi prensa, 1990.
38. Church DC, Pond WG. Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. 1ra ed. México: Limusa, 1987.
39. Hodgson J. Control del consumo de hierba. Memorias del Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo; 1996 diciembre 9-11; Estado de México. México: División de Educación Continua. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, 1996:41-54.
40. Sanchez GE. Alteradores del metabolismo y de la salud. en Shimada SA, LLamas G, editores. Anabólicos y aditivos en la producción agropecuaria. México: Sistema de educación continua en producción animal en México, 1990: 131-157.
41. Rumsey TS, Elsasser TH, Kahl S. Roasted soybeans and an oestrogenic growth promoter affect growth hormone status and performance of beef steers. Journ. of Nut. 1996;126:2880-2887.
42. Spire MF. Summer management of beef calves. Veterin. Medic., 1995;90:899-909.
43. Simpson JR, Moore CP. Economics of zeranol in beef cattle production. World Rev. of Anim Prod., 1990; 2:27-36.
44. Engelken TJ, Spire MF, Simms DD, McWhirter JD. Management practice that increase beef herd profitability. Vet Med, 1991;86:851-857.

45. Goetsch AL, Murphy GE, Grant EW, Forester LA, Galloway DL, West CP, Johnson ZB, Effects of animal and supplement characteristics on average daily gain of grazing beef cattle. *Jour. of Anim. Scien.*, 1991; 2:433-442.
46. Alvarez-buya RM. La computación como instrumento en la administración agropecuaria. (Tesis de licenciatura). México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1986.
47. Dwinger RH, Capella E, Pérez E, Baaijen M, Muller E. Applications of computerized herd management and production control program in Costa Rica. *Trop. Agric.*, 1994; 71:74-76.
48. Wilson JL. Technology in farm business management. *Can. Agric. Econ.*, 1994; 42:493-496.
49. Dent JB, Harrison SR, Woodford KB. Farm planning with Linear Programming: Concept and practice. Australia: Butterworths, 1986.
50. Caletti RC. La Programación Lineal y su aplicación en la Medicina Veterinaria y Zootecnia (Tesis de licenciatura). México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1984.
51. Taylor RD, Newland HW. Computers and economical animal nutrition. En: First International Symposium. Feed composition, animal nutrients requeriments and computerization. Utah USA: International Feedstuffs Institute, 1976.
52. Lucas LH. Formulation and role of input-output models in animal production. First International Symposium. Feed composition, animal nutrients requeriments and computerization. Utah USA: International Feedstuffs Institute, 1976.
53. Alderman G. Extension of feed analyses and computer services to farm managers. First International Symposium. Feed composition, animal nutrients requeriments and computerization. Utah USA: International Feedstuffs Institute, 1976.
54. Pérez RT. Programación Lineal aplicada a la empresa. Finalidad, métodos, campos de aplicación, límites. 1era ed. Barcelona España: Sagitario S.A. 1968.
55. Trujillo FV. Métodos matemáticos en la nutrición animal. México; McGrall-Hill, 1987.
56. Chester T. Domine Excel 5 para windows. 7ma ed. México: Ventura, 1995.
57. Rainer B. Excel para todos. 1ra ed. México: Alfa-Omega, 1995.

58. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado con datos del Servicio nacional de información de mercados y sistema informativo de productos cárnicos. México: AMEG, 1998.
59. Ministry of Agriculture, Fisheries and food (MAFF). Energy allowances and feeding systems for ruminants. London UK: Min. Agric. Fish. Food, Tech. Bull. No. 433, 1984.
60. Blood DC, Radostist OM. Veterinary medicine: A textbook of the Diseases of Catle, Sheeps, Pigs, Goats and Horses. 7ma ed. England: Bailliere Tindall, 1989.
61. Neuman AL. Ganado vacuno para producción de carne. 1ra ed. México: Limusa, 1991

BALANCEO: PRESUPUESTO DE ALIMENTO

Producción de MS en la pradera del CEIEPAG en el período de Marzo 1996 a Febrero de 1997.

Potrero	Numero de has.	Num. de Pastoreos	Tons MS/ha.	Ton MS/potrero.	Tons.MS totales/potrero.
1	2,47	4	4,69	11,60	46,39
2	2,47	4	2,32	5,74	22,98
3	2,47	4	2,15	5,31	21,26
4	3,86	4	2,16	8,35	33,41
7 y 8	1,96	7	7,07	13,86	97,00
Total	13,24	23		44,87	221,04

Pradera integrada por: Rye grass, Orchard, Festuca, Trebol alejandrino, Trebol blanco, Trebol rojo

Producción de alfalfa del CEIEPAG en el periodo marzo 1996 a febrero 1997.

Mes	Numero de Pacas/ha.	Numero de pacas/5.7 has	kg totales de MS/5.7 has	*kgs. totales de MS/1.8 has
Marzo	85	484,50	9.690,00	2.925,00
Abril	95	541,50	10.830,00	3.100,00
Mayo	95	541,50	10.830,00	2.925,00
Junio	105	598,50	11.970,00	2.225,00
Julio	125	712,50	14.250,00	2.225,00
Agosto	125	712,50	14.250,00	2.225,00
Septiembre	125	712,50	14.250,00	385,00
Octubre	100	570,00	11.400,00	385,00
Noviembre	95	541,50	10.830,00	385,00
Diciembre	85	484,50	9.690,00	385,00
Enero	55	313,50	6.270,00	2.205,00
Febrero	55	313,50	6.270,00	2.425,00
Total	1145	6.526,50	130.530,00	21.795,00

Total de ton de MS/ 5.7 has/ 12 meses.	130,53
Total de ton de MS/ 1.8 has/ 12 meses.	21,80
Total de Ton de MS/ 7.5 has/ 12 meses	152,33

*esta información fue la única a la que se tuvo acceso de la siembra de 1.8 has.

Producción de maíz de temporal en el CEIEPAG (de marzo de 1996 a febrero de 1997)

Siembra	Cosecha	has sembradas de maíz	Rendimiento/ha (tons MS)	Rendimiento total (tons de MS)	Ensilado (tons MS)
Abril	Octubre	14	8	112	84,00
Abril	Octubre	5	10	50	37,50
		Total		162	121,50

Pacas de rastrojo de maíz obtenidas en el CEIEPAG en el periodo 1996-97

Mes	Num de Pacas	kg MS/paca.	Ton de MS Totales
Marzo	1.820	23,75	43,23
Diciembre	840	23,75	19,95
Total	2.660		63,18

PRESUPUESTO TOTAL DE ALIMENTO EN EL CEIEPAG

(MARZO 1996-FEBRERO 1997)

Producto	Tons MS/Insumo	Cost.prod/kg MS.	Costos Totales
Pradera	221,04	0,19	\$ 41.998,44
Alfalfa	152,33	2,40	\$ 365.580,00
Ensilado de Maiz	121,50	0,23	\$ 27.945,00
Rastrojo de maíz	63,18	0,21	\$ 13.266,75
Total	558,04		\$ 448.790,19

**COSTOS VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CEIEPAG
EN EL PERIODO 1996-1997**

PRADERA DE RIEGO

ACTIVIDADES	COSTOS	
RIEGO.....		
522.6 litros de diésel	\$ 1,045.26	
6.9 Jornales	\$ 616.20	
Luz	\$ 1,839.66	
Luz cerco eléctrico	\$ 627.15	
Producir en 13.24 has de pradera implicaría un costo de =	<u>\$ 4,128.27</u>	
COSTOS POR kg de MS de PASTO.....		
Costo de producción	\$ 4,128.27	
Rendimiento kg/MS	22,552.13	
Costo de producción/kg MS de Pradera	<table border="1"><tr><td>\$ 0.19</td></tr></table>	\$ 0.19
\$ 0.19		

**COSTOS VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CEIEPAG
EN EL PERIODO 1996-1997**

ALFALFA VERDE

CICLO: Primavera - Verano.

ACTIVIDADES	COSTOS
PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	
1 Barbecho	\$ 60.00
1 Rastra	\$ 60.00
RIEGO	
50 Litros de diesel	\$ 75.00
1 Jornal.	\$ 35.00
Luz	\$ 154.00
FERTILIZACIÓN.....	
Fertilizante	\$ 277.00
2 Jornales	\$ 70.00
"Cultipacker"	\$ 60.00
SIEMBRA.....	
Semilla de avena (cultivo "madrina")	\$ 2,900.00
2 Jornales	\$ 70.00
1 Rastra	\$ 60.00
Semilla de alfalfa	\$ 171.00
2 Jornales	\$ 70.00
1 Rastra	\$ 100.00
2 RIEGOS.....	
100 litros de diesel	\$ 180.00
1 Jornal	\$ 140.00
Luz	\$ 528.00
Corte	\$ 210.00
Transporte	\$ 120.00
2 Jornales	\$ 210.00
El cultivar 1 ha. implicaría un costo de =	\$ 5,550.00
El cultivar 7.5 ha. implicaría un costo de =	\$ 41,625.00
RENDIMIENTO.....	
Rendimiento de 7.5 has	17,083.3 kg MS
Costo de producción TOTAL (7.5 has.)	\$ 41,625.00
Costo de producción/kg MS	\$ 2.44

COSTOS.

**COSTOS VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CEJEPAG
EN EL PERIODO 1996-1997**

MAIZ FORRAJERO DE TEMPORAL.

ACTIVIDADES	COSTOS
PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	
1 Barbecho	\$ 60.00
2 Rastras	\$ 120.00
SIEMBRA.....	
Maquinaria	\$ 75.00
2 Jornales	\$ 70.00
Semilla de maíz	\$ 125.00
2 Jornales	\$ 70.00
RESIEMBRA	
2 Jornales	\$ 70.00
LABORES CULTURALES.....	
1er cultivo	\$ 60.00
2 Jornales	\$ 70.00
3er cultivo	\$ 100.00
CORTE	
Cosechadora	\$ 85.00
3 Jornales	\$ 105.00
ENSILADO.....	
Tractor	\$ 60.00
4 Jornales	\$ 140.00
Plástico	\$ 60.00
El cultivar 1 ha. implicaría un costo de=	<u>1,270.00</u>
Rendimiento en kg de MS/ha.	8,000 kg MS/ ha
Costo de producción por kg de MS de maíz=	\$ 0.16
7 Has cultivadas implicarían una inversión de=	\$ 8,990
Rendimiento de las 7 has=	5,6000 kg MS
Costo total de las 14 has=	19,775 kg MS
Rendimiento total ensilado de maíz/14 has=	84,000 ton MS
Costo de producción por kg de MS de Ensilado de maíz=	\$ 0.23

**COSTOS VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL CEIEPAG
EN EL PERIODO 1996-1997**

**MAIZ FORRAJERO CON RIEGO Y FERTILIZACION
CICLO: Primavera - Verano.**

ACTIVIDADES	COSTOS
PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	
1 Barbecho	\$ 60.00
2 Rastras	\$ 120.00
SIEMBRA.....	
Maquinaria	\$ 75.00
2 Jornales	\$ 70.00
Semilla de maíz	\$ 125.00
2 Jornales	\$ 70.00
RESIEMBRA.....	
2 Jornales	\$ 70.00
FERTILIZACIÓN.....	
Fertilizante	\$ 140.00
2 Jornales	\$ 70.00
RIEGO.....	
100 litros de diesel	\$ 210.00
1 Jornal	\$ 140.00
Luz	\$ 264.00
LABORES CULTURALES.....	
1er. cultivo	\$ 60.00
2 Jornales	\$ 70.00
3er cultivo	\$ 100.00
CORTE.....	
Cosechadora	\$ 85.00
3 Jornales	\$ 105.00
ENSILADO.....	
Tractor	\$ 60.00
4 Jornales	\$ 140.00
Plástico	\$ 60.00
Otros	\$ 170.00
El cultivar 1 hectárea costaría=	\$ 2,264.00
 Rendimiento en kg de MS/ha=	 10000 kg MS/ ha
Costo de producción por kg de MS de maíz=	\$ 0.23

COSTOS.

**COSTOS DE PRODUCCIÓN VARIABLES DEL CEIEPAG
EN EL PERIODO 1996-1997**

RASTROJO DE MAIZ

ACTIVIDADES	COSTOS
22.16 bobinas de alambre	\$ 5,320.00
Diesel y lubricantes	\$ 2,216.60
Tractorista (3 semanas)	\$ 1,241.30
5 peones (3 semanas)	\$ 4,965.30
	<hr/>
	\$ 13,743.20
Numero de pacas obtenidas	2,660
Costo de producción por paca	\$ 5.17
1 paca contiene 23.75 kg de MS	
Costo de producción por kg de MS de rastrojo de maiz=	\$ 0.21

Apéndice C

Calidad nutricional de los alimentos existentes en el CEIEPAG (de marzo de 1996 a febrero de 1997).

Mes.	Pradera			Alfalfa			Ensilado de maíz			Rastrojo de maíz		
	% PC.	TND.	EM(Mcal)	% PC.	TND.	EM(Mcal)	% PC.	TND.	EM(Mcal)	% PC.	TND.	EM(Mcal)
Mar.	18,67%	66,06%	2,37	17,50%	62,00%	2,5				4,23%	64,44%	2,32
Abr.	23,80%	77,27%	2,79	25,00%	70,67%	2,3				4,23%	64,44%	2,32
May.	22,30%	70,80%	2,54	25,00%	70,67%	2,2				4,23%	64,44%	2,32
Jun.	18,25%	70,02%	2,51	21,00%	68,00%	2,3				4,23%	64,44%	2,32
Jul.	18,68%	69,64%	2,50	26,00%	72,00%	2,4				4,23%	64,44%	2,32
Agst	23,10%	69,96%	2,50	22,00%	68,70%	2,2				4,23%	64,44%	2,32
Sept.	16,57%	73,20%	2,62	17,50%	62,00%	2,0				4,23%	64,44%	2,32
Oct.	16,88%	70,42%	2,52	20,50%	66,00%	2,2	7,86%	71,48%	2,58	4,23%	64,44%	2,32
Nov.	17,04%	69,03%	2,48	17,50%	62,00%	2,3	7,86%	71,48%	2,58	4,23%	64,44%	2,32
Dic.	17,12%	68,33%	2,46	21,50%	69,00%	2,3	7,86%	71,48%	2,58	4,23%	64,44%	2,32
Ene.	17,20%	67,64%	2,43	23,00%	70,00%	2,3	7,86%	71,48%	2,58	4,23%	64,44%	2,32
Feb.	17,93%	66,85%	2,40	20,50%	64,00%	2,2	7,86%	71,48%	2,58	4,23%	64,44%	2,32

Apéndice D₁: SCAD: CARNICO 1.X

Presupuesto Mensual de Alimento													
Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG-FMVZ-UNAM).													
Nombre del Rancho: San Francisco.													
Periodo: Marzo 1996 a Febrero 97 (Escenario 3)													
Demanda de alimento (kg MS)	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	Total
Bovinos													
450 kg, 102 animales	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	345.204
152 kg, 17 animales													
73 kg, 9 animales													
60kg, 1 animal, Ncm May													
60 kg, 1 animal, Ncm Jun													
60 kg, 1 animal, Ncm Sep													
60 kg, 1 animal, Ncm Nov													
60 kg, 1 animal, Ncm Ene													
Engorda	0	10.522	13.879	14.742	16.575	16.210	9.430	0	0	0	0	0	81.358
Subtotal Bovinos	28.767	39.289	42.646	43.509	45.342	44.977	38.197	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	426.562
Caprinos													
Subtotal Caprinos	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	104.599
Total demanda mensual	37.484	48.006	51.363	52.226	54.059	53.694	46.914	37.484	37.484	37.484	37.484	37.484	531.161
Oferta de Alimento (kg MS)													
Pradera (13.24 has)	23.400	23.400	23.400	33.600	33.600	33.600	27.440	4.000	3.000	5.200	5.200	5.200	221.040
Forraje de corte													
Alfalfa (7.5 has).	12.620	13.930	13.755	14.195	16.475	16.475	14.635	11.785	11.215	10.075	8.475	8.695	152.330
Ensilado de maíz.	0	0	0	0	0	0	0	24.300	24.300	24.300	24.300	24.300	121.500
Rastrojo de maíz	1.464	10.676	14.208	4.431	3.984	3.619	4.839	0	0	6.650	6.650	6.650	63.171
Total oferta mensual	37.484	48.006	51.363	52.226	54.059	53.694	46.914	40.085	38.515	46.225	44.625	44.845	558.041
Diferencia	0	0	0	0	0	0	0	2.601	1.031	8.741	7.141	7.361	26.880

Apéndice D₂: SCAD: CÁRNICO 1.X

Presupuesto Mensual de Alimento													
Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG-FMVZ-UNAM).													
Nombre del Rancho: San Francisco.													
Periodo: Marzo 1996 a Febrero 97 (Escenario 2)													
Demanda de alimento (kg MS)	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	Total
Bovinos													
450 kg, 102 animales	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	345.204
152 kg, 17 animales													
73 kg, 9 animales													
60kg, 1 animal, Ncm May													
60 kg, 1 animal, Ncm Jun													
60 kg, 1 animal, Ncm Sep													
60 kg, 1 animal, Ncm Nov													
60 kg, 1 animal, Ncm Ene													
Engorda	0	10.840	13.340	13.680	14.340	14.770	14.390						81.360
Subtotal Bovinos	28.767	39.607	42.107	42.447	43.107	43.537	43.157	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	426.564
Caprinos													
Subtotal Caprinos	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	104.599
	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	104.599
Total demanda mensual	37.484	48.324	50.824	51.164	51.824	52.254	51.874	37.484	37.484	37.484	37.484	37.484	531.163
Oferta de Alimento (kg MS)													
Pradera (13.24 has)	23.400	23.400	23.400	33.600	33.600	33.600	27.440	4.000	3.000	5.200	5.200	5.200	221.040
Forraje de corte													
Alfalfa (7.5 has).	12.620	13.930	13.755	14.195	16.475	16.475	14.635	11.785	11.215	10.075	8.475	8.695	152.330
Ensilado de malz.	0	0	0	0	0	0	0	24.300	24.300	24.300	24.300	24.300	121.500
Rastrojo de maiz	1.464	10.994	13.669	3.369	1.749	2.179	9.799	0	0	6.650	6.650	6.650	63.173
Total oferta mensual	37.484	48.324	50.824	51.164	51.824	52.254	51.874	40.085	38.515	46.225	44.625	44.845	558.043
Diferencia	0	0	0	0	0	0	0	2.601	1.031	8.741	7.141	7.361	26.880


Apéndice D₃: SCAD: CÁRNICO 1.X

Presupuesto Mensual de Alimento													
Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrícola y Ganadera (CEIEPAG-FMVZ-UNAM).													
Nombre del Rancho: San Francisco.													
Periodo: Marzo 1996 a Febrero 97 (Escenario 1)													
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	Total
Demanda de alimento (kg MS)													
Bovinos													
450 kg, 102 animales	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	28.767	345.204
152 kg, 17 animales													
73 kg, 9 animales													
60kg, 1 animal, Nom May													
60 kg, 1 animal, Nom Jun													
60 kg, 1 animal, Nom Sep													
60 kg, 1 animal, Nom Nov													
60 kg, 1 animal, Nom Ene													
Engorda	0	0	0	9.820	10.960	12.660	14.210	15.580	13.820	0	0	0	77.060
Subtotal Bovinos	28.767	28.767	28.767	38.587	39.717	41.447	42.977	44.347	42.587	28.767	28.767	28.767	422.264
Caprinos													
	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	104.599
Subtotal Caprinos	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	8.717	104.599
Total demanda mensual	37.484	37.484	37.484	47.304	48.434	50.164	51.694	53.064	51.304	37.484	37.484	37.484	526.863
Oferta de Alimento (Kg MS)													
Pradera (13.24 has)	23.400	23.400	23.400	33.600	33.600	33.600	27.440	4.000	3.000	5.200	5.200	5.200	221.040
Forraje de corte													
Alfalfa (7.5 has).	12.620	13.930	13.755	14.195	16.475	16.475	14.635	11.785	11.215	10.075	8.475	8.695	152.330
Ensilado de maíz.	0	0	0	0	0	0	0	24.300	24.300	24.300	24.300	24.300	121.500
Rastrojo de maíz	1.464	154	329	800	0	1.300	10.983	14.200	14.100	6.650	6.650	6.650	63.180
Total oferta mensual	37.484	37.484	37.484	48.595	50.075	51.375	52.958	54.285	52.615	46.225	44.845	44.845	556.050
Diferencia	0	0	0	1.291	1.641	1.211	1.264	1.221	1.311	8.741	7.141	7.361	31.187


OFERTA-DEMANDA

BALANCEO: INTERFASE




Datos del aliment

Dieta del mes. Julio 

Digestibilidad del alimento en %	69.64
Energía metabolizable en Mcal/kg MS	2.5
Proteína cruda en %	18.7%
Disponibilidad de alimento en tons/ha	3.80

Terreno Plano 

Datos de animale

Peso vivo en kg	249	
Edad en años	1.5	
Raza del animal	b. indicus x b. taurus	
Sexo	Machos Enteros.	

<i>Resultados</i>	
kilogramos de peso ganados	1.11
prot. requerida en la dieta en g/kg MS	153.41
Consumo de MS en Kg /Cabeza/Dia.	6.75

BALANCEO: ESCENARIO 1 (ESTIMACIONES BIOLÓGICAS Y FINANCIERAS)

Mes del Periodo	GDP (kgs)	GDP de animales Implantados	Consumo de MS/cabeza/día	Consumo de MS de animales implantados	Costo total por Dieta
Junio	1,39	1,61	6,05	6,17	\$ 1,17
Julio	1,11	1,29	6,75	6,89	\$ 1,31
Agosto	1,12	1,30	7,82	7,98	\$ 1,52
Septiembre	1,23	1,43	8,76	8,94	\$ 1,70
Octubre	1,04	1,20	9,61	9,80	\$ 2,16
Noviembre	0,61	0,70	8,52	8,69	\$ 2,63
		1,26		8,08	\$ 1,75

Precio por kg PV a la Venta	Costo/kg PV Producido	Ganancias brutas/kg PV	kg de peso ganados/cabeza/mes	Ganancia brutas/mes/Cabeza	Ganancias brutas/hato/mes
\$ 11,65	\$ 0,73	\$ 10,92	48,37	\$ 528,36	\$ 28.003,03
\$ 11,70	\$ 1,01	\$ 10,69	38,73	\$ 413,92	\$ 21.938,00
\$ 11,86	\$ 1,17	\$ 10,69	38,91	\$ 415,97	\$ 22.046,42
\$ 11,99	\$ 1,19	\$ 10,80	42,80	\$ 462,27	\$ 24.500,10
\$ 12,12	\$ 1,79	\$ 10,33	36,05	\$ 372,30	\$ 19.731,85
\$ 12,15	\$ 3,73	\$ 8,42	21,12	\$ 177,88	\$ 9.427,63
\$ 12,28					\$ 125.647,04

BALANCEO: ESCENARIO 1(RESULTADOS BIOLÓGICOS Y FINANCIEROS)

Mes	GDP (kgs)	Precio por kg PV a la Venta	Peso vivo al inicio del mes	Costo/ animal/mes	Inversión (animales)
Junio	1,61	\$ 11,65	200,00	\$ 2.330,00	\$ 123.490,00
Julio	1,29	\$ 11,70	248,37	\$ 2.905,95	\$ 154.015,48
Agosto	1,30	\$ 11,86	287,10	\$ 3.405,06	\$ 180.468,08
Septiembre	1,43	\$ 11,99	326,01	\$ 3.908,87	\$ 207.170,08
Octubre	1,20	\$ 12,12	368,81	\$ 4.470,04	\$ 236.911,87
Noviembre	0,70	\$ 12,15	404,87	\$ 4.919,14	\$ 260.714,49
Diciembre		\$ 12,28	425,99	\$ 5.231,17	\$ 277.252,11
Mes	GDP (kg)	kg de MS consumidos/ cabeza/día	Tons de MS Consumidas/ Periodo/hato	Costo/kg de MS Producido	Costo de MS consumida/hato
Junio	1,61	6,17	9,81	\$ 0,19	\$ 1.864,26
Julio	1,29	6,89	10,95	\$ 0,19	\$ 2.079,96
Agosto	1,30	7,98	12,68	\$ 0,19	\$ 2.409,36
Septiembre	1,43	8,94	14,21	\$ 0,19	\$ 2.700,56
Octubre	1,20	9,80	15,58	\$ 0,21	\$ 3.271,25
Noviembre	0,70	8,69	13,82	\$ 0,31	\$ 4.320,07
			77,05		\$ 16.645,46
kg de MS consumida/animal/engorda.					
			1453,87		
kg de peso ganados en la engorda					
			225,99		
Conversión Alimenticia					
			6,43		
GDP promedio por periodo					
			1,26		
Total de UA en la sub-empresa					
			50,17		
Costo por animal a la compra					
			\$ 2.330,00		

BALANCEO: ESCENARIO 2 (ESTIMACIONES BIOLÓGICAS Y FINANCIERAS)

Mes del Periodo	GDP (kgs)	GDP de animales Implantados	Consumo de MS/cabeza/día	Consumo de MS de animales implantados	Costo total por Dieta
Abril	2,36	2,74	6,69	6,82	\$ 1,30
Mayo	1,32	1,53	8,22	8,39	\$ 1,59
Junio	0,98	1,14	8,44	8,60	\$ 1,63
Julio	0,77	0,89	8,84	9,02	\$ 1,71
Agosto	0,80	0,93	9,11	9,29	\$ 1,77
Septiembre	0,72	0,82	8,89	9,05	\$ 1,72
		1,34		8,53	1,62

Precio por kg PV a la Venta	Costo/kg PV Producido	Ganancias brutas/kg PV	kg de peso ganados/cabeza/mes	Ganancia brutas/mes/Cabeza	Ganacias brutas/hato/mes
\$ 11,32	\$ 0,47	\$ 10,85	82,20	\$ 891,61	\$ 47.255,28
\$ 11,37	\$ 1,04	\$ 10,33	45,90	\$ 474,08	\$ 25.126,36
\$ 11,60	\$ 1,43	\$ 10,17	34,24	\$ 348,18	\$ 18.453,54
\$ 11,62	\$ 1,92	\$ 9,70	26,80	\$ 259,97	\$ 13.778,46
\$ 11,65	\$ 1,90	\$ 9,75	27,84	\$ 271,37	\$ 14.382,63
\$ 11,70	\$ 2,10	\$ 9,60	24,57	\$ 235,88	\$ 12.501,86
\$ 11,86					\$ 131.498,14

BALANCEO: ESCENARIO 2 (RESULTADOS BIOLÓGICOS Y FINANCIEROS)

Mes	GDP (kgs)	Precio por kg PV a la Venta	Peso vivo al inicio del mes	Costo/ animal/mes	Inversión (animales)
Abril	2,74	\$ 11,32	200,00	\$ 2.264,00	\$ 119.992,00
Mayo	1,53	\$ 11,37	282,20	\$ 3.208,59	\$ 170.055,10
Junio	1,14	\$ 11,60	328,10	\$ 3.805,95	\$ 201.715,14
Julio	0,89	\$ 11,62	362,34	\$ 4.210,41	\$ 223.151,94
Agosto	0,93	\$ 11,65	389,14	\$ 4.533,46	\$ 240.273,26
Septiembre	0,82	\$ 11,70	416,98	\$ 4.878,64	\$ 258.568,06
Octubre		\$ 11,86	441,55	\$ 5.236,77	\$ 277.548,85

Mes	GDP (kgs)	kg de MS consumidos/cabeza/día	Tons. de MS Consumidas/ Periodo/hato	Costo/kg de MS Producido	Costo de MS consumida/hato
Abril	2,74	6,82	10,84	\$ 0,19	\$ 2.059,99
Mayo	1,53	8,39	13,34	\$ 0,19	\$ 2.534,16
Junio	1,14	8,60	13,68	\$ 0,19	\$ 2.599,18
Julio	0,89	9,02	14,34	\$ 0,19	\$ 2.724,13
Agosto	0,93	9,29	14,77	\$ 0,19	\$ 2.807,17
Septiembre	0,82	9,05	14,39	\$ 0,19	\$ 2.734,60
			81,36		\$ 15.459,23

kg de MS consumida/animal/engorda.	1535,18
kg de peso ganados en la engorda	241,55
Conversión Alimenticia	6,36
GDP promedio por periodo	1,34
Total de UA en la sub-empresa	52,00
Costo por animal a la compra	\$ 2.264,00
Precio por animal a la venta	\$ 5.236,77
Utilidad Marginal/UA/periodo	\$ 2.354,00

BALANCEO: ESCENARIO 3 (ESTIMACIONES BIOLÓGICAS Y FINANCIERAS)

Mes del Periodo	GDP (kgs)	GDP de animales implantados	Consumo de MS/cabeza/día	Consumo de MS de animales implantados	Costo total por Dieta
Abril	2,23	2,59	6,49	6,62	\$ 1,26
Mayo	1,51	1,75	8,56	8,73	\$ 1,66
Junio	1,18	1,37	9,09	9,27	\$ 1,76
Julio	1,16	1,35	10,22	10,42	\$ 1,98
Agosto	0,89	1,04	10,00	10,20	\$ 1,94
Septiembre	1,03	1,19	10,62	10,83	\$ 2,06
	1,33			9,35	\$ 1,78

Precio por kg PV a la Venta	Costo/kg PV Producido	Ganancias brutas/kg PV	kg de peso ganados/cabeza/mes	Ganancia brutas/mes/Cabeza	Ganacias brutas/hato/mes
\$ 11,32	\$ 0,49	\$ 10,83	77,64	\$ 841,15	\$ 44.580,95
\$ 11,37	\$ 0,95	\$ 10,42	52,37	\$ 545,73	\$ 28.923,79
\$ 11,60	\$ 1,29	\$ 10,31	40,96	\$ 422,28	\$ 22.380,95
\$ 11,62	\$ 1,47	\$ 10,15	40,40	\$ 410,06	\$ 21.733,26
\$ 11,65	\$ 1,87	\$ 9,78	31,11	\$ 304,32	\$ 16.129,11
\$ 11,70	\$ 1,73	\$ 9,97	35,68	\$ 355,71	\$ 18.852,53
\$ 11,86			278,17		\$ 152.600,59

BALANCE: ESCENARIO 3 (RESULTADOS BIOLÓGICOS Y FINANCIEROS)

Mes	GDP (kgs)	Precio por kg PV a la Venta	Peso vivo al inicio del mes	Costo/ animal/mes	Inversión (animales)
Abril	2,59	\$ 11,32	200,00	\$ 2.264,00	\$ 119.992,00
Mayo	1,75	\$ 11,37	277,64	\$ 3.156,75	\$ 167.307,92
Junio	1,37	\$ 11,60	330,01	\$ 3.828,15	\$ 202.891,87
Julio	1,35	\$ 11,62	370,97	\$ 4.310,70	\$ 228.467,06
Agosto	1,04	\$ 11,65	411,38	\$ 4.792,52	\$ 254.003,62
Septiembre	1,19	\$ 11,70	442,49	\$ 5.177,09	\$ 124.250,18
Octubre		\$ 11,86	478,17	\$ 5.671,04	\$ 164.460,13
Mes	GDP (kgs)	kg de MS consumidos/cabeza/día	Tons de MS Consumidas/Periodo/hato	Costo/kg de MS Producido	Costo de MS consumida/hato
Abril	2,59	6,62	10,52	\$ 0,19	\$ 1.999,23
Mayo	1,75	8,73	13,88	\$ 0,19	\$ 2.637,31
Junio	1,37	9,27	14,74	\$ 0,19	\$ 2.801,01
Julio	1,35	10,42	16,57	\$ 0,19	\$ 3.149,21
Agosto	1,04	10,20	16,21	\$ 0,19	\$ 3.080,50
Septiembre	1,19	10,83	9,42	\$ 0,19	\$ 1.790,28
			81,36		\$ 15.457,53
kg de MS consumida/animal/engorda.					
kg de peso ganados en la engorda					
Conversion Alimenticia					
GDP promedio por periodo					
Total de UA en la sub-empresa					
Costo por animal a la compra					
Precio por animal a la venta					
Utilidad Marginal/UA/periodo					
			\$	\$	\$
			\$ 2.264,00	\$	\$
			\$	\$ 5.671,04	\$
			\$	\$ 2.452,00	\$

Apéndice G

BALANCEO: CALIDAD DE DIETAS

Calidad nutricional de las dietas proporcionadas en el CEIEPAG en las engordas de los tres Escenarios modelados
(Marzo de 1996 a Febrero de 1997)

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Digestibilidad (%)	66,06	77,27	70,80	70,02	69,64	69,96
EM (Mcal)	2,37	2,79	2,54	2,51	2,50	2,50
% PC	18,67	23,80	22,30	18,25	18,68	23,10
Disponibilidad (tons MS/ha)	2,5	2,5	2,5	3,8	3,8	3,8

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
Digestibilidad (%)	73,20	70,87	68,62	69,14	69,33	45,42
EM (Mcal)	2,62	2,56	2,56	2,49	2,50	2,47
% PC	16,57	10,66	12,00	11,22	11,50	12,23
Disponibilidad (tons MS/ha)	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2

BALANCEO: DIETA DE MARZO

Composición Química del alimento.				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	18,67%	66,06%	2,37	\$ 0,19
Alfalfa	17,50%	62,00%	2,50	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	31
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibi- lidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	7,10	\$ 1,35	0,187	2,37	376,30	11,67	23,40
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	12,62
Ensilado	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibili- dad (%)
Aporte total	100%	7,10	\$ 1,35	18,7%	2,37	66,06

BALANCEO: DIETA DE ABRIL

Composición Química del Alimento.				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	23,80%	77,27%	2,79	\$ 0,19
Alfalfa	25,00%	70,67%	2,30	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	6,02	\$ 1,14	0,24	2,79	319,06	9,57	23,40
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	13,93
Ensilado	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	9,73

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	6,02	\$ 1,14	18,0%	2,79	77,27
Necesidades	100%	6,02		18,0%	2,79	

Apéndice H₃

BALANCEO: DIETA DE MAYO

Composición Química del Alimento.

INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	22,30%	70,80%	2,54	\$ 0,19
Alfalfa	25,00%	70,67%	2,20	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	8,16	\$ 1,55	0,22	2,54	432,48	12,97	23,40
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	13,76
Ensilado	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	8,16	\$ 1,55	18,0%	2,54	70,80
Necesidades	100%	8,16		18,0%	2,54	

BALANCEO: DIETA DE JUNIO

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	18,25%	70,02%	2,51	\$ 0,19
Alfalfa	21,00%	68,00%	2,30	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	8,16	\$ 1,55	0,18	2,51	432,48	12,97	33,60
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	14,20
Ensilado	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	8,16	\$ 1,55	18,3%	2,51	70,02
Necesidades	100%	8,16		18,3%	2,51	

BALANCEO: DIETA DE JULIO

Composición Química de los Alimentos

INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	18,68%	69,64%	2,50	\$ 0,19
Alfalfa	26,00%	72,00%	2,40	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	9,69	\$ 1,84	0,19	2,50	513,57	15,41	33,60
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	16,48
Ensilado	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	9,69	\$ 1,84	18,7%	2,50	69,64
Necesidades	100%	9,69		18,0%	2,50	

BALANCEO: DIETA DE AGOSTO

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	23,10%	69,96%	2,50	\$ 0,19
Alfalfa	22,00%	68,70%	2,20	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

Pradera	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum./mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	9,60	\$ 1,82	0,23	2,50	508,80	15,26	33,60
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	16,48
Ensilado	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	9,60	\$ 1,82	18,0%	2,50	69,96
Necesidades	100%	9,60		18,0%	2,50	

BALANCEO: DIETA DE SEPTIEMBRE

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	16,57%	73,20%	2,62	\$ 0,19
Alfalfa	17,50%	62,00%	2,00	\$ 2,40
Ensilado	0,00%	0,00%	0,00	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	100,0%	9,54	\$ 1,81	0,17	2,62	505,62	15,17	27,44
Alfalfa	0,0%	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	14,64
Ensilado	0,0%	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rastrojo	0,0%	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	10,58

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	9,54	\$ 1,81	16,6%	2,62	73,20
Necesidades	100%	9,54		16,6%	2,62	

BALANCEO: DIETA DE OCTUBRE

Composición Química de los Alimentos

INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	16,88%	70,42%	2,52	\$ 0,19
Alfalfa	20,50%	66,00%	2,20	\$ 2,40
Ensilado	7,86%	71,48%	2,58	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	30,8%	2,52	\$ 0,48	0,05	0,78	133,33	4,00	4,00
Alfalfa	0,4%	0,03	\$ 0,08	0,00	0,01	1,71	0,05	11,79
Ensilado	68,8%	5,61	\$ 1,29	0,05	1,77	297,44	8,92	24,30
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	13,19

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	8,16	\$ 1,85	10,7%	2,56	70,87
Necesidades	100%	8,16		10,7%	2,56	

Apéndice H₉
BALANCEO: DIETA DE NOVIEMBRE

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	17,04%	69,03%	2,48	\$ 0,19
Alfalfa	17,50%	62,00%	2,30	\$ 2,40
Ensilado	7,86%	71,48%	2,58	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum./mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	24,3%	1,89	\$ 0,36	0,04	0,60	100,00	3,00	3,00
Alfalfa	3,7%	0,29	\$ 0,69	0,01	0,09	15,34	0,46	11,22
Ensilado	72,5%	5,62	\$ 1,29	0,06	1,87	297,77	8,93	24,30
Rastrojo	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	14,10

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	101%	7,79	\$ 2,35	10,5%	2,56	68,62
Necesidades	100%	7,75		10,5%	2,56	

BALANCEO: DIETA DE DICIEMBRE

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	17,12%	68,33%	2,46	\$ 0,19
Alfalfa	21,50%	69,00%	2,30	\$ 2,40
Ensilado	7,86%	71,48%	2,58	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	31
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum./mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	41,9%	3,35	\$ 0,64	0,07	1,03	177,81	5,51	5,20
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	10,08
Ensilado	43,7%	3,49	\$ 0,80	0,03	1,13	185,08	5,74	24,30
Rastrojo	14,4%	1,15	\$ 0,24	0,01	0,33	61,11	1,89	6,65

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	8,00	\$ 1,68	11,2%	2,49	69,14
Necesidades	100%	8,00		11,2%	2,46	

BALANCEO: DIETA DE ENERO

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	17,20%	67,64%	2,43	\$ 0,19
Alfalfa	23,00%	70,00%	2,30	\$ 2,40
Ensilado	7,86%	71,48%	2,58	\$ 0,23
Rastrojo	4,23%	64,44%	2,32	\$ 0,21

Días del mes	31
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	41,9%	3,35	\$ 0,64	0,07	1,02	177,81	5,51	5,20
Alfalfa	0,0%	0,00	\$ -	0,00	0,00	0,00	0,00	8,48
Ensilado	50,4%	4,04	\$ 0,93	0,04	1,30	213,87	6,63	24,30
Rastrojo	7,6%	0,61	\$ 0,13	0,00	0,18	32,33	1,00	6,65

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	8,00	\$ 1,69	11,5%	2,50	69,33
Necesidades	100%	8,00		11,5%	2,45	

Apéndice H₁₂
BALANCEO: DIETA DE FEBRERO

Composición Química de los Alimentos				
INGREDIENTES	% PC.	% TND	EM (Mcal)	Costo/kg
Pradera	17.93%	17.93%	2.40	\$ 0.19
Alfalfa	20.50%	64.00%	2.20	\$ 2.40
Ensilado	7.86%	71.48%	2.58	\$ 0.23
Rastrojo	4.23%	64.44%	2.32	\$ 0.21

Días del mes	30
No. animales	53

INGREDIENTES	Inclusión %	kgs de Inclusión	Costo/ alimento incluido	g de PC	EM (Mcal)	Consumo de MS/hato	tons de MS consum/mes/hato	Disponibilidad de MS (tons)
Pradera	47.3%	3.35	\$ 0.64	0.08	1.13	177.81	5.33	5.20
Alfalfa	0.0%	0.00	\$ -	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70
Ensilado	42.0%	2.98	\$ 0.69	0.03	1.08	157.88	4.74	24.30
Rastrojo	10.8%	0.77	\$ 0.16	0.00	0.25	40.62	1.22	6.65

	Inclusión (%)	kgs de Inclusión	Costo/ dieta	% PC	EM (Mcal/kg)	Digestibilidad (%)
Aporte total	100%	7.1	\$ 1.48	12.2%	2.47	45.42
Necesidades	100%	7.1		12.6%	2.46	

**DISPONIBILIDAD MENSUAL (tons de MS) DE ALIMENTOS EN EL CEIEPAG
(PERIODO DE MARZO 1996 A FEBRERO 1997)**

	Pradera	Alfalfa	Ensilado de Maiz	Rastrojo de Maiz	MS Total/mes.
Marzo	23,40	12,62	0,00	1,47	37,48
Abril	23,40	13,93	0,00	9,73	47,06
Mayo	23,40	13,76	0,00	13,30	50,46
Junio	33,60	14,20	0,00	2,66	50,46
Julio	33,60	16,48	0,00	2,82	52,90
Agosto	33,60	16,48	0,00	2,68	52,76
Septiembre	27,44	14,64	0,00	10,58	52,66
Octubre	4,00	11,79	24,30	13,19	53,28
Noviembre	3,00	11,22	24,30	14,10	52,62
Diciembre	5,20	10,08	24,30	6,65	46,23
Enero	5,20	8,48	24,30	6,65	44,63
Febrero	5,20	8,70	24,30	6,65	44,85
Total	221,04	152,33	121,50	90,47	585,34

BALANCEO: RAZAS Y VALORES
 TABLA DE RAZAS Y VALORES CONSTANTES

Raza	Hembras	Machos Castrados	Machos Enteros	K	Constante de Energía	Constante de Proteína	Clave
Angus	550	660	770	1,4	20,3	140	1
Beef Shorthorn	500	600	700	1,4	20,3	140	1
Blonde de Aquitaine	550	660	770	1,4	16,5	120	2
Brahman	550	660	770	1,2	20,3	140	1
Brahman x herford	550	660	770	1,3	20,3	140	1
Charolais	650	780	910	1,4	16,5	120	2
Chianina	700	840	980	1,4	16,5	120	2
Dairy Shorthorn	500	600	700	1,4	20,3	140	1
Devon Red	500	600	700	1,4	20,3	140	1
Friesian	550	660	770	1,4	20,3	140	1
Galloway	500	600	700	1,4	20,3	140	1
Herford	550	660	770	1,4	20,3	140	1
b. indicus 3/4	550	660	770	1,25	20,3	140	1
b. indicus x b. taurus	550	660	770	1,3	20,3	140	1
Limousin	550	660	770	1,4	16,5	120	2
Lincoln Red	550	660	770	1,4	20,3	140	1
Maine anjou	650	780	910	1,4	16,5	120	2
Murray Grey	550	660	770	1,4	20,3	140	1
Red poll	500	600	700	1,4	20,3	140	1
Simmental	650	780	910	1,4	16,5	120	2
South Devon	550	660	770	1,4	20,3	140	1

CONSTANTES DE SEXO, TERRENO Y PROTEÍNA
CRUDA MICROBIANA

Clave	Sexo	Valor S
1	Hembras	1
2	Machos Castrados	1
3	Machos Enteros.	1.15

Condición del terreno	Descripción.	Valor del terreno
1	Plano	1
2	Accidentado	1.5
3	Muy accidentado	2

Constante de Proteína Cruda Microbiana	
PCM (gr)	11

CUADRO DE CONSUMO DE MATERIA SECA.

Digestibilidad del alimento (%)	Peso Vivo del animal (kgs)									
	100 kgs	200 kgs	300 kgs	400 kgs	500 kgs	600 kgs	700 kgs	800 kgs	900 kgs	
I = 100%	1.9	3.1	3.6	3.6						
0.5				4.7						
0.6	2.4	4.0	4.8	4.7						
0.7	3.0	5.0	6.0	5.9						
0.8	3.6	6.0	7.1	7.0						
0.5	1.9	3.3	4.2	4.6	4.5					
0.6	2.5	4.4	5.6	6.1	5.9					
0.7	3.1	5.4	6.9	7.5	7.3					
0.8	3.8	6.5	8.3	9.0	8.8					
0.5	2.0	3.5	4.6	5.3	5.5	5.4				
0.6	2.6	4.6	6.1	7.0	7.3	7.1				
0.7	3.2	5.7	7.5	8.7	9.1	8.8				
0.8	3.8	6.8	9.0	10.3	10.8	10.5				
0.5	2.0	3.6	4.9	5.8	6.3	6.5	6.3			
0.6	2.6	4.8	6.4	7.6	8.3	8.5	8.3			
0.7	3.3	5.9	8.0	9.5	10.3	10.6	10.3			
0.8	3.9	7.1	9.5	11.3	12.3	12.7	12.3			
0.5	2.0	3.7	5.1	6.1	6.9	7.3	7.4	7.2		
0.6	2.7	4.9	6.7	8.1	9.1	9.6	9.7	9.4		
0.7	3.3	6.1	8.3	10.1	11.3	11.9	12.1	11.7		
0.8	3.9	7.3	10.0	12.0	13.5	14.3	14.5	14.0		
0.5	2.0	3.8	5.2	6.4	7.3	7.9	8.3	8.3	8.1	
0.6	2.7	5.0	6.9	8.5	9.7	10.5	10.9	10.9	10.6	
0.7	3.3	6.2	8.6	10.5	12.0	13.0	13.5	13.6	13.2	
0.8	4.0	7.4	10.3	12.6	14.3	15.5	16.2	16.2	15.8	

RAZAS. VALORES

VALORES CONSTANTES DE REFERENCIA

Raza	Clave
	14

Nombre
b. indicus x b. taurus

Parametro de referencia de peso
770

Valor K
1.3

Sexo	Clave
	3

Descripción
Machos Enteros.

Valor S
1.15

Terreno	Clave
	1

Descripción
Plano

Valor T
1

Constante de energía.	20.3
Constante de proteína.	140

Peso	Clave peso
	2

Consumo de MS (kgs).	Estandar de referencia de peso + Digestibilidad de MS
6.75	7.7
	7
	700
	700.6964

ECUACIONES (METABOLISMO ENERGÉTICO) PARA CALCULAR GANANCIAS DIARIAS DE PESO

Formula 1	Megajoules de EM/kg de Materia Seca en la dieta.
ENERGÍA	10.46

Eficiencia en el uso de la EM para crecimiento (kgs)
0.45

MJ de Energía metabolizable consumida.
70.63

Eficiencia del uso de la EM para Mantenimiento.
0.71

EM para mantenimiento Basal (MJ).
32.84

Cantidad extra de energía para mantenimiento (MJ)
6.36

Energía Metabolizable utilizada en el pastoreo (MJ).
4.47

Energía metabolizable requerida por el animal en estrés termico (MJ)
0

Total de Energía Metabolizable utilizada para mantenimiento (MJ).
43.67

CONTINUACION DE LAS ECUACIONES PARA CALCULAR LAS
GANANCIAS DIARIAS DE PESO

Valor de referencia del peso del animal (P).	
	0.32

Ajuste en la cantidad de ganancia o pérdida (R).	
	-1.45

Energía retenida por el animal en tejidos del cuerpo.	
	12.01

Ganancia de energía de un animal en ayuno	
	10.45
	1.57
	12.02

Ganancia de peso vivo (kilogramos).	
	1.11

ECUACIONES PARA EL CALCULAR REQUERIMIENTOS DE PROTEINA EN LA DIETA

Formula 2	Pérdida de nitrógeno urinario (gramos /día).
"PROTEINA"	46.46

Pérdida de nitrógeno fecal (gramos /día).
102.64

Proteína perdida en piel (gramos /día).
6.90

Proteína de ganancia (gramos /día).
27.87
21.18
49.05

Total de proteína utilizada para mantenimiento (gramos /día).
205.04

Proteína Cruda Microbiana (gramos / día).
776.93

Requerimientos de Proteína cruda (g/kg de MS consumida).
153.41