

**MODELO DE SIMULACIÓN DE GANADERÍA BOVINA INTENSIVA**

**“SIPROBI 1.0”**

**VERÓNICA CHAJÍN ORTIZ**

**NIDIA JIMÉNEZ FLOREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**BUCARAMANGA**

**2010**

**MODELO DE SIMULACIÓN DE GANADERÍA BOVINA INTENSIVA**

**“SIPROBI 1.0”**

**VERÓNICA CHAJÍN ORTIZ**

**NIDIA JIMÉNEZ FLOREZ**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA  
OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**DIRECTOR**

**HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA**

**MAGÍSTER EN INFORMÁTICA**

**CODIRECTOR**

**URBANO ELÍECER GÓMEZ PRADA**

**MAGÍSTER EN INFORMÁTICA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
BUCARAMANGA**

**2010**

A Dios, en quien confío cada día de mi vida,  
por permitirme alcanzar esta meta.  
A mis padres, por transmitirme todo su amor  
y por tantos sacrificios asumidos,  
que hoy, ven recompensados.  
A Eduardo, por ser fuente de amor y valor  
en cada instante de mi vida.  
A mis hermanos, por su apoyo incondicional  
y sus buenos deseos para conmigo.  
A mis amigos de la Coral GGA, por su  
paciencia y buenos consejos.  
A todos aquellos que confiaron en mí y  
soñaron mis sueños.

**VERÓNICA CHAJÍN ORTIZ**

A Dios, que me da su amor y protección en cada instante de mi vida, que me ha permitido realizar una vez más una meta soñada.

A mi esposo, por su amor incondicional, comprensión en las etapas vividas y su ayuda en este camino de largo recorrido.

A mi madre por su protección, cuidado y confianza en todos los instantes de mi vida.

A mis hermanos por compartir este momento anhelado, en especial aquel, que la muerte se llevó, el que fue mi apoyo incondicional y alentador en el inicio de mi carrera, ya que sin él no hubiera podido realizar este triunfo.

A mis amigos por su acompañamiento, pero de manera especial a verito por su fortaleza, empeño y comprensión en el desarrollo de esta tesis de grado.

**NIDIA JIMÉNEZ FLÓREZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Hugo Hernando Andrade Sosa, Msc. en informática, Director del grupo de investigación SIMON y de ésta investigación, por su orientación y guía en todos los temas propuestos y su constante exigencia para llevarnos a ser mejores.

Urbano Eliécer Prada, Msc. en Informática y Codirector de este proyecto de grado, quien abiertamente brindó sus conocimientos y nos acompañó en todas las fases del desarrollo de esta investigación, impregnándonos de su visión positiva.

Al Doctor Carlos Aníbal Vásquez, quien a pesar de sus múltiples labores siempre tuvo un minuto para atender nuestras dudas y solucionar nuestros interrogantes en el campo de la Ganadería Intensiva.

A todas aquellas personas que de una forma u otra, aportaron su granito de arena para el desarrollo de esta tesis de grado.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>20</b>
1.1 <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
1.2 <b>OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
1.2.1 Objetivo General.....	21
1.2.2 Objetivos Específicos .....	21
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1 <b>SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA .....</b>	<b>23</b>
2.1.1 Ganadería Bovina Extensiva .....	24
2.1.2 Ganadería Bovina Intensiva .....	24
2.1.2.1 Pastoreo intensivo rotacional con cargas altas .....	24
2.1.2.2 Confinamiento (Estabulado) .....	25
2.1.2.3 Semiestabulación .....	25
2.1.3 Tipos de Sistemas de Producción.....	26
2.1.3.1 Cría .....	27
2.1.3.2 Ceba .....	27
2.1.3.3 Leche .....	28
2.1.3.4 Doble Propósito .....	28
2.1.3.5 Ciclo Completo .....	28
2.1.4 Principales Razas Bovinas en Ganadería Intensiva .....	29
2.1.5 Tipos de Pasto.....	34
2.1.5.1 Gramíneas utilizadas para pastoreo .....	35
2.1.5.2 Gramíneas utilizadas para corte.....	36
2.1.5.3 Leguminosas .....	37
2.1.5.4 Forrajes temporales.....	38
2.1.6 Suplementación y Alimentación .....	39
2.1.7 Sanidad Animal .....	45
2.1.8 Manejo Administrativo .....	47

2.1.9	Costos de Producción .....	48
2.1.10	Nivel Tecnológico .....	50
<b>2.2</b>	<b>PENSAMIENTO SISTÉMICO .....</b>	<b>55</b>
<b>2.3</b>	<b>DINÁMICA DE SISTEMAS .....</b>	<b>56</b>
2.3.1	Modelado Dinámico – Sistémico .....	57
2.3.2	Lenguaje Dinámico – Sistémico .....	58
2.3.2.1	Lenguaje de Prosa .....	58
2.3.2.2	Lenguaje de los Diagramas de Influencias y de Flujo – Nivel.....	58
2.3.2.3	Lenguaje de ecuaciones.....	58
<b>2.4</b>	<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>59</b>
2.4.1	SIPROB 1.0 y SIPROB 2.0.....	59
2.4.2	Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019 .....	60
2.4.3	El Pensamiento Económico y Social de FEDEGAN 2006 – 2007 .....	60
<b>3.</b>	<b>MODELO DE SIMULACIÓN DE GANADERÍA BOVINA INTENSIVA.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1</b>	<b>PROTOTIPO 1: DOBLE PROPÓSITO DEMOGRÁFICO .....</b>	<b>61</b>
3.1.1	Lenguaje de Prosa del Prototipo 1 .....	61
3.1.2	Diagrama de Influencias del Prototipo 1 .....	65
3.1.3	Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 1.....	67
3.1.4	Lenguaje de Comportamientos Prototipo 1.....	69
<b>3.2</b>	<b>PROTOTIPO 2: CEBA INTENSIVA DEMOGRÁFICO Y FINANCIERO .....</b>	<b>73</b>
3.2.1	Lenguaje de Prosa del Prototipo 2 .....	73
3.2.2	Diagrama de Influencias del Prototipo 2 .....	76
3.2.3	Lenguaje de Flujo Nivel del Prototipo 2.....	77
3.2.4	Lenguaje de Comportamientos Prototipo 2.....	80
<b>3.3</b>	<b>PROTOTIPO 3: LECHERÍA INTENSIVA DEMOGRÁFICO Y FINANCIERO.....</b>	<b>86</b>
3.3.2	Diagrama de Influencias del Prototipo 3 .....	89
3.3.3	Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 3.....	91
3.3.4	Lenguaje de Comportamientos Prototipo 3.....	94
<b>3.4</b>	<b>PROTOTIPO 4: COMPONENTE BIOFÍSICO.....</b>	<b>98</b>
3.4.1	Lenguaje en Prosa del Prototipo 4 .....	98
3.4.2	Diagrama de Influencias del Prototipo 4 .....	102

3.4.3	Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 4.....	104
3.4.4	Lenguaje de Comportamientos del Prototipo 4.....	108
<b>3.5</b>	<b>PROTOTIPO 5: MODELO GENERAL DE CEBA INTENSIVA.....</b>	<b>110</b>
3.5.1	Lenguaje en Prosa del Prototipo 5.....	110
3.5.2	Lenguaje de Influencias Prototipo 5.....	110
3.5.3	Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 5.....	112
3.5.4	Lenguaje de Comportamientos del Prototipo 5.....	112
<b>3.6</b>	<b>PROTOTIPO 6: CRECIMIENTO DEL PASTO Y GANANCIA DE PESO.....</b>	<b>117</b>
3.6.1	Lenguaje en Prosa del Prototipo 6.....	117
3.6.2	Lenguaje de Influencias Prototipo 6.....	118
3.6.3	Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 6.....	119
3.6.4	Lenguaje de Comportamientos del Prototipo 6.....	121
<b>4.</b>	<b>INTERFAZ SOFTWARE SIPROBI 1.0.....</b>	<b>126</b>
<b>4.1</b>	<b>ANÁLISIS DE REQUISITOS Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>126</b>
4.1.1	Requerimientos.....	127
4.1.2	Diagrama de Clases.....	128
	Fuente: Autores.....	128
<b>4.2</b>	<b>DISEÑO Y DOCUMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE.....</b>	<b>130</b>
4.2.1	Diagramas de Componentes.....	132
4.2.2	Diagrama de Actividades.....	133
4.2.3	Diagrama de Secuencia para Simulación de un Modelo.....	134
4.2.4	Implementación de la herramienta software.....	135
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>136</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>138</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>140</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>142</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Toro Aberdeen Angus .....	29
Figura 2. Toro Blanca Azul Belga.....	30
Figura 3. Raza Simmental.....	30
Figura 4. Vaca Holstein .....	31
Figura 5. Vaca Girolando .....	32
Figura 6. Vaca Jersey .....	33
Figura 7. Vaca Normando .....	33
Figura 8. Vaca Pardo Suizo.....	34
Figura 9. Modelado con Dinámica de Sistemas .....	57
Figura 10. Diagrama de Influencias del Prototipo 1.....	66
Figura 11. Estructura General de los niveles etarios en Flujo – Nivel .....	67
Figura 12. Comportamiento del Nivel Vacas Preñadas en el Prototipo 1.....	70
Figura 13. Comportamiento de nacimientos en un sistema Doble Propósito .....	71
Figura 14. Comportamiento de los Descartes en el Prototipo 1. ....	72
Figura 15. Índice ganado flaco en el Magdalena Medio. ....	73
Figura 16. Índice ganado Costa Caribe.....	74
Figura 17. Índice ganado Llanos Orientales.....	74
Figura 18. Diagrama de Influencias del Prototipo 2.....	77
Figura 19. Nivel etario de Novillos en Ceba Intensiva .....	78
Figura 20. Variables Productivas Prototipo 2. ....	79
Figura 21. Variables Económicas Prototipo 2.....	80
Figura 22. Comportamiento de los Novillos de Levante del Prototipo 2. ....	81
Figura 23. Comportamiento de los Novillos en Ceba del Prototipo 2. ....	82
Figura 24. Comportamiento de Compras y Descartes, Prototipo 2. ....	83
Figura 25. Comportamiento de las utilidades, Prototipo 2.....	84
Figura 26. Exportaciones e importaciones de bovinos. ....	85

Figura 27. Diagrama de Influencias del Prototipo 3.....	91
Figura 28. Nivel de Novillas del Prototipo 3.....	92
Figura 29. Diagrama de Flujo Nivel de variables Económicas del Prototipo 3 .....	94
Figura 30. Comportamiento del nivel de vacas preñadas del Prototipo 3. ....	95
Figura 31. Comportamientos de las vacas productoras de leche, Prototipo 3. ....	96
Figura 32. Comportamiento de la utilidad anual en el Prototipo 3.....	97
Figura 33. Diagrama de influencias del Prototipo 4.....	103
Figura 34. Comportamiento de compras y descartes Prototipo 4.....	108
Figura 35. Comportamiento de la rotación de potreros del Prototipo 4. ....	109
Figura 36. Diagrama de influencias del Prototipo 5.....	111
Figura 37. Diagrama de Flujo – Nivel del Prototipo 5.....	112
Figura 38. Comportamiento del nivel novillos de levante en el prototipo 5.....	113
Figura 39. Comportamiento del nivel novillos en ceba del prototipo 5. ....	113
Figura 40. Crecimiento de una pastura .....	115
Figura 41. Comportamiento de las utilidades en el prototipo 5.....	115
Figura 42. Comportamiento de la capacidad de carga en el prototipo 5. ....	116
Figura 43. Diagrama de influencias del Prototipo 6.....	119
Figura 44. Diagrama de Flujo – Nivel del Prototipo 6.....	121
Figura 45. Comportamiento Nivel Pasto en Crecimiento Escenario Defecto .....	122
Figura 46. Comportamiento Nivel Tamaño del Animal Escenario Defecto .....	123
Figura 47. Comportamiento Nivel Tamaño del Animal Escenario Pequeño.....	124
Figura 48. Comportamiento Nivel Tamaño del Animal Escenario Animales .....	125
Figura 49. Diagrama de Clases.....	128
Figura 50. Diagrama de Casos de Uso .....	129
Figura 51. Fases del RUP. Esfuerzo en actividades según fase del proyecto ...	131
Figura 52. Componentes de la herramienta .....	132
Figura 53. Interacción del usuario con los componentes .....	132
Figura 54. Diagrama de Actividades .....	133
Figura 55. Diagrama de Secuencia para Simulación de un Modelo.....	134

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Algunos alimentos comunes celulósicos y no celulósicos. ....	40
Tabla 2: Ensilado Ideal. ....	42
Tabla 3: Ponderadores en la canasta de insumos ganaderos.....	49
Tabla 4: Indicador de productividad animal para principales países referentes ....	52
Tabla 5: Capacidad de carga por departamentos ganaderos en Colombia .....	53
Tabla 6 : Edad de los animales al sacrificio .....	54
Tabla 7: Valores asignados a los diferentes tipos de pasto .....	104
Tabla 8: Tiempos de corte y descanso acordes a temporada de lluvia o sequía	105
Tabla 9: Tiempos promedios de pastoreo dependiendo del tipo de pasto .....	106
Tabla 10: Promedios de forraje verde por ha/año acorde al tipo de pasto .....	107

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Lenguaje de Ecuaciones de los Diferentes Prototipos.....	143
<b>Anexo B.</b> Formato de Pruebas De Software.....	171
<b>Anexo C.</b> Manual del Usuario “Siprobi 1.0”.....	173

## RESUMEN

**TITULO: MODELO DE SIMULACIÓN DE GANADERÍA BOVINA INTENSIVA\***

**AUTORES:**

VERÓNICA CHAJÍN ORTIZ

NIDIA JIMÉNEZ FLÓREZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Dinámica de Sistemas, Ganadería Bovina Intensiva, Modelo, Simulación.

**DESCRIPCIÓN:**

Durante la presente investigación se da lugar al desarrollo de un modelo de simulación para un sistema de producción bovina intensiva, con el uso de la Dinámica de Sistemas y el Pensamiento Sistémico. El modelo se compone de seis prototipos, aumentando la complejidad a medida que se avanza en el prototipado. Los diferentes sectores que contiene cada prototipo son: demográfico, biofísico, productivo y económico. Además, el modelo consta de un prototipo adicional, que muestra el comportamiento de la ganancia de peso del animal, acorde al alimento suministrado.

Para apoyar la toma de decisiones y ayudar al reconocimiento y aprendizaje de los diversos comportamientos que se puedan presentar en los diferentes prototipos que conforman el modelo, se ha recurrido a la implementación de una herramienta software denominada SIPROBI 1.0, la cual por medio de gráficas, tablas y controles de variables relevantes, ayuda a visualizar a los usuarios finales -estudiantes y docentes del sector agroindustrial, así como productores bovinos a grande, mediana y pequeña escala-, los resultados de la simulación.

La herramienta SIPROBI 1.0, se soporta en el ambiente software AGRODISI, el cual ha sido desarrollado con anterioridad, por investigadores de maestría adscritos al grupo SIMON de investigación, dando así continuidad al desarrollo de proyectos en el sector agroindustrial fomentados por dicho grupo.

---

\* Proyecto de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas. Director: Hugo Hernando Andrade Sosa. Codirector: Urbano Eliécer Gómez Prada.

## ABSTRACT

**TITLE: SIMULATION MODEL OF INTENSIVE BOVINE CATTEL\***

**AUTHORS:**

VERÓNICA CHAJÍN ORTIZ

NIDIA JIMÉNEZ FLÓREZ\*\*

**KEY WORDS:** System Dynamics, Intensive cattle, Model, Simulation.

**DESCRIPTION:**

During this investigation leads to the development of a simulation model for intensive cattle production system, with the use of System Dynamics and Systems Thinking. The model consists of six prototypes, increasing complexity as you progress through prototyping. The different sectors contained in each prototype are: demographic, biophysical, productive and cost. In addition, the model consists of an additional prototype, which shows the behavior of the animal's weight gain, according to the food supply.

To support decision making and aid in the recognition and learning of different behaviors that may occur in different prototypes that form the model has been used to implement a software tool called SIPROBI 1.0, which by means of graphs, tables and control of relevant variables, helps to visualize the end users, students and teachers from agribusiness and cattle producers to large, medium and small-scale, the results of the simulation.

SIPROBI 1.0 Tool, is supported in the software environment AGRODISI, which has previously been developed by researchers affiliated to the group master SIMON research, following on the development of agro-industrial projects promoted by the group.

---

\* Graduation Project.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering, Systems Engineering School. Director: Hugo Hernando Andrade Sosa. Codirector: Urbano Eliécer Gómez Prada.

## INTRODUCCIÓN

Como respuesta a las exigencias económicas, políticas y tecnológicas a las que en la actualidad está sometido el mundo entero y a su vez, la necesidad de satisfacer la demanda que hoy día ocasiona la creciente población humana, los productores bovinos han optado por realizar cambios en sus sistemas de ganadería, pasando de las tradicionales prácticas extensivas, en las que se utilizan muchas extensiones de terreno para pocos animales, a una cultura intensiva, en donde es mayor el aprovechamiento de los recursos disponibles, sin descuidar el medio ambiente y asegurando a los consumidores una excelente calidad en los productos cárnicos y lácteos.

En Colombia, país con una tradición de agricultura asentada, los pequeños, medianos e incluso algunos grandes productores bovinos, asumen cierta resistencia a dinamizar y cambiar las actuales políticas por las cuales se rigen sus sistemas de producción. La razón, la no existencia de herramientas didácticas y pedagógicas que animen a invertir en sistemas intensivos.

La realización de éste proyecto, pretende a través del modelado y la simulación con dinámica de sistemas, crear una posición frente a los sistemas de producción bovina intensiva, brindando una herramienta de apoyo a docentes e investigadores en sus labores de investigación, así como también, apoyar las decisiones de los grandes, medianos y pequeños productores bovinos del país en datos y resultados obtenidos.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Colombia, es un país en búsqueda de mercados globales. Para penetrar y expandirse con éxito en dichos mercados, deberá prepararse tecnológicamente, económica y socialmente, además de apuntar a la tecnificación y consecución de instrumentos que enriquezcan la producción en los diversos campos y sectores en los que desea alcanzar un nivel competitivo frente a los mercados internacionales.

Uno de los principales sectores con los que se pretende competir en tratados y acuerdos de libre comercio, es el agro, y ligado a él, la ganadería. Se rebela entonces la necesidad de ahondar en nuevas alternativas y técnicas de producción de ganado bovino, pasar de una ganadería extensiva a una ganadería intensiva, con la finalidad de aumentar la producción de carne, leche y sus derivados, cuero, etc., para participar con altos niveles de competitividad de la globalización de los mercados.

Los sistemas de producción bovina intensiva, tienen como objetivo principal, obtener en períodos de tiempos cortos, producciones de leche y carne mayores que los obtenidos en sistemas extensivos. En pequeñas extensiones de terreno, se poseen cargas animales muy altas, lo que hace más elevados los costos de mantenimiento e infraestructura, pero a su vez, se optimiza la utilización de espacios y se obtiene una mayor rentabilidad.

Con la práctica de la ganadería extensiva se dificulta la competitividad, rentabilidad y sostenibilidad en los mercados. Justo en ese instante, la Ganadería intensiva se convierte en la opción a la que los grandes, medianos y pequeños productores deben apuntar.

En la actualidad, existen modelos y herramientas software, que brindan asesoría en el campo de la ganadería bovina extensiva, pero se hace evidente la ausencia de ellos en el campo intensivo, razón por la cual, muchos de los ganaderos, productores, docentes e investigadores, se encuentran reacios ante el cambio a éste rentable sistema de producción, ya que no cuentan con la información y asesoría suficientes, para conocer ésta práctica mucho más a fondo.

De no apostarse a la tecnificación e inversión en tecnologías e instrumentos para realizar prácticas intensivas ganaderas, el país no estará en condiciones al momento de entrar a competir con mercados internacionales, en cuanto a producción de productos cárnicos, lácteos y en la industria del cuero.

De allí la necesidad de suministrar una herramienta de modelado y simulación implementada en un ambiente software, para facilitar el aprendizaje y conocimiento detallado de la ganadería bovina intensiva.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Desarrollar un modelo de simulación del sistema de producción de ganadería intensiva con Dinámica de Sistemas, integrado en un ambiente software para facilitar la asesoría, la docencia y la investigación.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Modelar con Dinámica de Sistemas y a través del software Evolución 4.0, las estructuras y comportamientos que pueden presentarse durante la aplicación de la técnica de Ganadería Bovina Intensiva.

- Implementar un ambiente software para la muestra de resultados, que sirva de base a las labores docentes, investigativas y productivas en el campo de la Ganadería Bovina Intensiva.
- Proporcionar una herramienta software a docentes y estudiantes de instituciones educativas enfocadas hacia el sector agroindustrial, para facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje, en el campo de la Ganadería Bovina Intensiva.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA

Debido a la exitosa domesticación del ganado bovino y a su eficaz adaptación a la diversidad de climas presentes, su producción se ha convertido en una de las mayores fuentes alimenticias que hoy día poseen los seres humanos.

En zonas donde existe una constante pluviosidad, la producción de ganado bovino se ve beneficiada, debido a que el crecimiento de las pasturas se incrementa rápidamente, lo que no ocurre en aquellas regiones en donde las condiciones invernales o de sequía extrema, disminuyen y en algunos casos, anulan, el desarrollo de los pastos.

El ganado bovino entrega un mayor rendimiento en regiones templadas. Altas temperaturas reducen sus niveles de producción, a no ser que se les proporcione sombra, refrigeración y una dieta altamente concentrada para minimizar el incremento de calor propio de la digestión. Los bovinos a los que no se les proporcionen estas modificaciones, adaptarán su morfología de forma que absorban menos calor y lo pierdan con mayor facilidad. En algunas regiones calurosas el ganado vacuno se ha adaptado muy bien a su entorno y han persistido los sistemas tradicionales.<sup>1</sup>

Durante el siglo XX y lo que ha corrido del XXI, los sistemas de producción bovina se han intensificado, tanto en países desarrollados, como en países en vía de desarrollo, adoptándose nuevas técnicas de producción. Las prácticas más comunes de ganadería se mencionan a continuación.

---

<sup>1</sup> PHILLIPS, C.J.C. Principios de Producción Bovina. Traducido por: GEORGE, David. Edición en Lengua Española. Editorial Acirbia S.A., Zaragoza, España. 2003. Pág. 9-10

### **2.1.1 Ganadería Bovina Extensiva**

La ganadería extensiva es aquel sistema de crianza de ganado, el cual se lleva a cabo en grandes extensiones de terreno, donde la carga va hasta dos (2) animales por hectárea (10.000 m<sup>2</sup>). La supervisión de los animales se hace de manera esporádica, los animales pastorean libremente y se encargan de buscar y seleccionar su alimentación en potreros de gran tamaño. La ganancia promedio en peso oscila entre los 0 y 450 gramos/día.

### **2.1.2 Ganadería Bovina Intensiva**

La ganadería intensiva es un sistema de producción agropecuario mixto, implementado en pequeñas extensiones de terreno, en el cual, la cría bovina se realiza con un manejo intensificado en todos sus aspectos (salud animal, nutrición, genética, etc.), donde la carga va desde cuatro (4) hasta treinta (30) animales por hectárea (10.000 m<sup>2</sup>), la supervisión de los animales es permanente, los animales no tienen que buscar su comida, esta es llevada a donde ellos se encuentran. Se alimentan de manera balanceada para su adecuada nutrición, garantizando siempre la cantidad y calidad del alimento, obteniendo una ganancia promedio en peso entre 450 y 1500 gramos/día.<sup>2</sup>

Los sistemas de pastoreo comúnmente utilizados en la ganadería intensiva son:

#### **2.1.2.1 Pastoreo intensivo rotacional con cargas altas**

Consiste en utilizar pequeñas extensiones de terreno con una alta densidad de reses por hectárea (entre 10 y 15 U.A. por hectárea). El terreno es dividido en pequeños potreros de igual tamaño, con periodos de utilización de tres (3) días y períodos de descanso de veinticuatro (24) días, durante los cuales se da lugar al resurgimiento del pasto. Después de cada pastoreo, el lote recibe fertilización nitrogenada y algunos correctivos, el ganado es llevado al siguiente potrero, mientras en éste se recuperan las pasturas.

---

<sup>2</sup> Colaboradores de La Ganadería, El Portal Ganadero [En línea]. Preguntas Frecuentes. Abril de 2007. Disponible en [http://www.laganaderia.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=37&Itemid=28](http://www.laganaderia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=28)

Como ventaja, presenta una explotación intensiva de terrenos valiosos, una alta producción de carne, superior a 2 Ton/ha\*año y hasta el momento, una magnífica rentabilidad. Como desventajas, el alto costo de establecimiento y mantenimiento del sistema, ya que este tipo de explotaciones demanda exigencias grandes desde los puntos de vista de fertilidad natural, topografía y clima.

#### **2.1.2.2 Confinamiento (Estabulado)**

Es un sistema de utilización de pasturas altamente tecnificado, en el cual los animales permanecen todo el tiempo estabulados y cuentan con pasto picado o ensilaje a voluntad. Permite un mayor aprovechamiento del forraje, ya que no existen pérdidas por pisoteo o contaminación por excrementos de los animales, se obtienen altas capacidades de carga y buenos aumentos de peso diario, ya que el animal no consume energía buscando alimento. Al suprimir la selectividad que el animal hace de sus alimentos, es necesario complementar su alimentación con suplementos y suministro de forrajes de alta calidad.

Como desventajas, presenta el alto costo de la infraestructura y del mantenimiento de la misma.

#### **2.1.2.3 Semiestabulación**

Es un sistema intermedio entre el pastoreo intensivo rotativo y el confinamiento. Los animales permanecen estabulados la mayor parte del tiempo, con alimento, agua y minerales a voluntad, pero pastorean generalmente en rotación, durante algunas horas diarias, con el objeto de que los animales completen sus requerimientos nutricionales en el pastoreo, ejerciten los músculos y aprovechen las áreas que no se encuentran sembradas en pasto de corte. Con éste sistema se disminuyen las pérdidas por pisoteo y se permite un mejor aprovechamiento del estiércol que se recolecta en el establo, así como un mejor manejo del ganado.

El principal objeto de la ganadería intensiva es “obtener el máximo beneficio, en el menor tiempo posible, concentrando los medios de producción y mecanizando y

racionalizando los procesos, para incrementar constantemente el rendimiento productivo”<sup>3</sup>.

La ganadería intensiva persigue tres objetivos:

*Competitividad:* su relación calidad-precio debe ser capaz de competir con éxito, globalmente.

*Rentabilidad:* para que inversionistas, administradores y trabajadores reciban su justa retribución.

*Sostenibilidad:* debe ser amigable con el medio ambiente y contribuir no sólo en su conservación, sino en la descontaminación y mejoramiento de las condiciones ambientales de producción.

Con la práctica de la ganadería extensiva, se dificulta la promoción de estos tres factores. Es ahí donde la ganadería intensiva, se convierte en la opción a la que los productores bovinos están apuntando.

Tanto la ganadería extensiva como la intensiva, centran su actividad en la producción de carne, leche o simultáneas (doble propósito). Algunos productores se dedican únicamente a la crianza de terneros. A continuación se describe en forma breve y concisa, en qué consiste cada uno de estos sistemas.

### **2.1.3 Tipos de Sistemas de Producción**

Existen en la actualidad diferentes tipos de prácticas ganaderas, algunas dedicadas a la explotación de carne, otras cuyo objetivo central es la producción de leche y unas tantas que se dedican únicamente a la cría. También se pueden encontrar prácticas ganaderas cuyo propósito sea tanto la producción de leche

---

<sup>3</sup> Colaboradores de Wikipedia. *Ganadería* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2008. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ganader%C3%ADa&oldid=22376751>

como de carne, a las cuales se denominan sistemas doble propósito. A continuación se presenta una descripción de cada uno de estos tipos de sistemas de producción.

#### **2.1.3.1 Cría**

En este sistema de producción, el ternero es el principal producto y el coste de mantenimiento que implica la tenencia de la madre que amamanta, debe ser incluido al realizar cualquier consideración sobre la eficiencia del sistema. Una vez los terneros son destetados, el productor procede a venderlos. En éste sistema no se pretende la producción de carne y leche, por tanto, es practicado en muchas ocasiones, en aquellos terrenos cuya fertilidad no es tan alta, las vacas que amamantan a sus terneros se ven confinadas en lotes que no pueden ser muy utilizados para otras actividades agrícolas, mientras que los terneros serán tenidos en estabulación, hasta alcanzar el peso apto para ser vendidos o transportados a regiones más favorables para su cría.

#### **2.1.3.2 Ceba**

La producción de carne es el eje de éste sistema de producción, por tanto, es de mucha importancia que las razas sean aptas para el engorde. Los animales se engordan hasta alcanzar un peso adecuado y luego se procede a venderlos a un precio acorde a su peso. En la ceba, los animales son seleccionados recién dejan la etapa de levantes y son tratados con un régimen alimenticio indicado para su cebe, complementando sus dietas con suplementos y forrajes seleccionados.

En la actualidad, se implementan sistemas de producción intensiva de carne de vacuno, en los cuales el ganado es alimentado en estabulación durante toda su vida e incluye animales alimentados con dietas basadas en cereales y aquellos alimentados principalmente con forrajes conservados. Está técnica presenta como ventajas, la reducción del período de cría a menos de un año y una mayor

explotación de pastos, ya que la hierba cultivada suele ser mejor aprovechada al ser conservada en forma de ensilado que al ser pastada.<sup>4</sup>

Como desventaja del sistema, las altas necesidades de capital para la mano de obra, infraestructura y maquinaria. No obstante, estos requerimientos de dinero están repartidos en forma homogénea a lo largo del año y en comparación con las utilidades obtenidas, vale la pena asumirlos.

### **2.1.3.3 Leche**

En una explotación lechera, las terneras que nacen son, principalmente, criadas como potenciales reemplazos de las vacas lecheras, en lugar de asignarlas para la producción de carne. La raza de las vacas es de mucha importancia, ya que no todas poseen las cualidades de productividad de leche suficiente para la explotación. Esta práctica puede implementarse en varios sistemas de pastoreo, sean extensivos, semi-intensivos o intensivos.

### **2.1.3.4 Doble Propósito.**

Este sistema posee la capacidad de ajustar sus niveles de producción de carne y leche, dependiendo del comportamiento del precio relativo. Ésta característica técnica se conoce como flexibilidad, lo que ha permitido que los sistemas de producción doble propósito, sean en la actualidad, los de mayor auge entre los productores bovinos de Colombia. El productor, sin necesidad de grandes cambios técnicos en su esquema de producción, puede enfatizar en uno u otro producto (carne o leche), acorde a las circunstancias del mercado.

### **2.1.3.5 Ciclo Completo**

Es el sistema de producción más generalizado, ya que reúne los cuatro anteriores sistemas en mención. El hato está preparado para vender terneros al destete, cebar animales y producir leche; además, algunos animales son destinados para la reproducción, escogiendo los de mejor calidad genética.

---

<sup>4</sup> PHILLIPS, C.J.C. Op. Cit., p. 288

#### 2.1.4 Principales Razas Bovinas en Ganadería Intensiva.

En este apartado se hará una breve descripción de las razas bovinas con más acogida dentro de los sistemas de producción intensiva en Colombia, sus principales características productivas, genéticas y reproductivas.

- **Aberdeen Angus.** Comúnmente conocida como Angus, es una raza pequeña y negra, que alcanza la madurez pronto. Fue desarrollada a partir de vacunos mochos y con la cornamenta pequeña que existían en Escocia. Es utilizada para la producción de carne, debido a su elevada ganancia de peso y longevidad. Otras de sus características son su alta fertilidad, facilidad de parto, buena producción lechera, gran habilidad materna y resistencia a enfermedades.

Figura 1. Toro Aberdeen Angus



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

- **Blanca Azul Belga.** La raza Blanca Azul Belga proviene de un cruce entre Shorthorn y otras razas belgas productoras de leche. Tienen un buen nivel para la reproducción. La capa cárdena con manchas blancas es la más común; este pelaje le da una tonalidad azul. Poseen una notable capacidad de engorde. El cuerpo es bastante largo, ancho y profundo y la línea ventral es casi paralela a la dorsal; las patas son recias, cortas y derechas, y el cuerpo está bien musculoso en el dorso, lomo, grupa y muslos.

Figura 2. Toro Blanca Azul Belga



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

- **Simmental.** Puede que sea, en la actualidad, de las razas vacunas más populares, en cuanto a producción de carne y leche se trata (doble propósito). Originaria de Suiza, es una raza grande, robusta y con una osamenta gruesa, característica que aprovecha para pastar en las montañas. Todos son de color rojo o rojo-amarillo y blanco, siendo predominante los de cabeza blanca.

Figura 3. Raza Simmental



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

- **Holstein.** Originaria de Holanda. Tiene como sus ancestros más remotos los animales negros de los bávaros y los blancos de los frisios, tribus que hace cerca de 2000 años se ubicaron en el delta del Rin. Por sus características únicas de color, fortaleza y producción, la Holstein empezó a diferenciarse de

las demás razas, y pronto comenzó a expandirse por otros países, empezando por Alemania, y desde hace cerca de 300 años está consolidada en lugar de privilegio en el hato mundial por su producción y su adaptación a diferentes climas.

Figura 4. Vaca Holstein



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

- **Girolando.** Es una raza originada por el cruce entre la Gir (animales de muy buen desarrollo según la edad, sano, vigoroso, con abundante y bien distribuida musculatura en todo el cuerpo) y la Holstein. Utilizados para producción de leche por la funcionalidad y de carne por la adaptabilidad.

Las hembras Girolando, productoras de leche por excelencia, poseen características fisiológicas y morfológicas perfectas para la producción en los trópicos, eficiencia reproductiva, proporcionando un desempeño económico muy satisfactorio.

Los machos por su adaptabilidad (capacidad de aprovechamiento de forrajes de baja calidad, resistencia a enfermedades y parásitos, velocidad para subir de peso, etc.) logran un desempeño comparable con cualquier cruzamiento industrial específico para carne colocados en situaciones idénticas de cría.

Figura 5. Vaca Girolando



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exterioresbovinos/default.htm>

- **Jersey.** Jersey es una raza originaria de la Isla Jersey. La Jersey es una raza orientada en forma exclusiva hacia la producción de leche. Está considerada como la segunda raza lechera del mundo en cuanto a número de ejemplares, pues se calcula que su población total, incluidos los cruces, es superior a seis millones de cabezas.

La vaca Jersey llama la atención por su pequeño tamaño y su feminidad. Es la mejor para producir leche en cualquier sitio del mundo, en condiciones especiales inclusive como la del trópico. Sus colores van desde el bayo claro, pasando por el marrón, hasta el casi negro, aceptándose las manchas. El perfil es cóncavo con frente ancha, cara corta y descarnada de pezuñas, borla y mucosidades oscuras, lo que le confiere una alta adaptabilidad a climas cálidos. Es un animal de talla pequeña, de 1.25 m de alzada y peso promedio en la madurez entre 350 y 430 kg; de hueso fino y excelentes patas, lo que le confiere la posibilidad de acoplarse muy fácilmente a cualquier tipo de topografía, incluyendo la zona de ladera.

Figura 6. Vaca Jersey



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

- **Normando.** La raza Normanda es el resultado del mejoramiento progresivo de diversas poblaciones locales de Normandía que se homogenizaron en el siglo XIX y Identificada desde 1883 en el primer libro genealógico del bovino francés.

La raza bovina Normando hace parte de las razas denominadas "doble propósito". Su leche es rica en Materia Grasa y Materia Proteica, por lo que es apreciada por los transformadores lo que ha contribuido a la reputación de los quesos y cremas normandas. Las hembras después de varias lactancias, dan una carne sabrosa conocida por su sabor y marmóreo.

Figura 7. Vaca Normando



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

- **Pardo suizo.** La raza bovina Pardo Suizo es originaria de Suiza. La Pardo Suizo es una raza con gran desarrollo genético especializado en producir los mayores volúmenes de leche, caracterizada por sus sólidos totales y proteína como lo exige hoy el mercado. Una de las tareas de la Asociación se encamina a producir toros capaces de transmitir el mayor porcentaje de genes lecheros y que se adapten a las dificultades del trópico. Estos animales, al ser cruzados con Cebú beneficiarán al ganadero pues transmiten rusticidad y capacidad para producir altos volúmenes de leche, con lo que las explotaciones de doble propósito aumentan su eficiencia.

Figura 8. Vaca Pardo Suizo



Fuente: Vía Rural, Agricultura y Ganadería Colombia, 2010 [En Línea]. Disponible en: <http://www.viarural.com.co/ganaderia/a-bovinos/exteriorbovinos/default.htm>

### 2.1.5 Tipos de Pasto.

En Colombia, existe una variedad de pisos térmicos, que permiten el crecimiento de las diferentes especies forrajeras, tanto de clima cálido como templado. Para el modelo, se han clasificado los pastos en especies cuyo fin es el pastoreo y especies utilizadas para corte, de las cuales se dará a continuación una breve descripción.

### 2.1.5.1 Gramíneas utilizadas para pastoreo.

Son las más utilizadas en la actualidad ganadera del país y desde el punto de vista económico, resultan ser muy rentables. Para el modelo se contemplaron los pastos Braquiaria y Estrella.

- **Pasto Braquiaria (Brachiaria Spp.):** comprende un grupo de especies que crecen en matorros, pero que pueden llegar a formar un césped dependiendo de la densidad. La más cultivada es la Braquiaria Común (Brachiaria Decumbens). Los tallos son gruesos y frondosos. Alcanzan una altura entre los cincuenta (50) y setenta (70) centímetros.

La Braquiaria crece desde el nivel del mar hasta los 2.200 metros. Está muy bien adaptada al clima cálido y es resistente a la sequía, las quemadas, al pisoteo y soporta bien las condiciones de suelos ácidos. Es de utilización casi exclusiva en pastoreo, pero en temporadas de exceso, se fabrica con ella heno y ensilaje.

Bajo condiciones naturales y en suelos de mediana fertilidad, puede producir 18 Ton/ha/año de forraje seco, o sea 90 ton/ha de forraje verde, aproximadamente.

- **Pasto Estrella (Cynodon nlemfuensis, Vanderyst):** muy bien adaptado a climas cálidos y medios, no prospera bien en alturas sobre el nivel del mar superiores a 2.200 metros. Tolerante al calor y resistente a la sequía, crece bien en suelos infértiles y de bajo pH. Es una gramínea perenne, de tallos extensos y entrenudos largos; desarrolla numerosos estolones superficiales o subterráneos de cinco metros o más; las raíces crecen de los nudos. Los tallos florales alcanzan hasta un metro y poseen de cuatro a cinco ramificaciones, tiene hojas exfoliadas e hirsutas. Se usa primordialmente para pastoreo intensivo, en algunos casos para heno y ensilaje y ocasionalmente para corte.

Con buena fertilización puede producir de cuatro a cinco ton/ha de heno cada seis a siete semanas; se considera se producción desarrollo superior a otras gramíneas relacionadas, como el pasto argentina.

#### **2.1.5.2 Gramíneas utilizadas para corte.**

A medida que se tecnifica la ganadería, los pastos de corte resultan una alternativa eficiente para aprovechar y explotar mejor la tierra, Son de rápida recuperación, gran capacidad para producir forraje y muy persistentes. Las cantidades obtenidas por área cultivada, son superiores a las de pastoreo. Pueden conservarse como ensilaje o heno o suministrarse frescas al ganado. El modelo de ganadería intensiva trabaja con dos tipos diferentes de pasto de corte: King Grass y Maralfalfa.

- **Pasto King Grass (*Pennisetum hybridum*):** nativo del África del Sur. Fue introducido en América del Sur en 1974. Se cultiva desde el nivel del mar, hasta una altura de 2.100 metros. Se adapta bien a casi todo tipo de suelos, pero no soporta encharcamiento prolongado. Crece en matorros y produce gran número de tallos por planta, que pueden alcanzar un diámetro en 13 y 15 milímetros. Posee hojas anchas y largas con vellosidades suaves y cortas.

Es la especie de corte más usada en Colombia y otros países tropicales. Se utiliza para suministrar picado verde o para ensilar, debido al gran volumen de producción. No se acostumbra pastorearlo ni utilizarlo para heno.

La gran ventaja de ésta especie la constituye su gran capacidad para producir forraje, lo cual permite, con la debida suplementación, mantener un número elevado de animales por unidad de superficie.

- **Maralfalfa:** el pasto maralfalfa posee un alto nivel de proteínas, alto contenido de carbohidratos azúcares que lo hacen muy apetecible por los animales. En muchas zonas del país, supera en un 25% de crecimiento, a pastos como el

King Gras. Es altamente palatable y dulce, incluso más que la caña forrajera, por lo que también en muchas ocasiones sustituye la Melaza. Se da en alturas comprendidas desde el nivel del mar hasta 3000 metros. Se adapta bien a suelos con fertilidad media alta. Su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje.

En zonas con suelos pobres en materia orgánica, que van de franco–arcillosos a franco–arenosos, en un clima relativamente seco, con PH de 4,5 a 5, con una altura aproximada de 1.750 metros sobre el nivel del mar, se han obtenido cosechas a los 45 días con una producción promedio de 28,5 kilos por metro cuadrado, es decir 285 toneladas por hectárea, con una altura promedio por caña de 2,5 metros. Los cortes se deben realizar cuando el cultivo alcance aproximadamente un 10% de espigamiento.

Para el ganado de leche se puede dar fresco, preferiblemente dejarlo secar por uno o dos días antes de picarlo. En cuanto al ganado de ceba, se recomienda siempre suministrarlo marchito. Además, la maralfalfa puede ser utilizada para ensilaje.

### **2.1.5.3 Leguminosas.**

Se utilizan para consumo humano, abono verde, como cultivos de cobertura y como productoras de forraje. Su adaptación es muy rápida en cuanto a la variedad de climas y suelos. El modelo contempla dos tipos de leguminosas forrajeras: Alfalfa y Maní forrajero, las cuales se describen a continuación:

- **Alfalfa:** es conocida como “la reina de las leguminosas” por su amplia adaptación magnífica producción de forraje de alta calidad, habilidad para mezclarse con las gramíneas, persistencia, capacidad para fijar nitrógeno y alta gustosidad. Se adapta bien desde el nivel del mar hasta alturas equivalente a los 3.200 metros, en las condiciones de Colombia. Aunque produce bien en clima cálido y medio, por tradición se cultiva en climas fríos. En clima cálido se

utiliza generalmente para corte, en clima frío se usa tanto para corte como para pastoreo mezclada con pastos como kikuyo.

La Alfalfa es una planta de hábito erecto o semierecto. La raíz es muy profunda, lo cual le da resistencia a la sequía. Las plantas crecen de 50 a 100 centímetros de altura. Las hojas son trifoliadas, flores moradas que se presentan en racimos de 10 a 20 flores cada uno.

Puede usarse para heno, ensilaje, pasto de corte y para pastoreo racional, fabricación de harina y concentrados, debido a que sus hojas tienen un elevadísimo valor nutritivo y con frecuencia se secan y se incluyen en ellos como fuente de vitamina A y de otros nutrimentos.

- **Maní Forrajero:** es originario del Brasil. Se adapta bien a suelos desde arcillosos hasta arenosos, con baja o alta fertilidad y es tolerante a la acidez. Resiste cargas altas de pastoreo y condiciones de sombra. No se adapta bien en suelos inundados aunque tolera un alto grado de humedad.

El Maní Forrajero puede ser utilizado como forraje o como cobertura. Es de rápido establecimiento y protege el suelo de la erosión controlando las malezas debido a que forma una densa capa que lo cubre. Es perenne, produce forraje de excelente calidad, resistente a plagas y no produce ningún problema digestivo en los animales.

#### **2.1.5.4 Forrajes temporales.**

Son implementados debido al alto costo de los granos para alimentación y a la competencia entre el consumo humano y el animal. Se siembran como cultivos de ciclo corto, con el fin de obtener un forraje abundante en ciertas épocas del año. Éste forraje se puede suministrar de forma inmediata a los animales o conservarlo como ensilaje. El modelo toma dos cultivos temporales muy utilizados en Colombia: Maíz y Sorgo Forrajero.

- **Maíz:** se cultiva en todos los climas, tanto para alimentación humana, como para producir forraje verde o ensilar. Es muy gustoso y de gran valor nutritivo. Se debe cosechar cuando el grano esté lechoso y las hojas estén todavía verdes y tiernas. Solo se puede obtener una cosecha por cada siembra. Un buen cultivo de maíz forrajero puede producir entre 60 y 80 ton/ha de forraje fresco.
- **Sorgo Forrajero:** de buena adaptación a climas tropicales, cultivado en muchas regiones pero su mayor crecimiento se observa desde el nivel del mar hasta los 1.800 m y una temperatura promedio entre 21 y 30° C. No es exigente en suelos, pero se desarrolla mejor en aquellos limo-arcillosos profundos, bien drenados y ricos en elementos nutritivos; es muy tolerante a las sequías pero también se da bien bajo irrigación, proporcionando en esta forma altos rendimientos.

Las variedades y selecciones de sorgo forrajero difieren en sus características, pueden ser graníferos o dulces. Las plantas crecen en matojos, con tallos erectos, sólidos y jugosos. El tamaño de los tallos es variable, pero pueden alcanzar hasta tres metros; la anchura de las hojas varía entre 25 y 50 milímetros y la longitud entre 50 y 100 centímetros.

El uso más generalizado es como pasto de corte; también se utiliza para ensilaje. El grano es utilizado para la fabricación de concentrados. Los sorgos dulces se pueden cultivar en zonas donde la precipitación es insuficiente para el maíz. Se corta cuando el grano se halla en la fase pastosa y el valor alimenticio del forraje se encuentra al nivel máximo.

#### **2.1.6 Suplementación y Alimentación.**

Los suplementos son mezclas de vitaminas y nutrientes que apoyan y complementan la nutrición que debe llevar el animal. Dichos nutrientes son aportados por una serie de materias primas, sometidas a un proceso previo de

preparación de mezclas según especificaciones de cada ganadero, son de suma importancia dentro un sistema de producción de ganadería bovina intensiva.

Cuanto mayor sea el suplemento suministrado, mayor será el rendimiento en la producción de leche, carne o doble propósito. Los suplementos son proporcionados continuamente para hacer efectiva la ganancia de peso o producción de leche. El tipo y la forma de suplementar varían de acuerdo a la disponibilidad y requerimientos de recursos del sistema de producción.

Los suplementos con forrajes contienen predominante fibra (aunque menos fibra que las pasturas) y hacen la digestión del animal más lenta. En cambio, los suplementos concentrados facilitan la digestión y su contenido de nutrientes es más elevado, lo que da lugar a una mayor ganancia de peso vivo.

Tabla 1: Algunos alimentos comunes celulósicos y no celulósicos.

<b>Celulósicos (más de 500 g de fibra neutro-detergente/Kg Materia Seca)</b>	<b>No celulósicos (menos de 500 g de fibra neutro-detergente/Kg Materia Seca)</b>
Paja	Grasa
Heno	Melazas
Gramíneas (excepto muy jóvenes)	Gramíneas inmaduras
Ensilado (excepto de maíz)	Ensilado de maíz
Granos de cervecería	Cereales en grano
Pulpa de remolacha no mezclada	Pulpa de remolacha melazada
Fruta extractada	Remolacha forrajera, nabos
Forrajes de trigo	Alimento de gluten de maíz
Harina de semillas de palma	Harina de soja

Fuente: CHAMBERLAIN, A. T. y WILKINSON, J. M. Alimentación de la Vaca Lechera. Título original: Feeding the Dairy Cow. Traducido por Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. p. 46.

- **Ensilajes.** Un silo es una estructura diseñada para almacenar granos, pastos y otros materiales a granel. Los cultivos especializados para ensilar, son

aquellos que no son pastados sino que se producen específicamente para elaborar ensilado. El maíz, es el cultivo especializado para ensilar más común.

El objetivo principal que busca la preparación de ensilaje, consiste en almacenar grandes volúmenes de alimento en tiempos de cosechas, conservando la calidad de los nutrientes que poseen los forrajes, para abastecer de las respectivas raciones alimenticias a los animales, en aquellos períodos en los que se dispone de poco alimento debido a las condiciones climáticas extremas. Otro propósito es complementar el alimento diario del ganado cuando se presenta un aumento en la carga animal.

El proceso de ensilar consiste en eliminar el oxígeno presente en el forraje. Al entrar en el silo, el oxígeno que posee el forraje recolectado se agota mediante la respiración de las plantas y el crecimiento de bacterias anaerobias. La fermentación prosigue en la ausencia de oxígeno, siendo éste paso el mayor responsable de la acidificación del ensilado almacenado.

El ensilaje bien conservado contiene ácido láctico como producto principal de la fermentación de los carbohidratos hidrosolubles o azúcares, principalmente fructosa y glucosa.

Este tipo de alimentos se emplea para manejar ganado en forma intensiva o semiestabulada. En Colombia, ensilar es una excelente opción para las ganaderías del país, por la gran variedad de forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico. Gracias a éstas condiciones, los ensilajes se almacenan por períodos de tiempo más cortos, lo que le brinda una mayor digestibilidad, siempre y cuando se realice bajo las medidas óptimas de almacenamiento.

El ensilado puede constituirse en un modo de alimentación más económico, que puede cumplir con los requerimientos nutricionales de cada animal, dando más

volumen corporal, sin acumulación de grasa y un mayor aumento de peso mensual.

Tabla 2: Ensilado Ideal.

EL ENSILADO IDEAL	
Sustancia seca	Más de 300 g/Kg
EM	Más de 11,0
EM capaz de fermentar/EM	Más de 0,70
PB	150 a 175 g/Kg MS
Ph	4,0 a 4,5
Fibra neutro detergente	500 a 550 g/Kg MS
NH <sub>3</sub> -N	Menos de 50 g/Kg de N total
N en aminoácidos	Más de 750 g/Kg N soluble total
Azúcares residuales	Más de 100 g/Kg MS
Ácidos totales de fermentación	100 a 150 g/Kg MS
Ácido láctico	80 a 120 g/Kg MS
Ácidos grasos volátiles	Menos de 0,20 de los ácidos totales

Fuente: CHAMBERLAIN, A. T. y WILKINSON, J. M. Alimentación de la Vaca Lechera. Título original: Feeding the Dairy Cow. Traducido por Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. p. 43.

- **Concentrados.** Un concentrado puede ser descrito por sus características como alimento y sus efectos en las funciones del rumen, donde son fermentados rápidamente y digeribles en la totalidad del tracto digestivo de forma muy fácil, en contraste con los forrajes, los cuales no estimulan la digestibilidad. Los concentrados tienen alta palatabilidad y son consumidos rápidamente.

Existen concentrados altos y bajos en proteína. Los cereales, por ejemplo, contienen un porcentaje de proteína cruda menor del 12%, mientras que las harinas de semillas oleaginosas, como la soya, el algodón y el maní, pueden contener 50% o más de proteína cruda.

Cuando los concentrados conforman más del 60 al 70% de la ración alimenticia diaria, pueden provocar problemas de salud en el animal.

Las vacas lecheras de alto potencial productivo, también tienen altos requerimientos de energía y proteína. Considerando que las vacas pueden comer hasta cierta ración diaria, los forrajes por sí solos no pueden suministrar las cantidades necesarias de nutrientes. El propósito de agregar concentrados a la ración de la vaca lechera, es el de proveer una fuente de energía y proteína para suplementar los forrajes y cumplir con los requisitos alimenticios del animal.

Así, los concentrados son alimentos importantes que permiten formular dietas que maximizan la producción lechera. Generalmente, la máxima cantidad de concentrados que una vaca puede recibir cada día no debe sobrepasar los 14 Kg.

Entre los principales alimentos concentrados utilizados en producción bovina en Colombia se encuentran:

**Granos de cereales (cebada, granos de maíz, granos de sorgo, arroz, trigo):** son alimentos de alta energía para las vacas lecheras, pero son bajos en proteína. Los granos de cereales aplastados o agrietados, son fuentes excelentes de carbohidratos fermentables (almidón), que aumentan la concentración de energía en la dieta. Sin embargo, demasiados cereales en la dieta (más de 10 a 12 Kg./vaca/día), reduce la masticación, la función del rumen y reduce el porcentaje de grasa en la leche.

**Harina de gluten de maíz y Salvados de cereales:** es una fuente excelente de proteína (40 a 60%) y energía. Los salvados de granos de cereales (arroz y trigo), agregan fibra a la dieta y contienen de 14 a 17% de proteína. El salvado de trigo, es una fuente buena de fósforo y funciona como laxativa. Las cáscaras de algunos granos de cereales (cebada, avena, trigo), contienen solo 3 a 4% de proteína y 85 a 90% de fibra altamente indigestible.

**Racimos y tubérculos (zanahorias, casaba, remolacha, papas y nabos):** son usualmente palatables y buenas fuentes de carbohidratos, de fácil fermentación y pero bajos en proteína (menor de 10%).

**Subproductos de la industria azucarera:** son altos en fibra de fácil digestibilidad como la remolacha o azúcares sencillos, como la melaza, que los hacen alimentos palatables.

**Semillas Oleaginosas:** muchas de estas semillas crecen en el trópico y subtrópico, como la soya, el maní y el algodón, pero algunas son producidas en climas templados como la linaza, la canola, y el girasol. Las semillas oleaginosas contienen lípidos y pueden servir como alimentos con alto contenido de energía. Más frecuentemente las harinas de semillas oleaginosas, producidas como subproducto de la extracción del aceite y que contienen 30-50% de proteína, son usadas como alimentos proteicos para las vacas.

**Proteínas de origen animal (harina de carne o hueso, harina de plumas o pescado):** son resistentes a la degradación en el rumen y pueden servir como buenas fuentes de fósforo y calcio. Deben ser manejadas con cuidado para evitar riesgos de transferencia de infecciones.

- **Minerales y Vitaminas.** Los minerales y vitaminas son de gran importancia en la nutrición bovina. Las deficiencias pueden resultar en pérdidas económicas grandes. En las vacas lactantes, los macrominerales de principal importancia son el Cloruro de Sodio (NaCl o Sal), Calcio (Ca), Fósforo (P) y a veces, Magnesio (Mg) y Azufre (S).

Casi todos los alimentos, con excepción de urea y grasa, contienen al mínimo, cantidades limitadas de minerales. Debido a que las leguminosas contienen más calcio que las gramíneas, las raciones basadas en leguminosas requieren menos

suplementación con calcio. La melaza es rica en calcio y subproductos de origen animal son buenas fuentes de calcio y fósforo.

La sal es el único mineral que se puede ofrecer al animal diariamente por acceso libre, ya que ayuda a satisfacer sus necesidades fisiológicas y complementar los nutrientes que no aportan las pasturas. La suplementación mineral de la dieta de la vaca lechera es usualmente entre 0 y 150 g/vaca/día.

Las vitaminas A, D y E son de notable consideración dentro de los requerimientos vitamínicos de las vacas. En épocas de prologados inviernos o sequías, la vitamina A se hace deficiente, por lo que es necesario suplementarla. Los microbios del rumen sintetizan vitaminas del complejo B, C y K por lo que normalmente no requieren de suplementación.

### **2.1.7 Sanidad Animal**

Toda modificación al ciclo de vida natural, debe realizarse en función del aumento de la productividad. Dentro del manejo de los animales, existen actividades que influyen el mejor desarrollo del ciclo productivo.

La sanidad animal cumple un rol preventivo de gran importancia en la realización eficiente del ciclo de vida productivo desde el punto de vista de salud animal. La salud del ganado vacuno es una interacción entre los animales, su entorno y los organismos que causan enfermedades. Como son animales que viven agrupados, se debería considerar al ganado bovino como un grupo, pero también individualmente, si la salud de un animal difiere notablemente de la del grupo.

La estabulación del ganado bovino supone uno de los retos más duros para su salud, ya que aumenta el contacto entre los animales y los organismos causantes de enfermedades pueden sobrevivir con mayor facilidad en este entorno más constante y, generalmente, benigno, en comparación con el exterior.

Es importante que se cumplan las normas básicas de bioseguridad, de esta manera se reduce la aparición y transmisión de enfermedades dentro de un lote. Para ello, es necesario que el productor cuente con herramientas sanitarias que le permitan bajo el asesoramiento profesional, actuar en forma preventiva y de este modo controlar enfermedades comunes (infecciosas, metabólicas, tóxicas y parasitarias) en los hatos.

Los factores más importantes a tomar en cuenta cuando se elabora un plan sanitario preventivo para bovinos son:

- Realizar un adecuado manejo de becerros.
- Suministrar la alimentación adecuada.
- Adecuada disposición de los residuos orgánicos (excretas, alimento, camas).
- Adecuado manejo durante el ordeño y atención apropiada durante el parto.
- Implementación de un plan de vacunación, acorde con las enfermedades comunes en la zona.
- Control de parásitos internos, a través de la desparasitación por vía oral.
- Control de parásitos externos.

Es importante elaborar un sistema de monitorización y de cuidados de la salud del ganado bovino, el cual asegurará una reducción significativa del riesgo para los consumidores, siempre que el muy considerable daño económico a la industria no limite la capacidad de los ganaderos para instaurar las nuevas medidas, dando confianza a los consumidores de que la carne y sus productos lácteos, son alimentos que se pueden consumir de manera segura.

### 2.1.8 Manejo Administrativo

El ganadero (dueño de la finca) es el principal elemento del componente administrativo y como tal, está en la obligación de dirigir a la empresa hacia los objetivos establecidos, siendo la meta principal, la administración de su(s) hato(s) con el mayor provecho posible, haciendo para ello uso de sus propios recursos como capital, mano de obra y terrenos.

Con el objeto de asegurar los mayores beneficios, el producto ganadero (carne y/o leche) debe tener un valor que exceda, en tanto como sea posible, al valor de los factores de producción (tierra, capital, animales, trabajo) utilizados.

Una correcta administración de una finca ganadera, logrará sus objetivos siempre y cuando sea guiada por los siguientes factores:

- **Diagnóstico de la situación de la finca:** se debe identificar y caracterizar los componentes y sus interacciones, la tecnología utilizada por el productor, las variables técnicas y socioeconómicas, seleccionar y establecer las alternativas tecnológicas que produzcan mayor retorno económico y establecer un plan de seguimiento de la finca para determinar sus necesidades.
- **Caracterización de la finca:** es indispensable llevar un cuidadoso control de inventario sobre los recursos existentes, la producción y sus costos, las entradas y gastos reportados de forma periódica. Con esta labor se facilita la obtención de las utilidades y/o pérdidas, en cualquier momento que se requieran.
- **Registro del movimiento del ganado:** facilita determinar las cantidades de animales de todas las edades disponibles para eventuales ventas. Además, se conoce por este medio, la cantidad de animales comprados, vendidos, las muertes y nacimientos durante el año.

- **Evaluación económica:** teniendo presente que el principal objetivo económico del ganadero es el de aumentar sus ingresos, es necesario que conozca cuales son los medios a su alcance para producir económicamente con ganancias. Debe analizar cuál es la mejor manera de operarla para lograr la máxima diferencia favorable entre ingresos y costos.
- **Acciones para promover la utilización de la administración en las empresas ganaderas:** es necesario reconocer la necesidad de organizar adecuadamente los planes de trabajo y de producción y ver la importancia de manejar y administrar adecuadamente los recursos.

### 2.1.9 Costos de Producción

En ganadería, el concepto de eficiencia está determinado por la relación del precio de venta o ingreso, sobre el costo de producción. En el caso de un sistema de ceba, la mayor o menor eficiencia de la ganadería depende de la relación entre el volumen de peso vivo incremental producido por unidad de área en un periodo de tiempo y el costo de producción correspondiente. Si se habla de un sistema de lechería, la eficiencia se refiere a la producción en litros de leche con respecto al costo de producirlo.

Alfonso Santana, Camilo Camacho y otros (2006), en su investigación Competir e Innovar, La Ruta de la Industria Bovina, desarrollada con el apoyo de FEDEGAN, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CORPOICA y la Universidad Nacional de Colombia, realizaron un análisis de la eficiencia de un sistema de producción de carne, con base en un ejercicio de costeo, efectuado con un grupo de ganaderos de distintas regiones, con fincas de niveles tecnológicos medio y alto, encontrando dificultades como la falta de sistemas de contabilidad general que permitan a los productores tener conocimiento preciso de los costos unitarios de producción.

Los resultados del análisis realizado por Santana y otros (2006), indican que la ganadería es una actividad eficiente, con valores que fluctúan entre 1,35 para sistemas de cría en el Caribe Húmedo, y 1,79 en sistemas de cría en el Eje Cafetero. La eficiencia tiende a ser mayor en sistemas de doble propósito, lo que confirma las teorías al respecto y demuestra empíricamente la racionalidad del modelo productivo.

La distribución de los gastos en la actividad ganadera para los distintos sistemas productivos, de acuerdo con información levantada por Fedegán entre 2003 y 2006, indica que la mayor proporción de los mismos se encuentra en la mano de obra, y dentro de las actividades de levante y ceba de bovinos, la compra de animales. Lo anterior puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 3: Ponderadores en la canasta de insumos ganaderos

Item	Actividad			
	Doble propósito	Cría	Levante	Ceba
Compra de animales	N. A.	N. A.	49,2	44,7
Mano de obra	55,6	61,9	30,1	20
Alimentación	4	7,1	2,7	5,3
Sanidad	10,4	14,9	8,1	6,6
Potreros	7	6,1	4,8	7
Maquinaria y herramientas	16,4	3,3	1,6	9,2
Transporte de animales	1,8	0,9	0,9	2
Otros	4,7	5,8	2,6	5,3

Fuente: FEDEGÁN (2006a).

Fuente: FEDEGÁN (2006).

### **2.1.10 Nivel Tecnológico**

Los sistemas de producción bovina actuales, están siendo obligados a invertir en tecnología, para alcanzar el nivel de competitividad que exigen los mercados nacionales e internacionales. La clasificación de las empresas ganaderas de acuerdo con su nivel tecnológico, es hoy por hoy, fuente de información en la cual se basan las distintas investigaciones desarrolladas en el campo y cuyo objetivo es contribuir en el desarrollo de la ganadería bovina en el país.

Santana, Camacho y otros (2006), en su publicación La Ruta de la Industria Bovina, clasifican las empresas ganaderas según el nivel tecnológico, el cual puede ser alto, medio o bajo, dependiendo del cumplimiento de algunos criterios. A partir de dicha clasificación, definen indicadores productivos, reproductivos y económicos.

Los criterios tomados en cuenta para la clasificación en cierto nivel tecnológico son los siguientes:

- Aplicación de riego a las pasturas y forrajes.
- Existencia de pastos mejorados.
- Suministro de suplementos alimenticios producidos en la finca o adquiridos.
- Empleo de reproductores(as) puros o de alta selección, programas de Inseminación Artificial (IA) o Transferencia de Embriones (TE).
- Existencia de procesos de mecanización de praderas.
- Rotación de potreros programada.

- Registros técnicos, reproductivos y/o contables y utilización de los mismos en la toma de decisiones.

“Para que un predio sea considerado de baja tecnología, se requiere que su sistema productivo no cumpla ninguno de los criterios establecidos o que sólo cumpla uno; una finca ganadera de mediana tecnología, debe cumplir entre dos y tres parámetros y, dentro de la categoría de alta tecnología, se clasifican aquellas explotaciones que cumplen con al menos cuatro criterios”.<sup>5</sup>

Dentro de los indicadores productivos en un sistema de producción cárnica, se encuentran dos parámetros básicos, la productividad ganadera o animal, definida como la cantidad de carne anual que brinda cada animal, y la productividad de la ganadería de carne por hectárea año, que se expresa como los kilogramos de peso vivo producidos en una hectárea al año.

**Productividad ganadera o animal:** El indicador de productividad animal para la ganadería colombiana, de 39 kilogramos carne por animal/año, es muy inferior al de los principales países referentes.

**Productividad de la ganadería de carne por hectárea año:** Es de 125 kilogramos de peso vivo por hectárea/año, el cual resulta igualmente bajo frente a las cifras de Brasil y Argentina (180 y 250 kilogramos de peso vivo por hectárea /año, respectivamente).

Los dos parámetros del indicador de productividad, pueden observarse con más detalles, en la siguiente tabla:

---

<sup>5</sup> SANTANA, Alfonso; CAMACHO, Camilo y Otros. Competir e Innovar, La Ruta de la Industria Bovina. Primera Edición, Publicado por FEDEGÁN-FNG. Editorial Una Tinta Medios Ltda. Bogotá D.C., 2009. p 42

Tabla 4: Indicador de productividad animal para principales países referentes

Indicador de productividad animal para los principales países de referencia (2008)	
Pais	Productividad (kilogramos carne por animal / año)
Estados Unidos	125
Australia	75
Brasil	44
Argentina	58
Uruguay	47
Colombia*	39

\*Cifra Colombia FEDEGÁN, 2009.  
Fuente: Elaboración propia con base en datos benchmarkig, 2008

Fuente: SANTANA, Alfonso; CAMACHO, Camilo y Otros. Competir e Innovar, La Ruta de la Industria Bovina. Primera Edición, Publicado por FEDEGÁN-FNG. Editorial Una Tinta Medios Ltda. Bogotá D.C., 2009. p 42.

**Carga animal por unidad de superficie:** Para Colombia, este indicador es de 0,60 UGG (ó UA), considerando una extensión total ocupada por la ganadería de 38 millones de hectáreas (Fedegán, 2006), el cual es bajo en comparación con la cifra registrada en países como Uruguay y Brasil en los que el sistema predominante de levante y ceba también es el pastoreo. Resultados de encuestas a productores de los diferentes niveles tecnológicos, pueden observarse en la siguiente tabla:

Tabla 5: Capacidad de carga por departamentos ganaderos en Colombia

Colombia. Capacidad de carga por departamentos ganaderos (UGG por hectárea)			
Departamento	Fincas de baja tecnología	Fincas de mediana tecnología	Fincas de alta tecnología
Antioquia	<0,4	0,5 a 0,7	
Córdoba			
Cesar	0,4 y 0,7	0,7 y 0,9	
Bolívar	<0,4	0,5 a 0,7	>1,1
Valle del Cauca	0,4 a 0,7	0,7 a 0,9	
Meta	<0,4	0,5 a 0,7	
Caldas			
Santander	0,4 a 0,7	0,7 a 0,9	0,8 a 1,1
Caquetá	<0,4	0,5 a 0,7	
Cundinamarca <sup>1</sup>	<0,4	0,7 a 0,9	>1,1

<sup>1</sup> Región del alto Magdalena (Girardot, Tocaima, Anapoima, La Mesa, Agua de Dios, Fusagasugá)  
Fuente: Datos Consensos Regionales. Oficina de Investigaciones Económicas, OIE – FEDEGAN, 2009.

Fuente: SANTANA, Alfonso; CAMACHO, Camilo y Otros. Competir e Innovar, La Ruta de la Industria Bovina. Primera Edición, Publicado por FEDEGAN-FNG. Editorial Una Tinta Medios Ltda. Bogotá D.C., 2009. p 42.

**Edad de los animales al sacrificio:** A nivel nacional este indicador se encuentra entre los 30 y los 48 meses, aunque existen marcados contrastes en las fincas de acuerdo a su nivel tecnológico. Esto contrasta fuertemente con las cifras de países como Uruguay, Estados Unidos y Brasil.

Tabla 6 : Edad de los animales al sacrificio

**Cuadro 24**  
Indicadores productivos en fincas tipo departamentales por nivel tecnológico (2008)

Parámetro	Departamento	Fincas de baja tecnología	Fincas de mediana tecnología	Fincas de alta tecnología
Edad al sacrificio (meses)	Antioquia	>49		
	Córdoba			
	Cesar		37 a 42	
	Bolívar	43 a 48		25 a 30
	Valle del Cauca			
	Meta		43 a 48	
	Caldas	> 49		
	Santander	43 a 48	37 a 42	
	Caquetá			31 a 36
Cundinamarca <sup>1</sup>			< 24	
Peso venta sacrificio machos (kilogramos)	Antioquia	401 a 420	431 a 440	441 a 450
	Córdoba	> 431	>440	>450
	Cesar	401 a 420	401 – 430	
	Meta	421 a 430	431 a 440	>450
	Bolívar	< 400	421 a 430	
	Valle del Cauca			441 a 450
	Caldas	< 400	421 a 430	
	Santander	401 a 420	431 a 440	>450
	Caquetá		421 a 430	441 a 450
Cundinamarca <sup>1</sup>	< 400	431 a 440	> 450	
Peso al destete crías (kilogramos)	Antioquia			
	Córdoba			>180
	Cesar			
	Bolívar		151 a 160	171 a 180
	Valle del Cauca			
	Meta	<140		
	Caldas			> 180
	Santander		161 a 170	
	Caquetá			171 a 180
Cundinamarca <sup>1</sup>		151 a 160	> 180	
Edad al destete crías (meses)	Antioquia		8 a 9	< 8
	Córdoba			
	Cesar	>10		8 a 9
	Bolívar		9 a 10	9 a 10
Edad al destete crías (meses)	Valle del Cauca		9 a 10	8 a 9
	Meta	>10		
	Caldas			
	Santander	9 a 10	8 a 9	< 8
	Caquetá			8 a 9
	Cundinamarca <sup>1</sup>	> 10	9 a 10	< 8

<sup>1</sup> Región del Alto Magdalena (Girardot, Tocaima, Anapoima, La Mesa, Agua de Dios, Fusagasugá)  
Fuente: Datos Consensos Regionales. Oficina de Investigaciones Económicas, OIE – FEDEGÁN, 2009.

Fuente: SANTANA, Alfonso; CAMACHO, Camilo y Otros. Competir e Innovar, La Ruta de la Industria Bovina. Primera Edición, Publicado por FEDEGÁN-FNG. Editorial Una Tinta Medios Ltda. Bogotá D.C., 2009. p 42.

## 2.2 PENSAMIENTO SISTÉMICO

El pensamiento sistémico tiene sus orígenes en los años cincuenta, a raíz de los cuestionamientos que hiciera el biólogo Ludwing Von Bertalanffy, acerca de la aplicación del método científico en la Biología, debido a que éste se basaba en una visión mecanicista y causal, que lo hacía débil como esquema para la explicación de los grandes problemas que se dan en los sistemas vivos.

En efecto a estos cuestionamientos, nació el Paradigma de Sistemas, como un reformulamiento global en el paradigma intelectual, para entender mejor el mundo. Bertalanffy centra sus esfuerzos en un proyecto de integración de las ciencias, mediante la construcción conjunta de una Teoría General de Sistemas, dejando atrás el pensamiento reduccionista y buscando el mejoramiento de la condición humana a través del desarrollo de un nuevo pensamiento, el Pensamiento Sistémico, el cual se basa en la percepción del mundo real en términos de totalidades, para su completo análisis, comprensión y accionar.

El pensamiento sistémico es integrador, tanto en el análisis de las situaciones, como en las conclusiones que nacen a partir de allí, proponiendo soluciones en las cuales se tienen que considerar diversos elementos y relaciones que conforman la estructura de lo que se define como un todo organizado jerárquicamente, un “sistema”<sup>6</sup>, así como también de todo aquello que conforma el entorno del sistema definido. La doctrina del Holismo sustenta esta posición, basándose en que todas las propiedades de un sistema dado, (por ejemplo, biológico, químico, social, económico, mental o lingüístico) no pueden ser determinados o explicados por las partes que los componen por sí solas. El sistema como un todo determina cómo se comportan las partes.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> ¿Qué es el Pensamiento Sistémico? Instituto Andino de Sistemas IAS [En línea]. Septiembre de 2004. Disponible en <http://www.iasvirtual.net/queessis.htm>

<sup>7</sup> Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Holismo>

## 2.3 DINÁMICA DE SISTEMAS

La Dinámica de Sistemas tiene sus orígenes en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), cuando en los años 60's Jay Forrester incursiona en lo que él denomina Dinámica Industrial, actualmente conocida como Dinámica de negocios en algunas organizaciones.

“El modo habitual como se ha entendido y se ha expuesto la Dinámica de Sistemas es, fundamentalmente, como una metodología para construir modelos matemáticos de fenómenos de diversa índole”.<sup>8</sup>

Se busca que la Dinámica de Sistemas se presente como algo más que una metodología. Se trata de verla como una forma o un paradigma del pensamiento que se expresa a través de cierto sistema de convenciones, esto es, a través de un lenguaje particular.

En el campo de la Dinámica de Sistemas, un sistema es el modelo de un fenómeno en busca de una representación general, íntegra y conjunta. “En el paradigma dinámico–sistémico se entiende que los sistemas exhiben una naturaleza compleja. Esta complejidad se manifiesta en un comportamiento que es difícilmente intuible porque emerge de un complejo tejido de elementos entrelazados causalmente. La complejidad de ese tejido, viene dada no simplemente por la cantidad de elementos e interrelaciones, sino por la presencia de cadenas cíclicas de influencias que conducen a procesos de realimentación y por el intrínseco vínculo realimentado que tienen las decisiones con el sistema.”<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> ANDRADE SOSA, Hugo Hernando y Otros. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia, 2007. p. 171

<sup>9</sup> IBID, Pág. 234

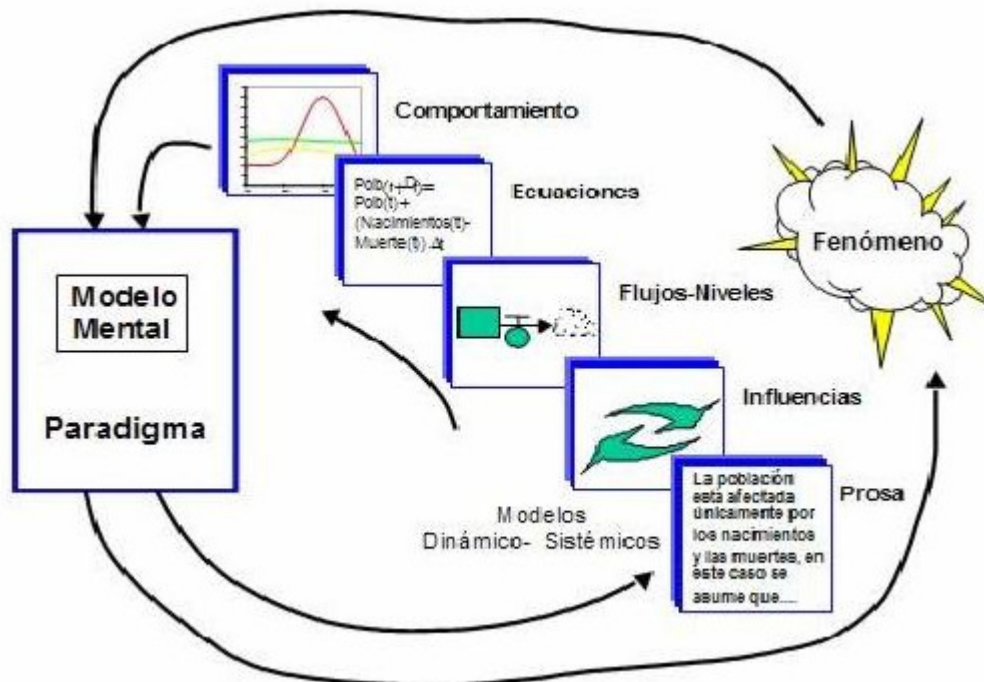
### 2.3.1 Modelado Dinámico – Sistémico.

La primera representación de un fenómeno es la imagen o modelo mental que cada persona hace de él. Pero acorde a como se va percibiendo el fenómeno, el modelo mental también evoluciona, a través de la experiencia y la interacción.

La Dinámica de Sistemas hace posible la visualización del modelo mental, a través de un sistema de lenguajes, con los cuales es posible expresar la causalidad circular. Los modelos dinámico – sistémicos son escritos a través de estos lenguajes.

El modelado dinámico – sistémico, se puede representar a través de un ciclo, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 9. Modelado con Dinámica de Sistemas



Fuente: ANDRADE SOSA, Hugo Hernando y Otros. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia, 2007. Pág. 235

### **2.3.2 Lenguaje Dinámico – Sistémico**

La Dinámica de sistemas brinda un sistema de lenguajes, a través de los cuales se hace posible expresar la causalidad circular y como éstas causalidades condicionan el comportamiento. Los modelos dinámico-sistémicos son escritos en esos lenguajes.

#### **2.3.2.1 Lenguaje de Prosa**

Permite explicar en los términos de las causalidades y cómo estas condicionan el comportamiento, comunicando de forma fácil los supuestos de los modelos dinámico-sistémicos.

#### **2.3.2.2 Lenguaje de los Diagramas de Influencias y de Flujo – Nivel**

Tienen un carácter gráfico, cuyo objeto es brindar una apreciación visual de la estructura causal y sus ciclos de realimentación. También indican el sentido de cambio que un elemento produce sobre otro y, en consecuencia, señalan cuando un ciclo de realimentación es positivo o negativo.

#### **2.3.2.3 Lenguaje de ecuaciones**

Aunque no resulta muy útil para representaciones de las estructuras causales, expresa el modelo a través de un sistema de ecuaciones diferenciales que facilitan la interacción con él. Puede resolverse mediante simulación por computador.<sup>10</sup>

Utilizando los diferentes lenguajes que conforman el lenguaje dinámico–sistémico, se describe más adelante el modelo de un sistema de producción de ganadería bovina intensiva, el cual se ha realizado en base al prototipado y a la Dinámica de Sistemas.

---

<sup>10</sup> ANDRADE SOSA, Hugo Hernando y Otros. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2007. p. 238 – 240

## **2.4 ESTADO DEL ARTE**

El proyecto toma como antecedentes las siguientes investigaciones realizadas en sistemas de producción bovina. Al igual que la presente investigación, éstas fueron efectuadas con base en el modelado con Dinámica de Sistemas y el lenguaje dinámico-sistémico.

### **2.4.1 SIPROB 1.0<sup>11</sup> y SIPROB 2.0<sup>12</sup>**

Desarrollados por estudiantes, docentes e investigadores del grupo de investigación SIMON, pioneros en lo referente a Dinámica de Sistemas y Pensamiento Sistémico dentro de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander. Estas investigaciones, integran en un ambiente software, los componentes demográficos, biofísicos, productivos y económicos de una ganadería bovina extensiva.

Debido a que ésta investigación continúa desarrollándose en base al Pensamiento Sistémico y la Dinámica de Sistemas, SIPROB 1.0 y SIPROB 2.0 se convierten en fundamentos útiles a los cuales se ha recurrido, ya que facilitarán la comprensión de los modelos de ganadería bovina extensiva, que a su vez, serán facilitadores de una correcta representación y aprendizaje a través del seguimiento y la observación, de los diferentes comportamientos presentes en la práctica de la Ganadería Bovina Intensiva, de tal manera que permita guiar a productores, docentes e investigadores, en la adquisición de nuevas tecnologías y en la aplicación de diferentes técnicas de producción, para elevar los niveles de competitividad.

---

<sup>11</sup> GÓMEZ, Urbano Eliécer; BARRAGÁN, Omar; ANDRADE SOSA, Hugo. Modelo de Simulación de Sistemas de Producción de Ganadería Bovina para la investigación Integral SIPROB 1.0, 2002.

<sup>12</sup> RUIZ GARCÍA, Yadira; SILVA OLIVARES, Rubiela. Herramienta Software para el aprendizaje del manejo de un Sistema de Producción de Ganadería Bovina, mediante simulación con Dinámica de Sistemas y un enfoque sistémico SIPROB 2.0, 2007.

#### **2.4.2 Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019**

Publicado por FEDEGAN<sup>13</sup> en noviembre de 2006. Se basa en las experiencias compartidas por el gremio de productores ganaderos del país, durante el XXIX Congreso Nacional de Ganaderos, realizado en noviembre de 2004. La publicación toma como estado del arte, la actualidad de la ganadería colombiana, para a partir de este punto, definir objetivos, estrategias y actividades, que proyecten la ganadería colombiana hacia el 2019. La expansión de los mercados, la modernización, la tecnificación, son claves en las metas que continuamente busca la ganadería en Colombia, pero para alcanzarlas con éxito, se hace necesaria la creación de un “Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019”.<sup>14</sup>

#### **2.4.3 El Pensamiento Económico y Social de FEDEGAN 2006 – 2007<sup>15</sup>**

Esta publicación pretende, a través del estudio de la problemática social de Colombia y la influencia de éste en los sectores rurales, generar un cambio en el pensamiento económico de los grandes, medianos y pequeños productores ganaderos, que a raíz de los errados modelos de desarrollo económico y del conflicto que vive el país, se ha estancado y ha dejado de proponer estrategias y soluciones para la reconstrucción de la paz y la economía. Expone que gran parte de la solución al conflicto, así como el progreso económico del país, se encuentra en el sector rural y defienden todas las alternativas que promuevan el crecimiento, la modernización y la equidad social en dicho sector.

---

<sup>13</sup> Federación Colombiana de Ganaderos.

<sup>14</sup> LAFAURIE RIVERA, José Félix. Federación Colombiana de Ganaderos, FEDEGAN. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Editorial Sanmartín Obregón & Cía. Bogotá, D.C. Noviembre de 2006.

<sup>15</sup> LAFAURIE RIVERA, José Félix. Federación Colombiana de Ganaderos, FEDEGAN. El Pensamiento Económico y Social de FEDEGAN 2006 – 2007. Editorial Sanmartín Obregón & Cía. Bogotá, D.C. Diciembre de 2007

### **3. MODELO DE SIMULACIÓN DE GANADERÍA BOVINA INTENSIVA**

El modelo de ganadería bovina intensiva está compuesto por cinco prototipos, caracterizados por los factores que influyen en un sistema de producción bovina, como son los componentes demográfico, biofísico, productivo y socioeconómico. Éste último permite la evaluación y análisis financiero del sistema. Su realización se fundamenta en el marco de referencia descrito en el capítulo 2, en el apoyo del director y codirector, y el apoyo del Doctor Carlos Aníbal Vásquez, coordinador de Tecnología Agroindustrial de la Universidad Industrial de Santander.

#### **3.1 PROTOTIPO 1: DOBLE PROPÓSITO DEMOGRÁFICO**

El Prototipo 1 del Modelo de Simulación de Ganadería Bovina Intensiva, ha sido diseñado para representar un sistema ganadero doble propósito (producción de carne y leche), mostrando los diferentes comportamientos que pueden presentarse en la población bovina dentro de un sistema de producción de éste tipo.

##### **3.1.1 Lenguaje de Prosa del Prototipo 1**

El primer prototipo del modelo de ganadería bovina intensiva, se centra en la demografía de un sistema de producción bovina doble propósito. El componente demográfico se ha desarrollado en base a la clasificación según la edad, sexo y estado de reproducción. Cada clasificación por edades y género (hembras y machos), se denomina grupo etario y agrupa los bovinos que cumplen con las características antes mencionadas.

La población en un sistema doble propósito, se compone de los siguientes grupos etarios:

**Terneros(as):** aquellos vacunos que se encuentran en la etapa contada a partir del nacimiento, hasta el momento del destete, el cuál en ganadería intensiva doble propósito, se realiza a la edad de siete (7) meses después de nacido el animal. El tratamiento tanto en machos como en hembras considera las mismas características productivas.

Los terneros que lleguen a éste grupo etario, serán aquellos que al momento de nacer, cumplan con los siguientes criterios de selección:

- a.) Peso vivo mayor o igual a 40 Kilogramos.
- b.) Buena descendencia y genética.

Además, durante el lapso de los siete (7) meses, los terneros deben ganar 180 Kg, para pasar a la siguiente etapa con un peso total de 220 Kg.

**Novillos(as) de Levante:** etapa consecutiva a la etapa de terneros, es decir, pasados los siete meses después del nacimiento. En ganadería intensiva, el grupo etario de levantes está comprendido entre los siete (7) y los diez (10) meses de edad. Las características tomadas en cuenta para la clasificación en éste grupo etario, son iguales para ambos géneros.

A éste grupo, sólo ingresarán aquellos terneros(as) cuyo peso sea mayor o igual a 220 Kg. Durante los tres meses que aquí permanece, el animal debe ganar 130 Kg, es decir, debe ganar en promedio al día 1,4 Kg. Por tanto, un novillo(a) de levante pasa al siguiente grupo etario (ceba o toretes en machos y ceba o vaca vacía nuevo vientre en hembras), con un peso vivo de 350 Kg.

El porcentaje de los novillos de levantes destinados para toretes, deberá cumplir con una serie de características reproductivas y genéticas especiales, a consideración del propietario.

**Novillos(as) en Ceba:** aquellos bovinos que han pasado por la etapa de levantes y que han sido seleccionados para el engorde al cumplir con los requerimientos de peso mínimo. En el grupo etario de ceba, los machos duran seis (meses), mientras que las hembras permanecen sólo cinco. Durante la estancia de un novillo en ceba, los machos deben alcanzar el tamaño de una unidad gran ganado, es decir, un peso vivo de 450 Kg, mientras que las hembras alcanzan un peso de 420 Kg.

El motivo por el cual las novillas en ceba permanecen un mes menos en ésta etapa, es debido a que las hembras alcanzan su madurez fisiológica un poco antes que los machos, lo que dificulta una rápida y mayor ganancia de peso.

**Torettes:** pertenecen a éste grupo, aquellos novillos de levante que por sus características reproductivas y genéticas especiales, no son destinados para la ceba sino para la reproducción. Es la etapa anterior a la adultez, pero también se clasifican aquí, aquellos toros que no se encuentren en servicio.

**Toros:** éste grupo etario lo conforman aquellos torettes que alcanzan la edad adulta y se encuentran en servicio o son utilizados para extracción de semen y pajillas.

**Vacas Vacías Nuevas:** conformado por aquellas vacas que recién pasan a la edad adulta y que no han sido destinadas para la ceba. En ésta etapa las vacas permanecerán un período de tres (3) meses, haciendo apto su vientre para la gestación. El período de celo en una vaca vacía nuevo vientre, se presenta cada (21) días, momento en el cual, deben quedar preñadas, sea por inseminación artificial o por monta natural. De no presentarse un estado de preñez, la vaca será considerada como vaca problema, razón por la cual será utilizada para la ceba. En algunas ganaderías a las vacas nuevo vientre que no quedan preñadas la primera vez se les da una segunda oportunidad, pero en ganadería intensiva, se descartan inmediatamente o se llevan al engorde, considerando que anterior al

celo, la vaca se ha sometido a una serie de exámenes y se le han aplicado ciertos medicamentos para aumentar el porcentaje de efectividad de preñez.

**Vacas Preñadas:** el grupo de vacas preñadas viene a ser llenado por todas aquellas vacas vacías nuevas que pasan al estado de preñez. La gestación tiene una duración de nueve (9) meses, período durante el cual permanecen en éste grupo. Concluido este período, las vacas pasan a ser Vacas Vacías Paridas Lactantes y se suman al grupo de terneros(as) los nuevos Nacimientos. También aquí se han clasificado como Vacas Vacías Problema, aquellas que por alguna razón no han parido, han parido y perdido su cría, o luego del parto, han quedado con algunas secuelas que no permiten brindarle un normal desarrollo a un nuevo embrión. Por tal razón, las vacas vacías problema, son descartadas.

**Vacas Vacías en días de Descanso:** las vacas vacías paridas lactantes pasan a ésta etapa, cuya duración es de dos (2) meses, tiempo en el cual, las vacas se recuperan fisiológicamente y dejan apto su sistema reproductor para otra gestación. Durante éste ciclo las vacas se encuentran lactando todo el tiempo.

**Vacas Preñadas Lactantes:** las vacas en días de descanso recuperan sus características reproductivas al cabo de dos meses, tiempo durante el cual entran en período de celo y quedan nuevamente en gestación, aún produciendo leche. La duración de éste período se ha determinado en cinco (5) meses para el sistema de producción bovina intensiva doble propósito. Luego de estos cinco meses, las vacas preñadas lactantes se secan y van a sumarse al grupo de vacas preñadas.

En un sistema de producción bovina intensiva, se hace necesario optimizar los alimentos, mejorar constantemente las razas y aumentar la efectividad de preñez de las vacas. Lo primero se logra a través de la preparación y compra de suplementos con un alto contenido de proteínas y una excelente fuente de energía. Por otro lado, para ampliar el número de vacas preñadas, se

implementan procesos como la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

Con respecto al peso vivo para el cual la finca tiene capacidad, será manejado como constante y será el usuario quien suministre la cantidad de unidades gran ganado con los cuales desee simular. En el caso que la capacidad de carga sea mayor al peso vivo, se comprará la cantidad faltante de unidades animales necesarias para copar dicha capacidad. Si se presenta que la capacidad de carga es menor al peso vivo que se posee en determinado instante de tiempo, el propietario deberá descartar tantos animales correspondan a la sobrecarga que se tenga. También se han contemplado descartes en todos los grupos debido a factores como enfermedades, accidentes y no cumplimiento de los criterios de selección impuestos por el propietario.

### **3.1.2 Diagrama de Influencias del Prototipo 1**

Para iniciar la lectura del diagrama de influencias o causalidades del primer prototipo del Modelo de Simulación de Ganadería Bovina Intensiva, se parte de un número determinado de nacimientos que luego se divide en dos grupos etarios: terneros y terneras. Entre más veces ocurra el evento de nacimientos, mayor será el número de terneros(as).

Los terneros(as) crecen y se convierten en novillos(as) de levante. Luego de la etapa de levantes, una parte del grupo que conforma los novillos (machos) pasará al grupo etario de novillos en ceba y la parte restante conformará el grupo de toretes. Las novillas (hembras) se dividirán en dos grupos, el de novillas en ceba y el de vacas vacías nuevas. Entre más novillos(as) haya, mayor cantidad de animales para ceba, toretes y vacas vacías nuevas habrá. Algunas vacas vacías nuevas quedarán preñadas e irán a conformar el grupo de Prenas (vacas preñadas), mientras otras tantas serán destinadas para la ceba. Las vacas preñadas (Prenas) paren y pasan al grupo de vacas vacías lactantes en días de descanso (VVD\_Lac). Una vez terminada ésta etapa, las vacas en días de

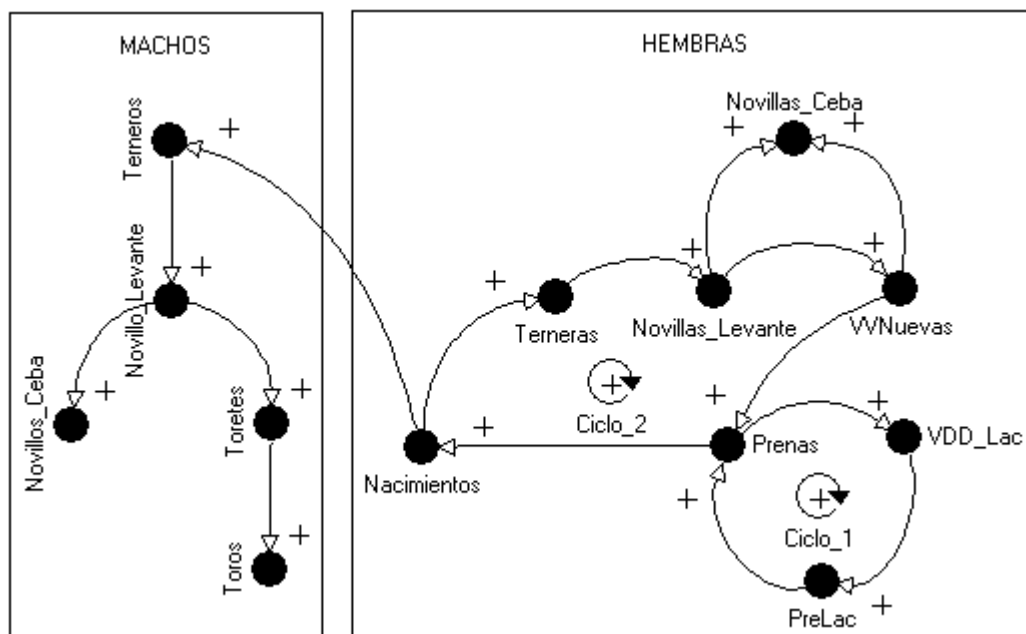
descanso quedan preñadas nuevamente, pasando a integrar el grupo de vacas preñadas lactantes (PreLac).

En el momento que una vaca preñada lactante deja de lactar, formará parte del grupo de vacas preñadas (no lactantes), estableciéndose un ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_1). Los nacimientos ocurridos luego de que una vaca preñada pare, aumentarán el número de nacimientos del sistema, conformándose así otro ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_2).

Por la rama de los machos, después que un torote alcanza su madurez, pasará al grupo de toros, etapa final de los machos.

La Figura 10 muestra en forma gráfica, lo anteriormente descrito:

Figura 10. Diagrama de Influencias del Prototipo 1



Fuente: Autores

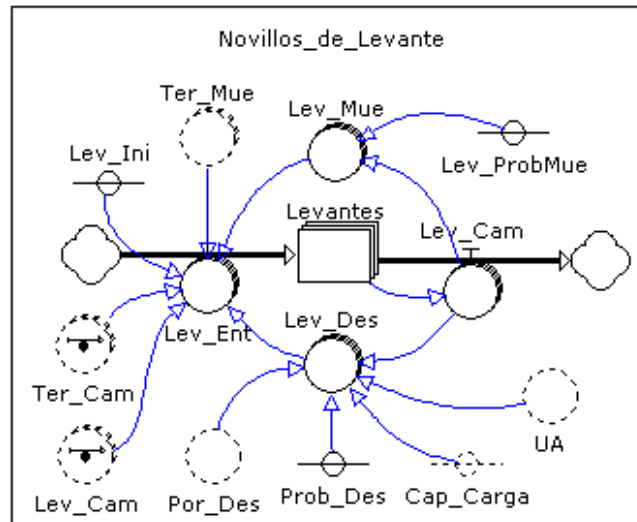
### 3.1.3 Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 1

“Muchos sistemas dinámicos incluyen variables de nivel cuyo material es por necesidad transferido a otro nivel o al exterior del sistema, transcurrido algún período. Cuando esto ocurre, los sectores funcionan de forma equivalente a una cinta transportadora, de forma que lo que entró en ellos (según el flujo de entrada) saldrá al cumplirse el tiempo que tarda ese proceso.”<sup>16</sup>

En el caso de la población bovina, esto se representa en la clasificación por edades. Los animales de la primera clase pasan a formar parte de la segunda al cabo de un tiempo (y así sucesivamente en las diferentes clases de edad).

La estructura utilizada para realizar el prototipo 1 (y los demás prototipos que contengan un componente demográfico) para el modelo de producción bovina intensiva doble propósito, se muestra en la siguiente figura:

Figura 11. Estructura General de los niveles etarios en Flujo – Nivel



Fuente: Autores.

<sup>16</sup> Grupo de Dinámica de Sistemas del Departamento de Ecología ECOLMET. Universidad Complutense de Madrid [En Línea]. Disponible en: <http://www.ucm.es/info/ecolmet/>

El manejo por etapas de los grupos etarios, al igual que los períodos que debe permanecer el animal en determinado nivel, las muertes y los descartes, recrean el proceso de una banda transportadora. La banda se ha representado, a través de la implementación de vectores, con los cuales se controla la edad del animal. Cada posición del vector, es un mes cumplido en determinada etapa.

En la figura 11 se observa la estructura en flujo-nivel del grupo etario novillos de levante. Como se describió en el lenguaje en prosa, el período de levantes tiene una duración de tres meses. Por tanto, se asumen tres posiciones para este nivel, al igual que para los flujos de entrada y salida del mismo. Cada posición del vector consiste en un mes, cada vez que el animal sume un mes a su edad, el flujo de salida llega al flujo de entrada y se iteran éstas llegadas hasta cumplir con el tiempo requerido por la etapa.

Por ejemplo, en el caso de novillos de levante, el nivel es un vector de tres posiciones, al igual que sus flujos de entrada y salida. La salida Lev\_Cam, llega a la entrada Lev\_Ent, en dos ocasiones, es decir, llega la primera y segunda posición del flujo de salida. La tercera posición ya no llegará a la entrada Lev\_Ent, sino que llenará el siguiente nivel etario, que para el caso será ceba o toretes.

Si inicialmente se tienen novillos de levante en la finca, estos se controlan a través del parámetro Lev\_Ini. Si no hay levantes al iniciar, la entrada al flujo Lev\_Ent estará dada por aquellos animales que cumplen el ciclo anterior a levantes (terneros) y que cumplen con la edad, peso y características genéticas estipuladas por el propietario, para sumarse al nivel de novillos de levante.

Las muertes y los descartes, son tomados del cambio en determinada posición y multiplicados por una probabilidad de muerte o descarte. Se ha realizado de ésta forma, teniendo en cuenta que el software Evolución 4.1 evalúa primero la salida a través del flujo, para posteriormente hallar las muertes y los descartes basándose en dicha salida.

El prototipo demográfico de un sistema de producción bovina intensiva, realiza los descartes basándose en un porcentaje que se obtiene al dividir la diferencia entre la cantidad de animales de la finca menos la capacidad de carga de ésta, sobre la cantidad de animales de la finca. Si ésta diferencia es negativa, indica que la capacidad de carga es mayor que los animales que se tienen en determinado tiempo, por lo tanto, no habrá necesidad de incurrir en descartes, caso contrario, se procederá a descartar una cantidad de animales equivalentes al porcentaje obtenido.

Como limitante al utilizar esta estructura en lenguaje flujo – nivel, se ha encontrado que no es posible controlar los celos de las vacas en períodos de 21 días, ya que la unidad más pequeña es un vector de una posición, equivalente a un mes. Por tal razón, una vaca vacía nueva entrará en período de celo cada mes y estará representado por la última posición de el flujo de salida de éste nivel etario.

La cantidad total de animales en la finca, se obtiene al sumar todos los niveles etarios.

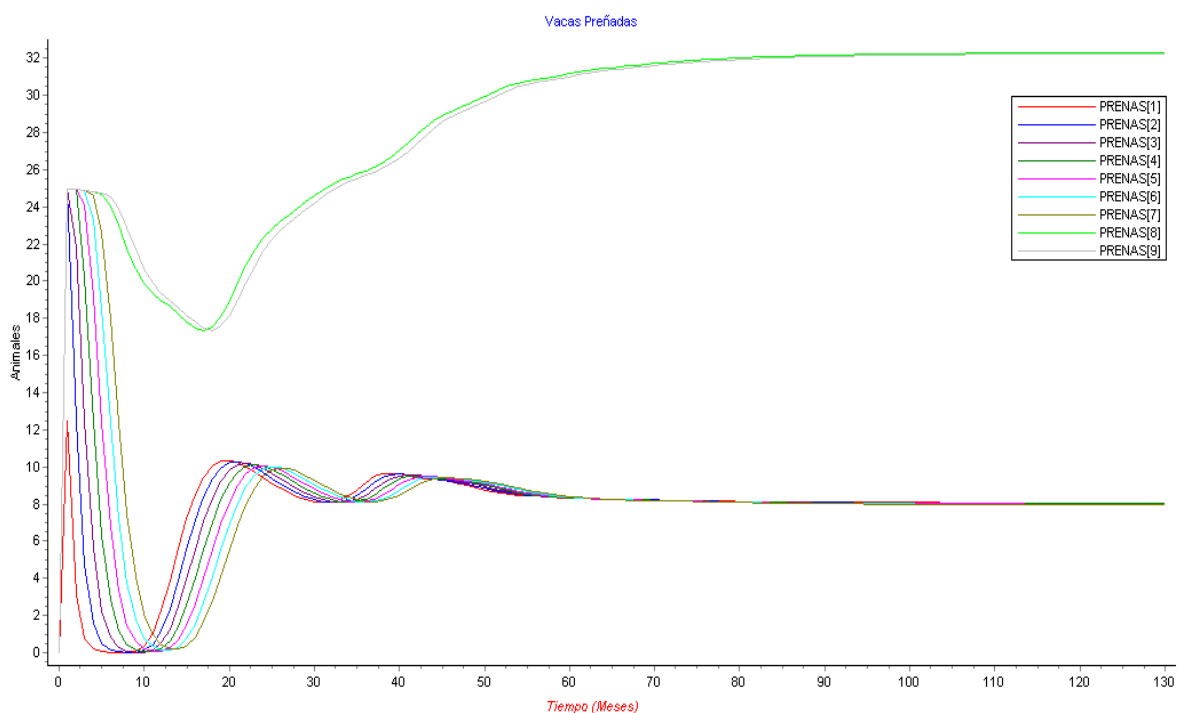
La capacidad de carga se ha tomado como un parámetro el cual es posible modificar para obtener distintos escenarios del prototipo.

#### **3.1.4 Lenguaje de Comportamientos Prototipo 1**

Acorde a las gráficas que se muestran a continuación, el comportamiento demográfico en general es amortiguado, indicando al principio de la simulación, un crecimiento en el tiempo, pero luego de llegar a la capacidad máxima de carga que posee la finca, se procede al descarte de animales. Se descarta cierta cantidad de animales, la población vuelve a crecer hasta estabilizarse y luego permanece constante durante un período de tiempo, en un valor óptimo para el sistema de producción. Para el modelo, el tiempo se ha estimado en un período de 10 años, equivalentes a 120 meses.

## Comportamiento del Nivel Vacas Preñadas

Figura 12. Comportamiento del Nivel Vacas Preñadas en el Prototipo 1.



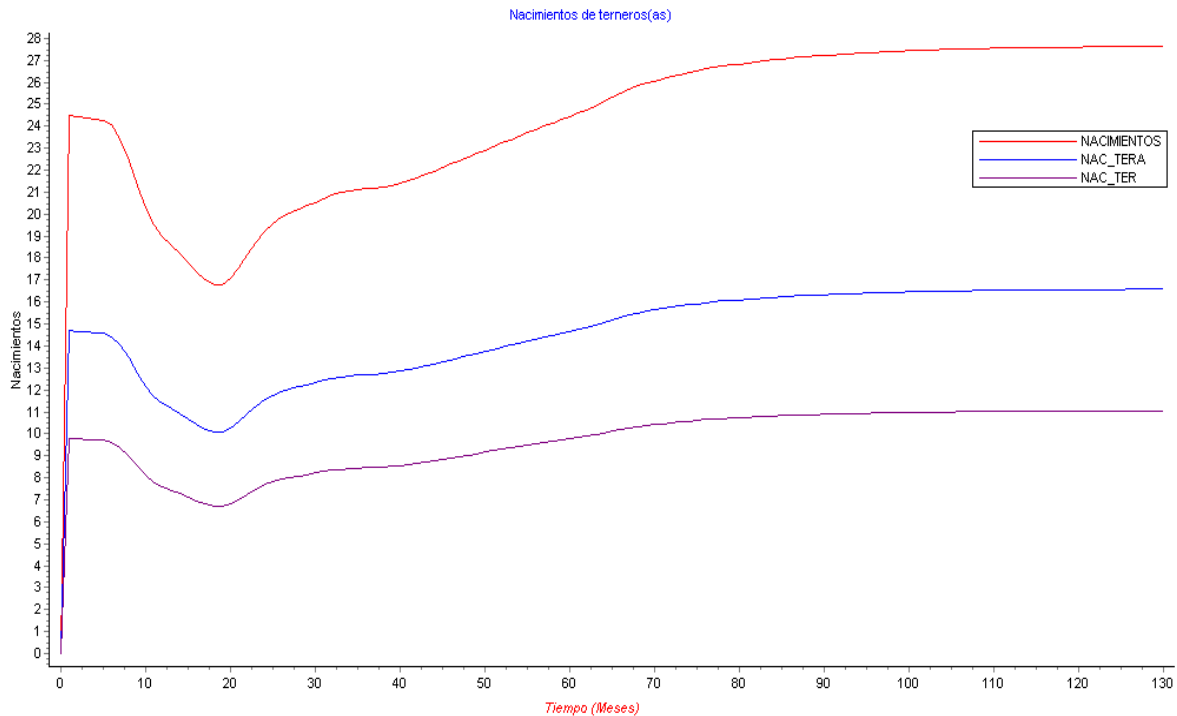
Fuente: Autores

La gráfica del nivel vacas preñadas (Prenas [Animales]) del primer prototipo, muestra al inicio de la simulación, un comportamiento amortiguado en todas las posiciones. Esto es debido a la capacidad de carga asumida. La entrada a la segunda posición del nivel, equivalente al segundo mes de gestación, depende de las vacas preñadas en el primer mes; las del tercer mes, dependen de las del segundo y así sucesivamente hasta el noveno mes.

El cambio significativo entre el octavo y noveno mes de preñez y los otros siete meses (curva color verde en la figura anterior), se debe a que a estas posiciones están llegando también, aquellas vacas preñadas que se encuentran en el nivel de vacas preñadas lactantes, pero que dos meses antes de parir, no seguirán siendo productoras de leche.

## Comportamiento de los nacimientos de terneros y terneras

Figura 13. Comportamiento de nacimientos en un sistema Doble Propósito

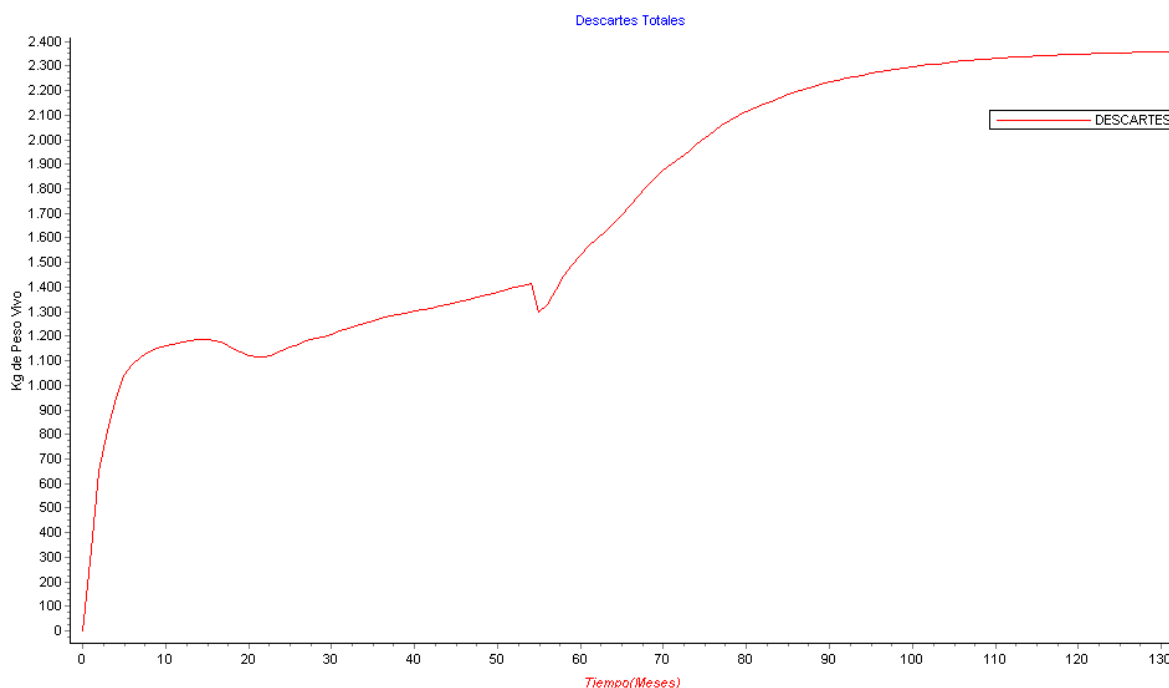


Fuente: Autores

La gráfica de nacimientos de terneras, nacimientos de terneros y total de nacimientos, muestra el comportamiento amortiguado y luego un crecimiento moderado de la población, hasta llegar a estabilizarse en concordancia con la capacidad de carga asumida, comportamiento también obtenidos en los resultados gráficos de la simulación del nivel de vacas preñadas. Los porcentajes otorgados en este escenario para los nacimientos de terneros y terneras, fueron del 40 y 60% respectivamente. Se simuló la dinámica de nacimientos, para un período de 120 meses.

## Comportamiento de los Descartes en el Prototipo 1.

Figura 14. Comportamiento de los Descartes en el Prototipo 1.



Fuente: Autores.

La gráfica del nivel Descartes, muestra resultados esperados luego de analizados los niveles etarios de vacas preñadas y de nacimientos del componente demográfico. Al inicio de la simulación, se observa un crecimiento rápido, lo que indica que deben descartarse cantidades determinadas de kilogramos de peso vivo, acordes a la capacidad de carga que posee la finca. Luego continúa creciendo levemente, hasta cumplido cierto tiempo, instante en el cual se estabiliza, concordando con el momento en el que también se han estabilizado los nacimientos y los demás niveles poblacionales del prototipo.

## 3.2 PROTOTIPO 2: CEBA INTENSIVA DEMOGRÁFICO Y FINANCIERO

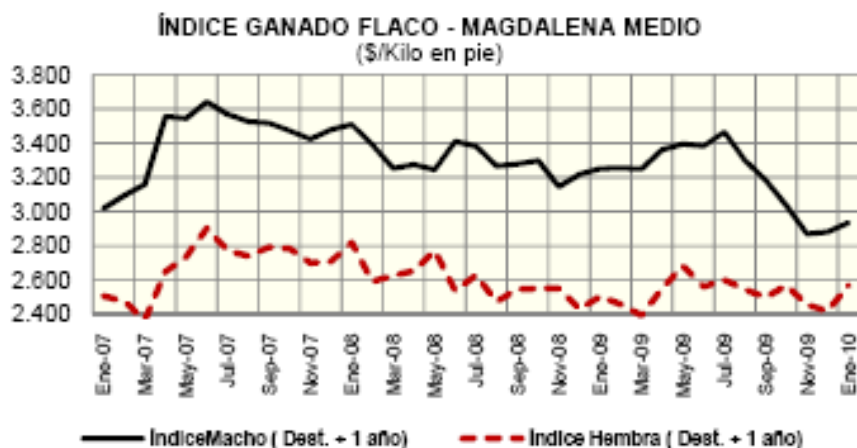
En este prototipo se modelan las características demográficas y financieras de un sistema de producción de ganadería bovina dedicado a la ceba intensiva, comenzando con una capacidad de carga constante. La ganancia de peso es el eje de éste sistema de producción.

### 3.2.1 Lenguaje de Prosa del Prototipo 2

El razonamiento utilizado para la realización del prototipo, se basa en cómo funciona la ceba. Los animales, cuya raza ha de ser apta para el engorde, se ceban hasta alcanzar un peso adecuado, el cual se ha establecido en 450 Kg, dado que es el estándar utilizado comercialmente y para conversión del peso vivo en unidad animal o unidad gran ganado (UA ó UGG).

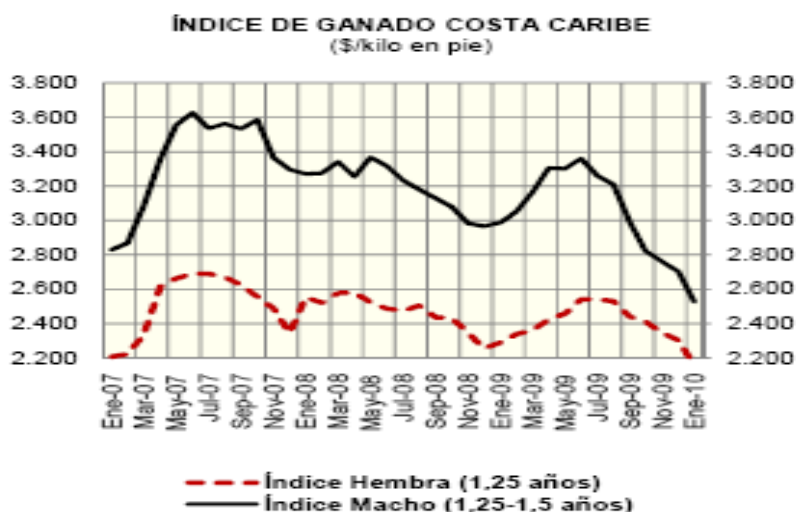
En un sistema de producción intensiva de carne, es de poca rentabilidad cebar hembras, a pesar de que al principio, la ganancia de peso en hembras es mayor que en los machos, pero finalmente son éstos últimos quienes alcanzan un mayor pesaje. Además, los precios en el mercado son en la mayoría de los casos, favorables a los machos, como se puede evidenciar en las siguientes gráficas:

Figura 15. Índice ganado flaco en el Magdalena Medio.



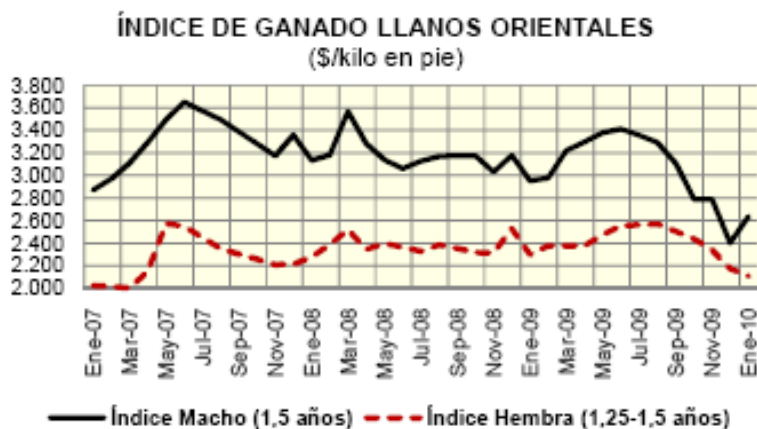
Fuente: DANE – Sistema de Información Ganadero SIGA – FEDEGÁN

Figura 16. Índice ganado Costa Caribe.



Fuente: DANE – Sistema de Información Ganadero SIGA – FEDEGÁN

Figura 17. Índice ganado Llanos Orientales.



Fuente: DANE – Sistema de Información Ganadero SIGA – FEDEGÁN

Por las razones expuestas en el párrafo anterior, se ha decidido no contemplar hembras en el prototipo de ceba, lo que impide que en el sistema haya nacimientos, por tal razón, al iniciar éste prototipo, el primer parámetro en tomar en cuenta será los animales que se compren para luego engordar.

Inicialmente se compran novillos de levante recién salidos de la etapa de terneros, los cuales deben tener un peso de 250 Kg. En éste grupo etario, los novillos permanecerán dos (2) meses, durante los cuales es probable la ocurrencia de eventos como las muertes y los descartes de algunos animales. Culminado éste período, los novillos tendrán un peso de 320 Kg, momento en el cual pasarán a llenar el grupo de novillos en ceba superintensiva.

Para el prototipo 2, el grupo etario de novillos en ceba, contempla un período de dos (2) meses, durante los cuales el animal ganará el peso faltante hasta completar los 450 Kg, peso requerido para vender el animal. Alcanzado éste peso se procede a su venta, lo que proporciona nuevamente espacio dentro de la capacidad de carga y permite que se realicen nuevas compras.

Se iniciará la capacidad de carga con un valor constante, realizándose las compras de animales acordes a la cantidad de UA que se requieran para completar dicha capacidad. En el caso en que la finca posea un peso vivo superior a su capacidad de carga, se procederá a descartar el peso sobrante.

Los ingresos de capital al sistema, están representados por las ventas de animales cebados y por los descartes realizados en cualquier instante de tiempo, ya sea por alimento o por razones accidentales o inherentes al negocio, contempladas dentro de una probabilidad de descarte que ha sido parametrizada. Los egresos están dados por todos los costos de personal, mano de obra calificada, producción de forrajes, sanidad, servicios profesionales y por compras de levantes en el momento que se tenga capacidad de carga mayor a los animales que se poseen.

Al realizar la diferencia entre los ingresos y los egresos de la finca, se obtienen las utilidades que brinda la ceba intensiva. Se espera que los primeros meses de implantado éste sistema de producción, se obtengan resultados negativos en las utilidades, lo que representa la inversión inicial que deberá realizar quien implante

un sistema de producción intensiva de carne. Después de determinado período de tiempo, dicha inversión se recupera y las utilidades crecerán.

A través del diagrama de influencias que se muestra a continuación, podrá observarse en forma clara y concisa, lo expresado en lenguaje prosa.

### **3.2.2 Diagrama de Influencias del Prototipo 2**

El segundo prototipo del modelo de ganadería bovina intensiva, está dedicado a un sistema de ceba y sus relaciones entre la demografía, productividad y economía.

El diagrama de causalidad se inicia con la variable Compras del componente demográfico. A mayores compras realizadas, más novillos de levantes y mayor será el número de novillos cebados que luego se venderán. Se observa aquí el primer ciclo de realimentación positiva.

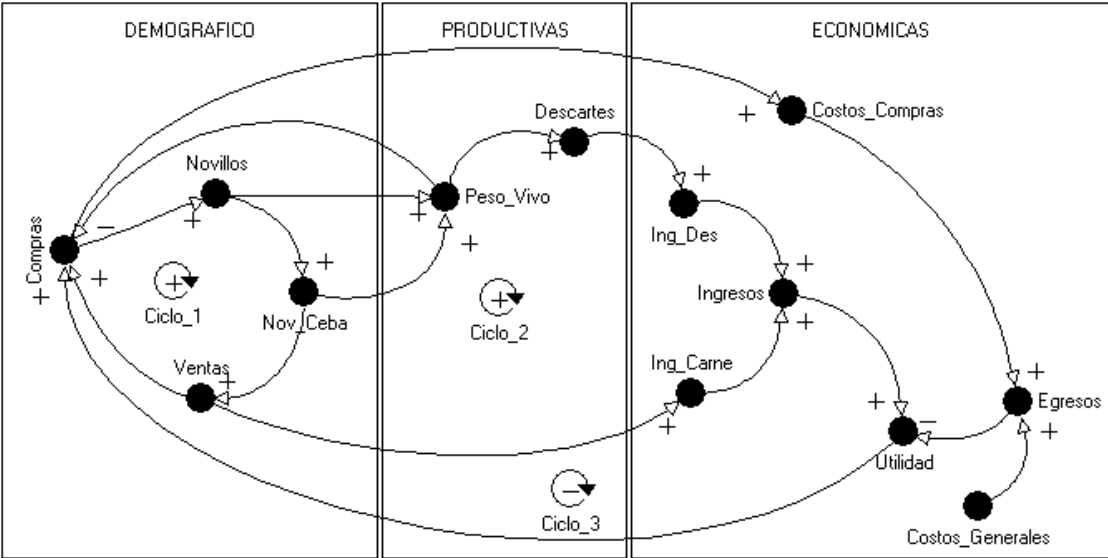
Por otro lado, a mayor número de compras, aumentarán los costos ocasionados por las mismas y por ende, serán mayores los egresos. A un mayor egreso una menor utilidad. Mientras más utilidad se tenga más compras se podrán realizar, pero si esta utilidad se ve disminuida por los egresos, se contará con menos capital para inversión en novillos de levante, mostrándose aquí el segundo ciclo de que se presenta como un ciclo de realimentación negativo (Ciclo\_3).

De acuerdo a la cantidad de novillos de levante y novillos en ceba que se tengan, también será el peso vivo que se tenga en la finca, la relación es directamente proporcional, entre más animales (novillos de levante y novillos en ceba) se tenga, mayor peso vivo poseerá la finca. Si el peso vivo de la finca crece, también crecerá el número de descartes que se deban realizar, obteniendo así más ingresos por descartes, que se verán representados en mayores ingresos totales. A mayores ingresos, mayor utilidad y a mayor utilidad un número mayor de

compras de novillos de levantes. Esto se representa a través de un ciclo de realimentación positivo (Ciclo\_3).

Lo anteriormente expresado, puede visualizarse en la figura mostrada a continuación, correspondiente al diagrama de influencias del sistema de ceba intensiva.

Figura 18. Diagrama de Influencias del Prototipo 2.

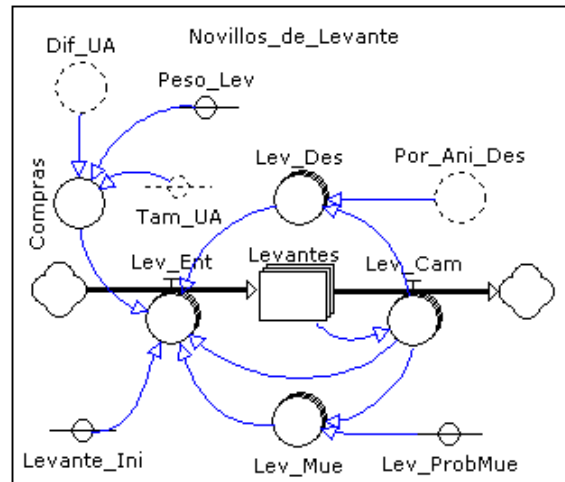


Fuente: Autores

**3.2.3 Lenguaje de Flujo Nivel del Prototipo 2**

Para el control de la población en el Prototipo 2, también se utiliza la estructura en flujo–nivel implementada en el componente demográfico del Prototipo 1. El sistema de producción de ceba intensiva, no contempla nacimientos, por tanto la entrada inicial está dada por la variable Levante\_Ini y por los levantes que se compran, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 19. Nivel etario de Novillos en Ceba Intensiva



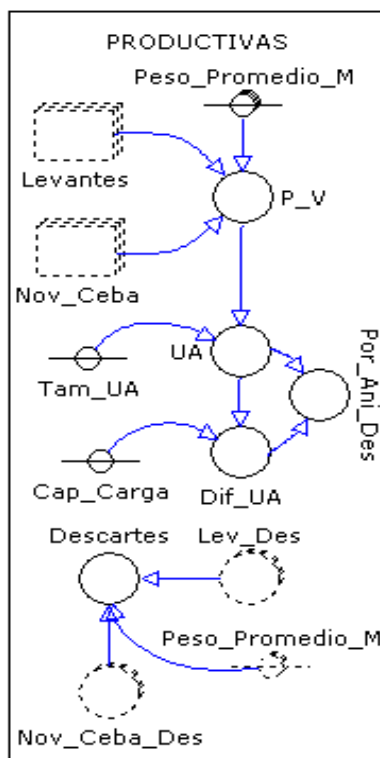
Fuente: Autores

El manejo de vectores es el mismo utilizado en el Prototipo 1, cada posición de un vector, significa un mes o período de estancia en determinado nivel. Las muertes son también realizadas en base a una probabilidad de muerte y pueden ocurrir en cualquier instante de tiempo.

Los novillos permanecen durante dos (2) meses en el nivel Novillos de levante, luego, la última posición del flujo Lev\_Cam, es llevada al flujo de entrada Nov\_Ceba\_Ent, el cual llena el nivel etario Novillos en Ceba (Nov\_Ceba), donde permanecen cuatro (4) meses, hasta alcanzar un peso óptimo establecido en 450 Kg.

La productividad del sistema de ceba intensiva, está representada en el peso vivo que posee la finca. Acorde a la capacidad de carga, el propietario deberá descartar o no animales. Las variables productivas se muestran a continuación:

Figura 20. Variables Productivas Prototipo 2.



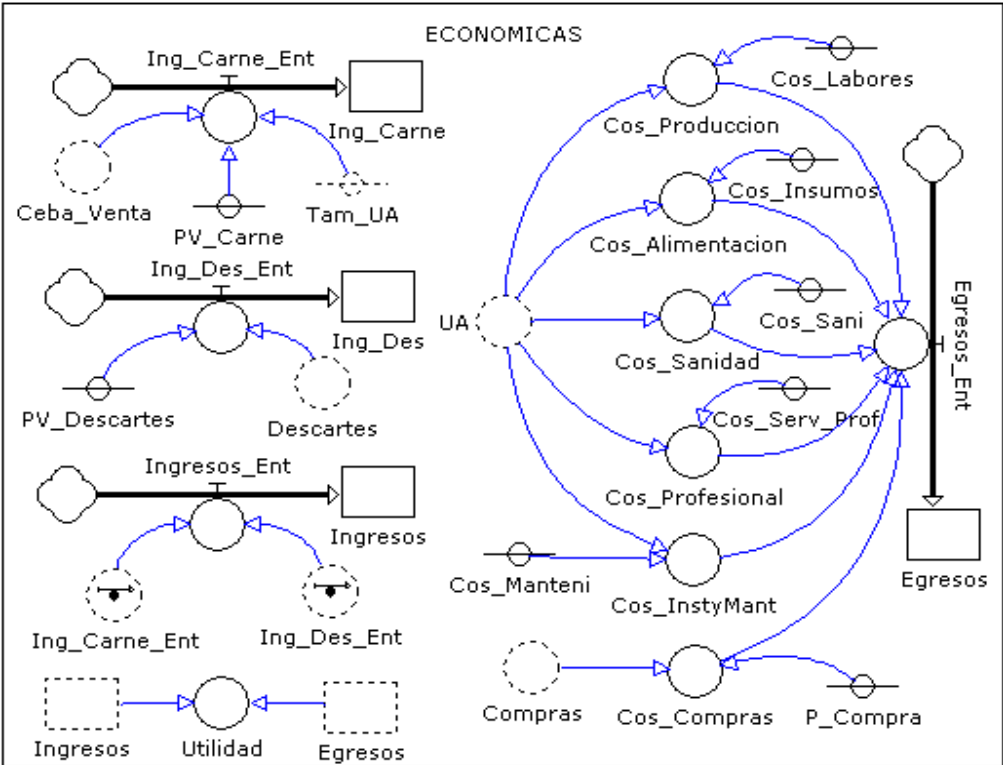
Fuente: Autores

Al alcanzar los 450 Kg, los novillos cebados son vendidos, representando el mayor abono a los ingresos en el sistema. Por otro lado, los descartes, realizados por exceso de carga animal o por razones inherentes al negocio, también se adicionan al sistema pero con una menor participación en los ingresos. Ambos ingresos al sumarse darán lugar a los ingresos totales.

Los egresos en cambio, están representados por los costos de producción de forrajes, alimentación y suplementos, insumos, mano de obra, servicios profesionales, entre otros costos acarreados por el sistema. Pero la mayor contribución a los egresos, está dada por las Compras de levantes, realizadas a medida que los novillos cebados se van vendiendo.

La diferencia entre ingresos y egresos, representa la utilidad del sistema. Se muestra a continuación, el sector que agrupa las variables económicas del modelo en el lenguaje de flujo-nivel:

Figura 21. Variables Económicas Prototipo 2.



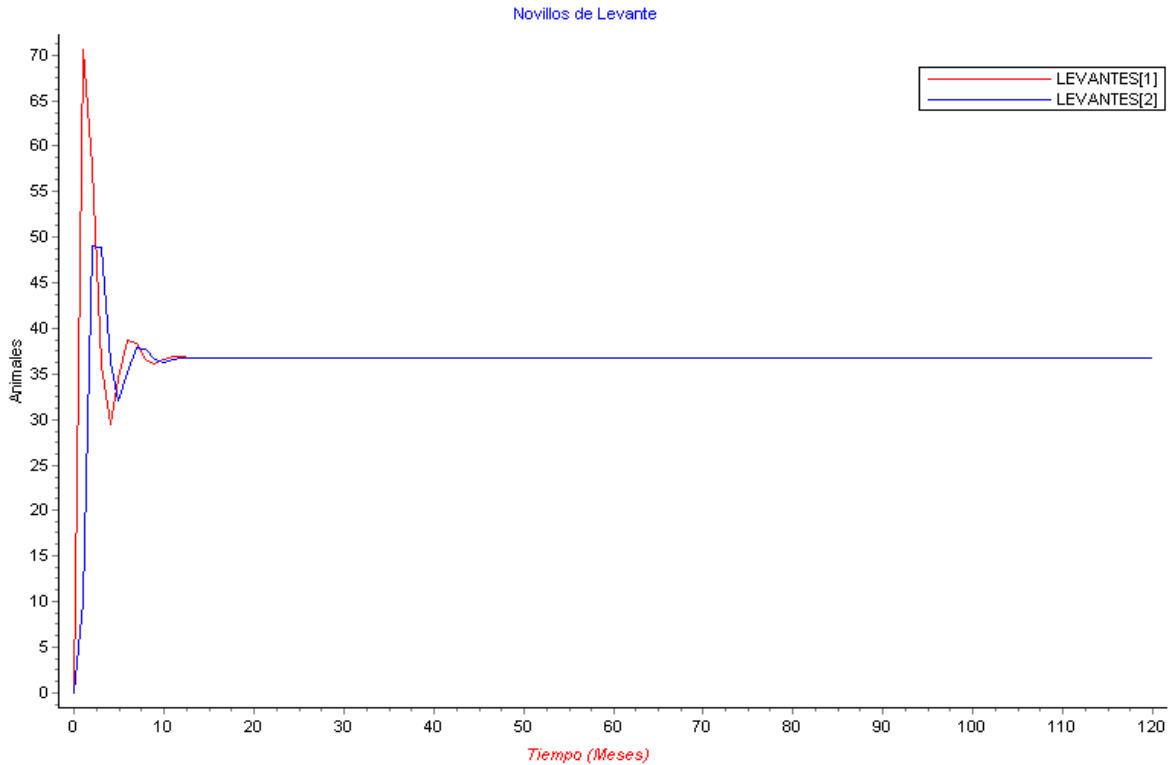
Fuente: Autores.

**3.2.4 Lenguaje de Comportamientos Prototipo 2.**

Al mantenerse la misma estructura de flujo nivel utilizada en el Prototipo 1, se espera que los comportamientos de los niveles etarios sean muy similares. Lo anterior, se puede corroborar en las gráficas que se muestran a continuación.

## Comportamiento del Nivel Etario Novillos de Levante del Prototipo 2.

Figura 22. Comportamiento de los Novillos de Levante del Prototipo 2.

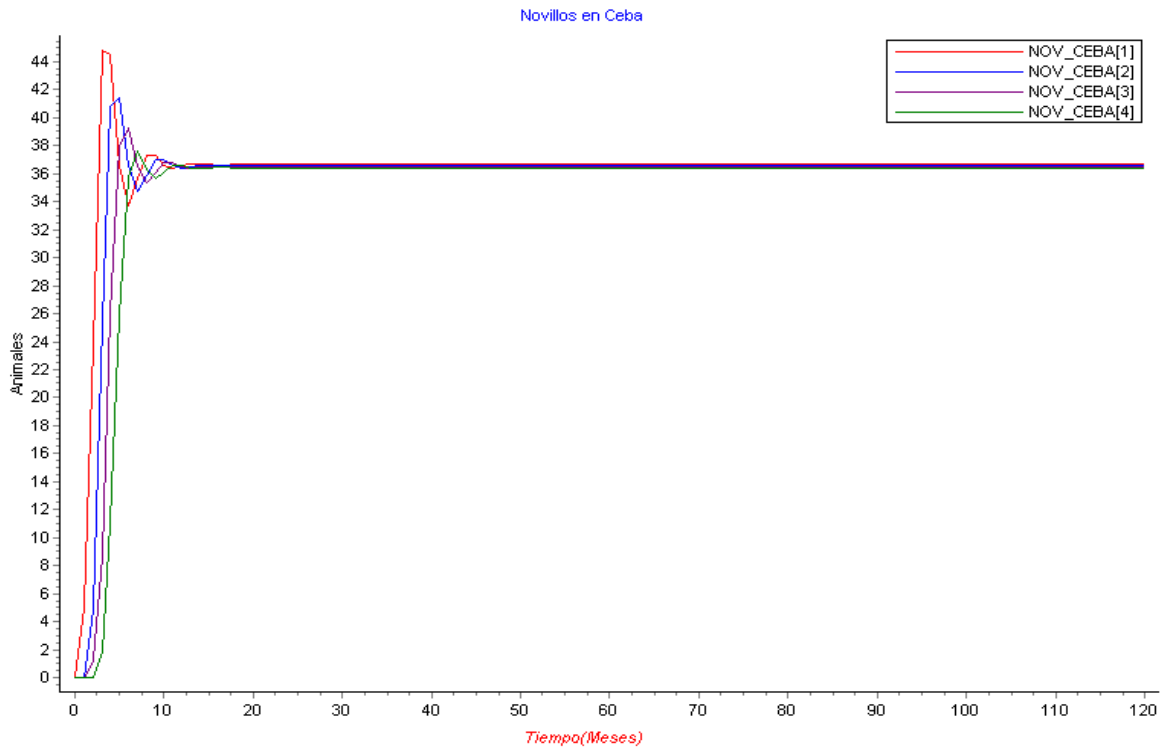


Fuente: Autores.

Al mantenerse la misma estructura de flujo nivel utilizada en el Prototipo 1, se espera que los comportamientos de los niveles etarios sean muy similares. Esto se puede corroborar a través de la gráfica anterior, en la que se ha simulado el nivel etario de Novillos de Levante, en un sistema de producción bovina dedicado a la ceba intensiva.

## Comportamiento del Nivel Etario Novillos en Ceba del Prototipo 2.

Figura 23. Comportamiento de los Novillos en Ceba del Prototipo 2.

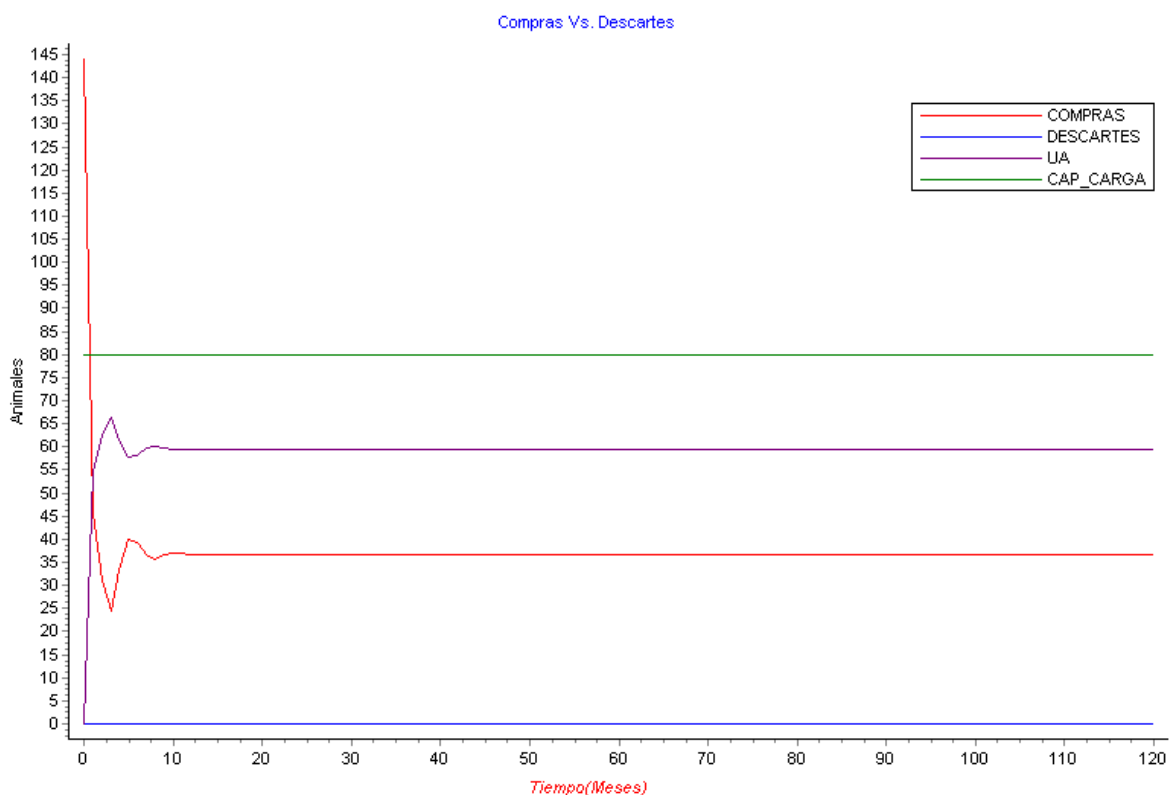


Fuente: Autores.

En cuanto al nivel etario de Novillos en Ceba, muestra el mismo comportamiento que se ha venido observando en todos los niveles que describen componentes demográficos. Los novillos en ceba de la primera posición, son luego los que conforman la posición dos y así sucesivamente hasta la última posición. La población de novillos de forma notable al inicio, después de un corto período decrece un poco. Este crecimiento y decrecimiento se presenta nuevamente hasta estabilizarse.

## Comportamiento de Compras y Descartes acordes a la Capacidad de Carga

Figura 24. Comportamiento de Compras y Descartes, Prototipo 2.

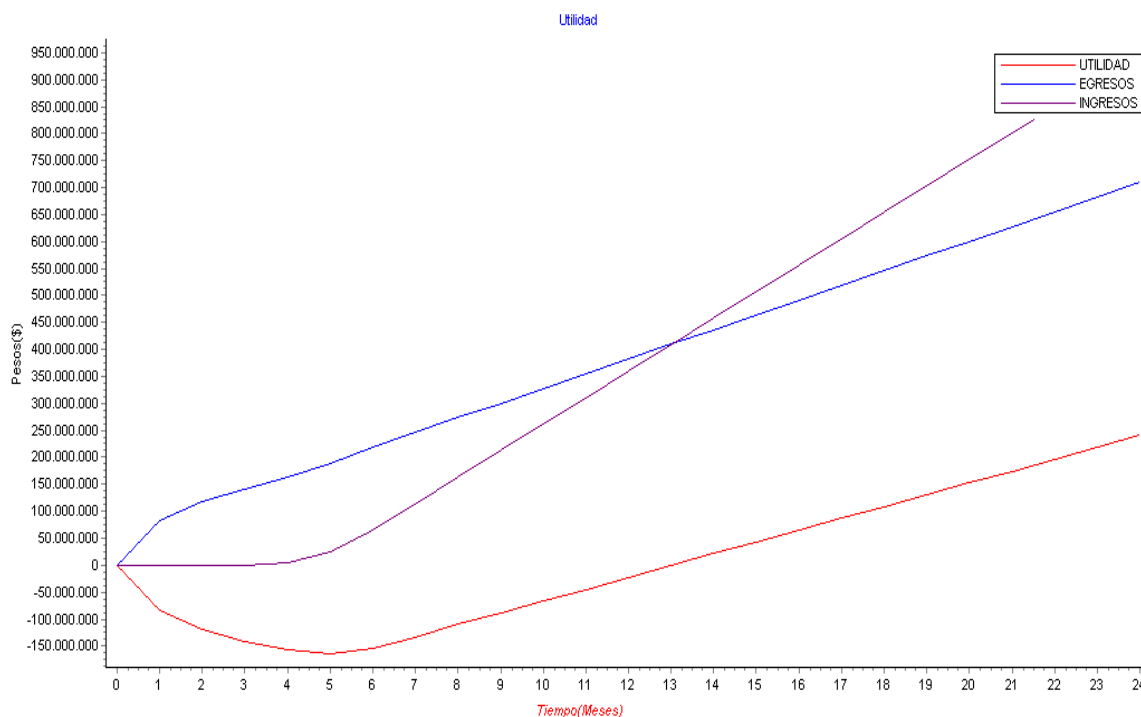


Fuente: Autores.

Al iniciar la simulación el sistema de ceba intensiva compra animales, los cuales serán cebados durante un período de tiempo. Transcurrido dicho período, se procede a vender aquellos animales que han alcanzado el peso requerido, estipulado en los 450 Kg de peso vivo. El sistema se estabiliza luego de transcurrido un período aproximado de doce (12) meses, debido a que se compran animales proporcionales a las ventas que se realizan y acorde a la capacidad de carga estipulada para este escenario.

## Comportamiento de Ingresos, Egresos y Utilidades

Figura 25. Comportamiento de las utilidades, Prototipo 2.



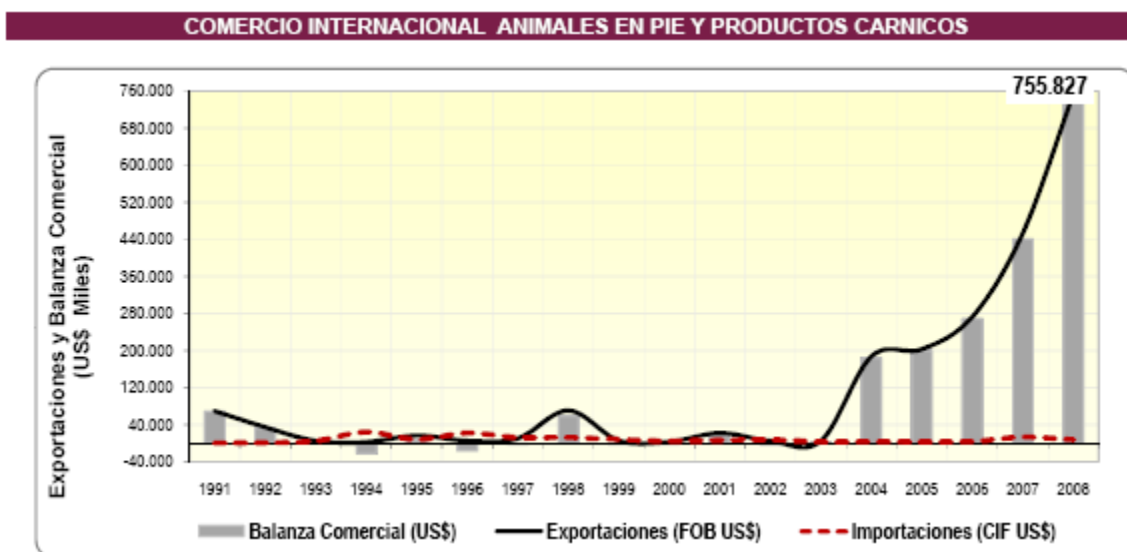
Fuente: Autores.

En la gráfica de utilidad del sistema de ceba intensiva, se obtienen los resultados esperados, acordes a los datos encontrados sobre sistemas de producción bovina con alto grado de tecnología implementada. Al principio, la gráfica muestra un comportamiento decreciente, llegando a observarse algunos valores negativos, los cuales representan la inversión inicial que se debe realizar. También se puede observar que durante un período de cuatro meses, el sistema no obtiene ingresos. Después de algunos meses, se observa la recuperación de ésta inversión y cómo el sistema va generando utilidades.

En el intervalo entre los dieciséis (16) y diecisiete (17) meses, se puede observar el punto de equilibrio entre ingresos y egresos, en dicho instante la utilidad es cero, es decir, el sistema no está produciendo ni pérdidas, ni ganancias.

La siguiente gráfica evidencia como han aumentado los ingresos por exportaciones a medida que se tecnifican las fincas productoras de ganado bovino y como con el paso de los años, la curva de importaciones se ha mantenido casi constante.

Figura 26. Exportaciones e importaciones de bovinos.



Fuente: DANE y DIAN, Cálculos realizados por la Oficina de Planeación de FEDEGAN.

### **3.3 PROTOTIPO 3: LECHERÍA INTENSIVA DEMOGRÁFICO Y FINANCIERO**

El Prototipo 3 del modelo de ganadería bovina intensiva, considera la producción de leche y la influencia del comportamiento demográfico en dicha producción. También se busca determinar el estado financiero del sistema, en términos de ingresos, egresos y utilidades.

#### **3.3.1 Lenguaje en Prosa del Prototipo 3**

En la producción intensiva de leche, los machos son descartados al momento de nacer, debido a que son las hembras quienes darán rentabilidad al sistema por ser las productoras de leche.

El prototipo 3 retoma lo considerado en el Prototipo 1 (Demografía Doble Propósito), con la diferencia, que sólo se tendrán en cuenta los niveles etarios que contemplan hembras bovinas. Además, aparecen niveles etarios como las vacas donadoras y receptoras.

De acuerdo a lo anterior, los niveles etarios que se manejan en éste prototipo son los siguientes:

1. Terneras
2. Novillas
3. Novillas Élite
4. Vacas Vacías Nuevas
5. Receptoras
6. Donadoras
7. Vacas Preñadas
8. Vacas Vacías en Descanso
9. Receptoras Vacías en Descanso
10. Vacas Preñadas Lactantes

En el sistema de producción intensiva de leche, tan pronto como se presente un nacimiento de ternera, se realiza una selección de aquellos animales que deben continuar con el ciclo normal, considerando los criterios de genética y peso.

Luego de transcurridos los siete (7) meses en la etapa de terneras y ya habiéndose realizado un proceso estricto de selección, un pequeño porcentaje de terneras que además del peso óptimo poseen características reproductivas y genéticas valiosas, pasarán a llenar el nivel de Novillas Élite. El resto, llegarán a la etapa de Novillas.

Las novillas élite serán las que vengán a conformar, luego de un período de tres (3) meses, el grupo de donadoras, mientras que las novillas normales, se dividirán en dos grupos, el de vacas vacías nuevas con vientres aptos y el de vacas receptoras. Esta clasificación se hará en base al tamaño y peso de las novillas.

Dentro de las vacas donadoras se pueden encontrar, todas aquellas vacas que dejan de ser novillas y pasan a la edad adulta, pero que a su vez, poseen una alta genética y características reproductivas especiales. Las vacas donadoras son utilizadas para fecundación de sus óvulos, a través de la inseminación artificial o monta natural con toros de raza.

En ganadería bovina intensiva, el celo de las vacas donadoras es generalmente inducido a través del suministro de hormonas, en especial, la denominada gonadotropina, la cual tiene como objetivo principal producir un gran número de óvulos, de tal forma que al ser sometida a una inseminación artificial, se obtenga el máximo número posible de embriones transferibles. La técnica de producir ovulaciones múltiples es conocida como “multiovulación o superovulación”.

Las vacas donadoras son las más costosas en un sistema de producción bovina intensiva y en algunos sistemas, sus óvulos son extraídos sin fecundar, sometidos

a congelación y vendidos a un excelente precio a fincas cuyo objetivo sea mejorar la genética.

Las vacas receptoras, son seleccionadas a partir de sus características fisiológicas y reproductivas, a través de la realización de revisiones ováricas, que garanticen al embrión un ambiente adecuado para su desarrollo. Su rol, es llevar en su vientre los embriones que se extraen a las donadoras, hasta el momento del nacimiento de la nueva cría. En sistemas de producción bovina intensiva, las receptoras son sometidas a un estricto programa de detección del estro, que utiliza formas sencillas de identificación. Al presentarse el celo, las receptoras serán llevadas a un proceso de sincronización, junto con las donadoras preñadas.

La sincronización, es el proceso mediante el cual a una vaca donadora cuyos óvulos han sido fecundados por inseminación artificial (o por monta natural), le es extraído el embrión y llevado posteriormente al vientre de una vaca receptora que debe encontrarse en período de celo. De la efectividad de la sincronización, depende que las vacas receptoras sean luego vacas preñadas. El modelo asumirá que las vacas donadoras que llegan a la sincronización en estado de gestación, siempre saldrán vacías, debido a que los embriones serán extraídos, sea para colocarlos en el vientre de las receptoras o para ser congelados y vendidos a continuación.

La eficiencia en la productividad de leche por parte de las vacas lactantes que posea la finca, está íntimamente relacionada con los siguientes aspectos:

- Raza.
- Alimentación con pastos y suplementada.
- Períodos de lactancia.
- Cantidad de partos.

Para lograr una alta efectividad en la producción lechera intensiva, deberá realizarse una inserción considerable de capital, el cual servirá para cubrir los

costos que acarrea el sostenimiento del sistema, como lo son: pastos, insumos, servicios públicos, sanidad, mano de obra y servicios profesionales, así como las compras iniciales de animales y la compras realizadas cuando la capacidad de carga de la finca sea mayor al peso vivo que se posee en determinado momento.

Los ingresos al sistema están representados por la venta de leche (litros) producida por las vacas en periodo lactante, los descartes de machos recién nacidos, la venta de embriones extraídos a las vacas donadoras y la venta de animales de descarte, sean por capacidad de carga o por razones accidentales, enfermedad u otras.

La utilidad resulta de la diferencia entre los ingresos y los egresos, generándose una ganancia o pérdida. Los valores negativos que se esperan al principio de la simulación, contemplan la inversión inicial que debe realizar el productor para que su sistema intensivo prospere.

### **3.3.2 Diagrama de Influencias del Prototipo 3**

Al igual que en el primer prototipo, se inicia el diagrama de causalidades con los nacimientos de terneros(as). Los terneros que nacen son inmediatamente vendidos, pues no resulta rentable para un sistema de producción lechera, incurrir en costos para bienestar de los machos. Entre más nacimientos de terneros se presentan, mayores son las ventas y mayores los ingresos recibidos, que contribuyen a que también se incremente la utilidad.

Por el lado de las terneras, estas se dividen en dos: las novillas y las novillas élite. Entre más nacimientos de terneras se produzcan, también habrá más integrantes de estos subgrupos. Las novillas son subdividas en vacas vacías nuevas y vacas receptoras. A mayor número de vacas vacías nuevas, más vacas preñadas, luego estas vacas preñadas paren y pasan a conformar el grupo etario de vacas vacías lactantes en días de descanso. Al terminar el período de descanso, las vacas que allí se encontraban pasan a estar preñadas lactantes. Transcurridos algunos

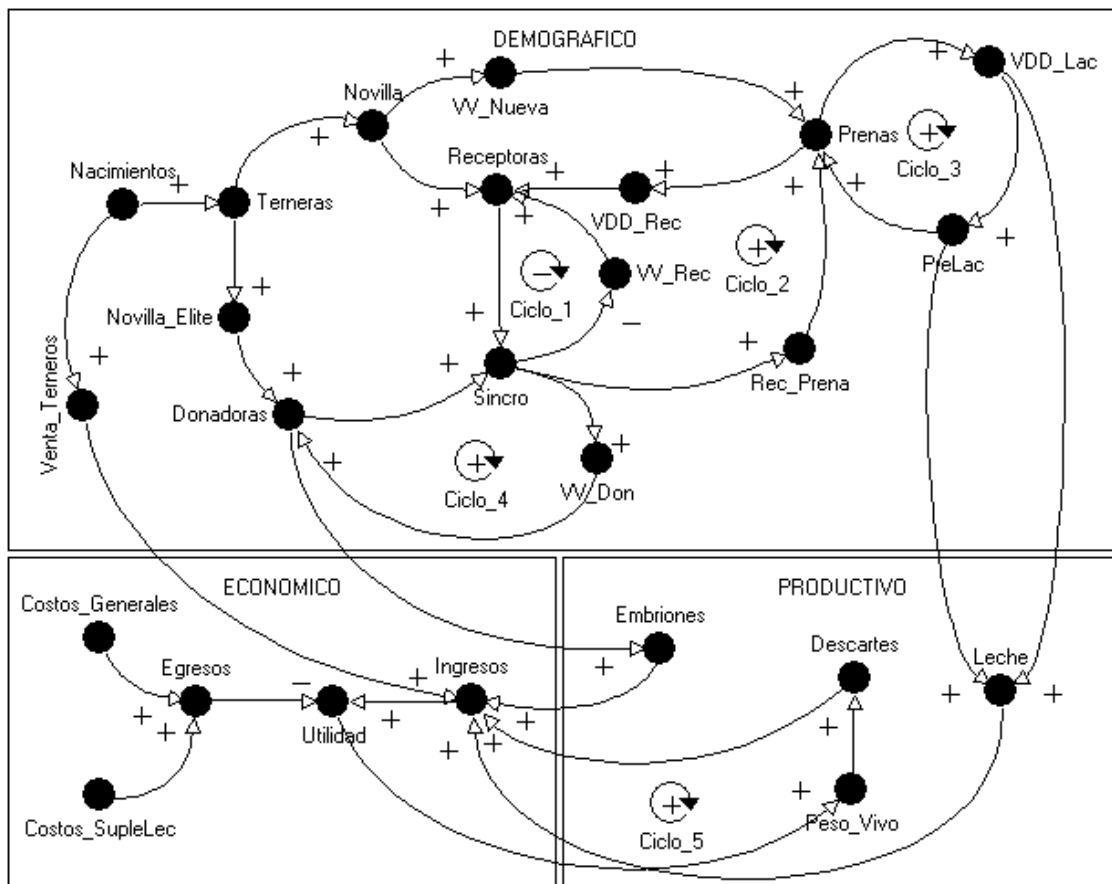
meses las vacas preñadas lactantes son secadas y pasan a ser preñadas sin lactar, formándose aquí un ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_3).

Mientras tanto, las vacas receptoras van al proceso de sincronización, a donde también llegan las vacas donadoras que se encuentran en gestación. En la sincronización se realiza la transferencia de embriones, los cuales son extraídos de la donadora y puestos en el útero de las receptoras o congelados para ventas posteriores. A mayor número de receptoras y donadoras que lleguen a la sincronización, mayor será el número de receptoras que queden preñadas y estas se sumarán también al grupo de vacas preñadas. Aquellas receptoras en las que no tuvo efectividad la transferencia de embriones, constituirán el grupo de vacas vacías receptoras, constituyéndose el Ciclo\_1 de realimentación negativa, ya que a una mayor efectividad de la sincronización, menos receptoras vacías habrá. Por el lado de las donadoras, éstas pasan a ser donadoras vacías (se ha asumido en el modelo, que a las vacas donadoras siempre se les extraen los embriones en la sincronización, sea para transferirlos a una receptora o para congelamiento), presentándose otro ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_4).

A mayor número de vacas preñadas lactantes, mayor será la producción de leche de la finca y ligado a ello, mayores ingresos por venta de leche. A mayores ingresos mayores utilidades, lo que implica que podrá tenerse más peso vivo en la finca. A mayor peso vivo, mayor el número de descartes que deba realizar para controlar la capacidad de carga, pero estas ventas serán representadas en un incremento de los ingresos, constituyéndose aquí otro ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_5).

Lo expuesto puede observarse a continuación, en la representación gráfica de las causalidades y efectos que tiene lugar en un sistema de producción intensiva de lechero.

Figura 27. Diagrama de Influencias del Prototipo 3.

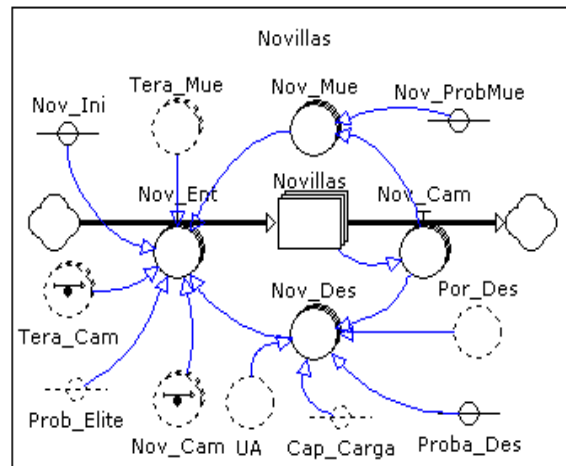


Fuente: Autores.

### 3.3.3 Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 3

La estructura de flujo nivel utilizada, es igual a la utilizada en el primer prototipo, añadiéndose niveles para las novillas elite, vacas receptoras, vacas donadoras y sincronización. Un nivel etario en flujo nivel, dentro del prototipo de lechería intensiva, tiene la siguiente estructura:

Figura 28. Nivel de Novillas del Prototipo 3



Fuente: Autores.

La estructura general del primer prototipo demográfico se conserva, los descartes son realizados sea por capacidad de carga o por razones inherentes a la producción, como accidentes, enfermedades o negocio.

Se ha realizado también un nivel para mostrar el proceso de sincronización, al cual llegan las vacas donadoras preñadas y las receptoras en período de celo. A través de la transferencia de embriones, los óvulos fecundados son extraídos a la donadora y colocados en el vientre de la receptora. Las donadoras salen vacías en su totalidad, mientras que las receptoras, saldrán preñadas o vacías, acordes a la efectividad del proceso.

Al nivel de preñas llegan todas aquellas vacas vacías nuevas y vacas receptoras que han quedado preñadas, ya sea por transferencia de embriones, inseminación artificial o monta natural. Aquí permanecerán por nueve (9) meses, tiempo que dura la gestación. Después del parto, tanto receptoras como vacas normales, deben permanecer durante dos (2) meses en un período de descanso. Se opta por realizar una diferenciación de los períodos de descanso, implementando un

nivel para receptoras y otro para vacas normales, debido a que toda la producción de leche de éstas últimas, es destinada para las ventas, mientras que las receptoras continúan lactando a sus crías.

Durante el último mes de descanso, las vacas normales vuelven a entrar en período de celo, nuevamente sometidas a inseminación o monta natural. El flujo de salida del nivel de descanso en su última posición, irá ahora a llenar el nivel de vacas preñadas lactantes, donde continúan lactando por un período de ocho (8) meses. Para éste momento, las vacas deben ser secadas. El noveno mes de la gestación, se encontrarán en el nivel de vacas preñadas no lactantes nuevamente. Este ciclo continúa hasta completar los años de vida útil de la vaca, los cuales se han determinado en diez (10) años, durante los cuales tendrán en promedio siete (7) u ocho (8) partos.

Por otro lado, las receptoras al salir del período de descanso, son llevadas nuevamente al nivel de receptoras, donde estarán por tres (3) meses adecuando su vientre para una segunda gestación.

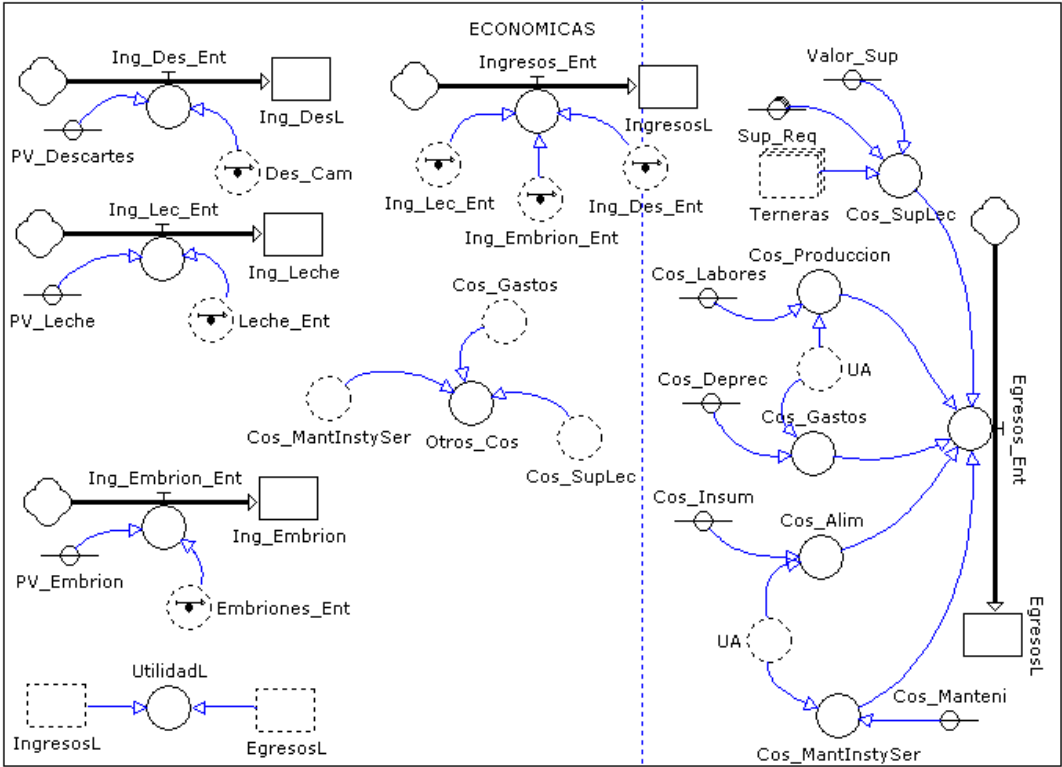
Como limitante del modelo, al utilizar esta estructura en lenguaje flujo – nivel, no es posible controlar los celos de las vacas por períodos de 21 días, ya que la unidad más pequeña es un vector de una posición, lo que en el prototipo equivale a un mes en determinado nivel etario. Por tal razón, se trabajará bajo el supuesto que una vaca vacía nueva, una donadora o una receptora, entra en período de celo mensualmente.

En cuanto a la parte económica y financiera, se obtienen ingresos por leche, embriones y por descartes. Los descartes se contemplan del mismo modo que en los anteriores prototipos.

Los costos son generados por las actividades propias de la producción, como mantenimiento e infraestructura de potreros, servicios profesionales, servicios públicos, costos de reproducción, entre otros.

El lenguaje de flujo nivel del sector económico del prototipo de lechería intensiva se muestra en la siguiente figura:

Figura 29. Diagrama de Flujo Nivel de variables Económicas del Prototipo 3



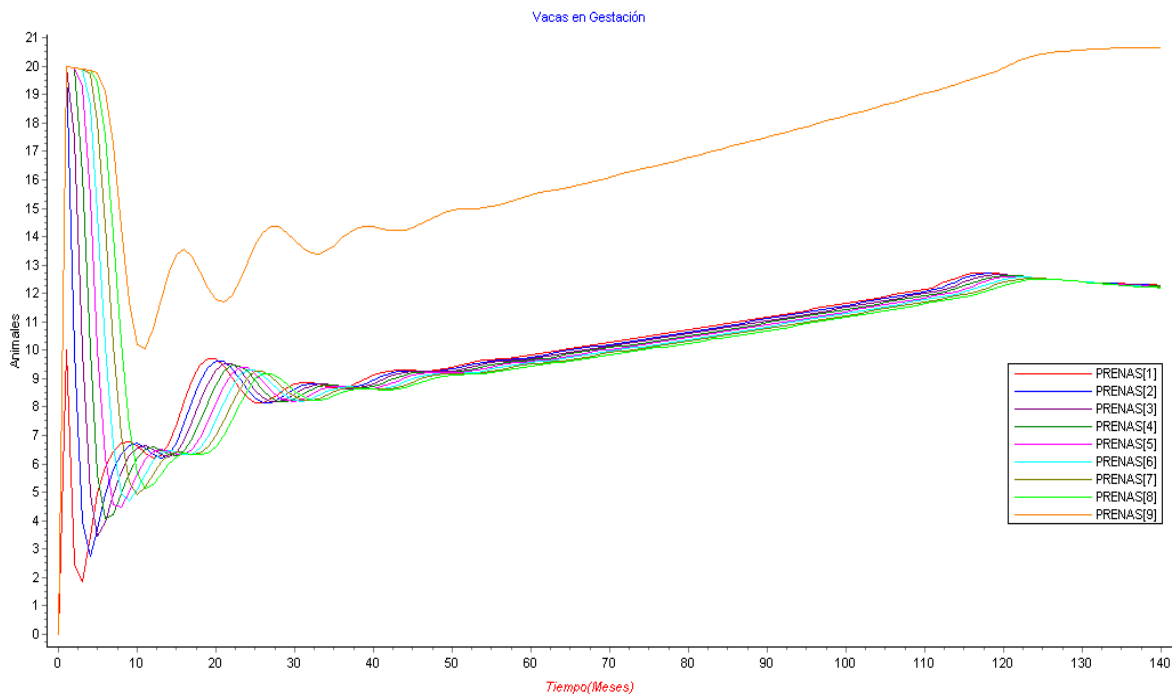
Fuente: Autores.

**3.3.4 Lenguaje de Comportamientos Prototipo 3**

A continuación, se analizan ciertos comportamientos representativos que han sido generados a través de la simulación del tercer prototipo, correspondiente a un sistema de producción lechera intensiva.

## Comportamiento del nivel de vacas preñadas

Figura 30. Comportamiento del nivel de vacas preñadas del Prototipo 3.



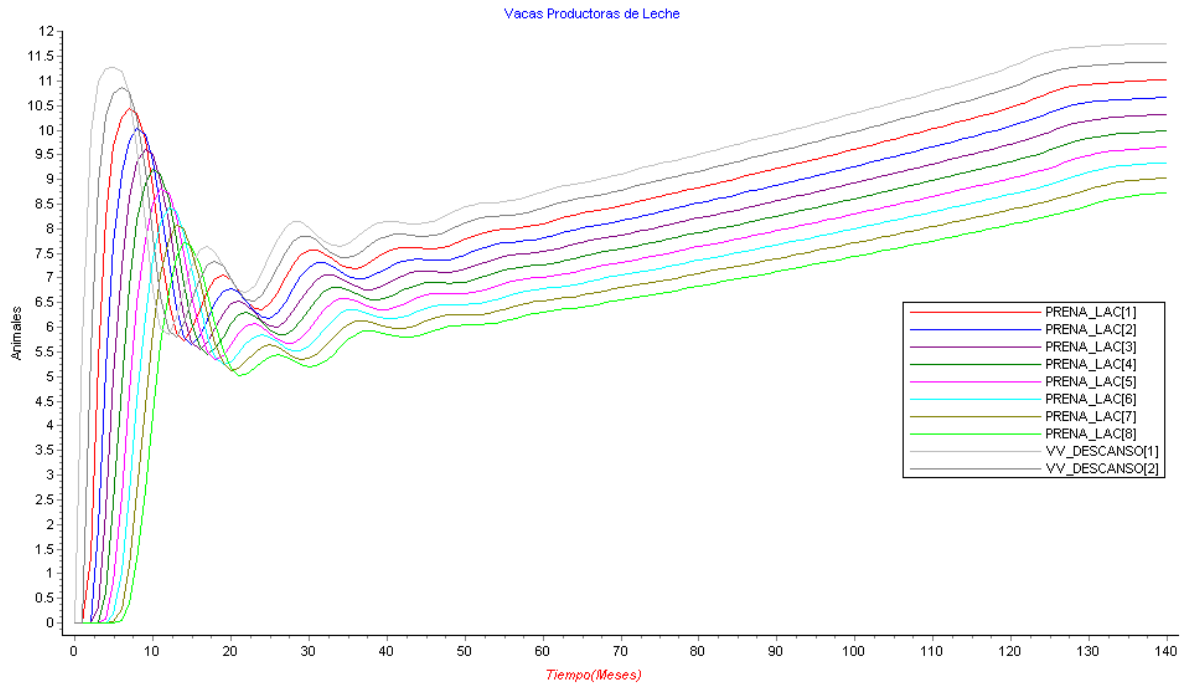
Fuente: Autores.

El análisis realizado para todos los niveles demográficos de los Prototipos 1 y 2, también se presenta en ésta gráfica.

Al inicio de la simulación hay un decrecimiento amortiguado. Luego las vacas preñadas crecen hasta alcanzar un equilibrio y estabilizarse en concordancia con la capacidad de carga. La posición nueve del nivel de vacas preñadas se puede diferenciar de las restantes, debido a que a ella llegan también las vacas preñadas lactantes que han sido secadas en su último mes de gestación.

## Comportamiento de los niveles con vacas productoras de leche

Figura 31. Comportamientos de las vacas productoras de leche, Prototipo 3.



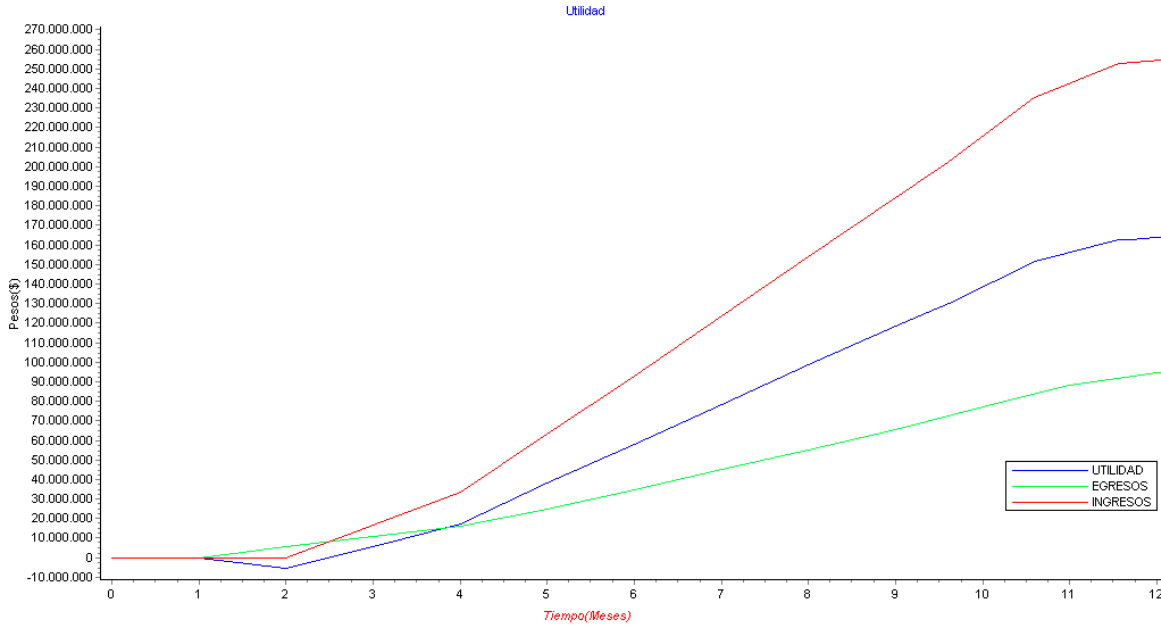
Fuente: Autores.

Las vacas productoras de leche presentan un comportamiento similar al del nivel de vacas preñadas. Aquí se han contemplado todas aquellas vacas que preñadas o en período de descanso, son suministro constante de leche para la finca.

Al iniciarse la simulación, no se tienen vacas productoras de leche, debido a que en éste escenario se han determinado en 0 y sólo se estipula un valor inicial para las vacas preñadas por primera vez. En el momento que se cumple el ciclo de gestación y las vacas preñadas están ahora lactantes, empieza a crecer el número de vacas productoras de leche, luego se observa un decrecimiento amortiguado y de inmediato se puede ver como empieza la gráfica a crecer nuevamente, hasta alcanzar la estabilidad, que como se mencionó antes, se presenta por el límite asignado a la capacidad de carga.

### Comportamiento de la utilidad anual en el prototipo 3.

Figura 32. Comportamiento de la utilidad anual en el Prototipo 3.



Fuente: Autores.

La gráfica indica que al inicio de la simulación se obtienen valores negativos para la utilidad, los ingresos iniciales son cero y los egresos son crecientes. En el momento que las gráficas de ingresos y egresos se cortan, la utilidad es cero y luego empieza a crecer en forma notable.

### **3.4 PROTOTIPO 4: COMPONENTE BIOFÍSICO**

En este prototipo, se modelan las variables biofísicas, de las cuales dependerá el rendimiento y la producción del sistema. A continuación, se describirá el prototipo en lenguaje de prosa.

#### **3.4.1 Lenguaje en Prosa del Prototipo 4**

Un común denominador en los Prototipos 1, 2 y 3 analizados anteriormente, es el comportamiento de la población acorde a las variables biofísicas. La capacidad de carga, el tipo de forrajes, las condiciones climáticas y los tipos de suelo, son variables que influyen directamente en el crecimiento de la población y en las características del ganado.

Las producciones de alimento y el sistema de pastoreo implementados, son directamente proporcionales a la ganancia diaria de peso o producción lechera, de los animales de la finca. A continuación, se realiza una descripción de las variables que se han considerado en la realización del prototipo 4, así como la influencia de cada una de ellas en el sistema:

**Sistema de pastoreo:** la finalidad básica de un sistema de pastoreo es la de mantener una alta producción de forraje de buena calidad durante la mayor parte del tiempo y por lo tanto, alcanzar buenos niveles de producción por animal y por unidad de área. Esta variable ha sido dividida en dos: Pastoreo Intensivo y Confinamiento.

El pastoreo intensivo, es uno de los sistemas de pastoreo más utilizados en ganadería bovina intensiva, debido a que presenta ventajas como la explotación intensiva de terrenos valiosos, alta producción de carne o leche y una magnífica rentabilidad. El costo de establecimiento y mantenimiento del sistema es elevado y demanda gran exigencia en cuanto a la fertilización utilizada en los terrenos. La especie de pasto de mayor utilización en este sistema de producción es el pasto

Estrella, con el que también se simulará el modelo al lado de otras especies. Una rotación típica de este tipo, consiste en rotar nueve potreros de 0,2 hectáreas (2.000 m<sup>2</sup>) con una carga animal entre 10 y 14 UA/ha. Después de cada pastoreo el lote recibe una buena fertilización y corrección y los animales son llevados al siguiente lote, mientras los pastos recuperan su altura óptima, de tal forma que al ser utilizado el último potrero, ya el primero se encuentra nuevamente a disposición.

En cuanto al confinamiento, es un sistema de utilización de pasturas altamente tecnificado, en el cual los animales permanecen todo el tiempo estabulados y cuentan con pasto picado o ensilaje a voluntad. Permite un mejor aprovechamiento del forraje, ya que no existe pérdida por pisoteo o contaminación por excrementos de los animales, razón por la cual, es el sistema más implementado en ganadería bovina intensiva. Con él se obtienen altas capacidades de carga y buenos aumentos diarios, ya que el animal no consume energía buscando su alimento. Al suprimir la selectividad del animal, es necesario complementar su alimentación con forrajes de alta calidad y suplementos. El costo de la infraestructura y el mantenimiento del sistema es alto, pero las utilidades brindadas justifican la inversión.

Un sistema intermedio utilizado en algunas regiones es la Semiestabulación, la cual es una forma de confinamiento la mayor parte del tiempo, pero con pastoreo rotacional durante algunas horas diarias, con el fin de que los animales complementen sus requerimientos nutricionales y ejerciten sus músculos.

**Área:** es el terreno disponible para implementar un sistema de pastoreo. En el modelo, el área puede ser destinada para pastoreo intensivo o para confinamiento (estabulado o semiestabulado). En el caso de utilizarse un sistema de pastoreo con rotación de potreros, el área debe ser dividida en lotes de igual tamaño, acorde a la cantidad de potreros que desee tener el propietario según la carga animal que posea en la finca.

**Tipos de Pasto:** hace referencia a la especie elegida para cultivar y suministrar alimento a los animales, sea en confinamiento o en pastoreo intensivo. El modelo contempla cuatro tipos de pastos, cada uno de los cuales está constituido por dos especies diferentes, pero con cualidades similares. Los tipos de pastos utilizados en el modelo son:

- a.) Gramíneas: estas especies cubren la mayor parte de las áreas ganaderas de clima cálido y son las de mayor importancia en la actualidad ganadera colombiana, desde el punto de vista económico, algunas son utilizadas como pastos de corte. Para el modelo, se utilizan dos tipos de gramíneas de excelentes características nutricionales, como son el Pasto Estrella y el Pasto Braquiaria.
- b.) Pastos de Corte: son utilizados por su gran capacidad para producir forraje, su persistencia y rápida recuperación, además de que se hace explotación eficiente del área. Se pueden conservar como ensilaje o ser suministrados frescos al ganado, en cualquier caso, conociendo bien la especie y su manejo. El modelo contempla dos tipos de pastos de corte muy utilizados en Colombia, como lo son el Pasto King Grass y el Pasto Maralfalfa.
- c.) Leguminosas: juegan un papel muy importante en la fertilidad de los suelos, ya que poseen una habilidad para fijar nitrógeno del aire y un alto contenido de proteínas y minerales. Se adaptan a una amplia variedad de climas y suelos, por lo que es posible encontrarlas en los diferentes pisos térmicos. El modelo contempla dos tipos de leguminosas muy utilizados por los sistemas de producción bovina como lo son la Alfalfa y el Maní Forrajero.
- d.) Cultivos Temporales: se utilizan debido al alto costo de los granos y a la competencia entre el consumo humano y el animal, razón por la cual las fincas ganaderas optan por producir su propio alimento. La producción es luego suministrada al animal en forma de concentrados y ensilajes. El componente

biofísico del modelo, contempla los cultivos temporales de maíz y sorgo forrajero.

**Forraje Ofrecido:** es la cantidad de forraje disponible en la finca y puede ser medido con métodos adecuados de muestreo. Se puede expresar como la cantidad de materia verde en base seca (MVS). El forraje ofrecido depende del área destinada para la siembra, las condiciones climáticas y el tipo de pasto. De él también se destina un porcentaje para producción de suplementos en la finca.

**Forraje Rechazado:** el forraje rechazado, es un porcentaje del forraje ofrecido que no es apetecido por el animal. El rechazo de forraje es mayor en pastoreo intensivo que en confinamiento, debido a que al pastorear, se presenta pisoteo y contaminación de los pastos sembrados.

**Forraje Desaparecido:** es la diferencia entre el forraje ofrecido y el rechazado y representa un indicador del consumo neto de forraje en la finca.

**Energía del Forraje:** es la energía neta que provee la cantidad de forraje consumida por el animal. Se calcula en Kcal/día tanto para el sistema de pastoreo intensivo, como para confinamiento.

El suplemento producido en la finca también va a contribuir a la energía total, ya que es fabricado con un porcentaje del forraje ofrecido, tanto en pastoreo intensivo como en confinamiento. El suplemento contiene raciones alimenticias que complementan la nutrición de los animales y en ganadería intensiva, son mayores las cantidades de suplemento que se deben suministrar, debido a que los tiempos de engorde y lechería son menores. Por tal razón, cuando el forraje producido no es suficiente, los productores se ven en la obligación de comprar suplemento, limitados por la solvencia económica del sistema y por el precio del kilogramo de suplemento en el mercado.

**Energía Total:** es la suma de las energías suministradas tanto por el forraje como por el suplemento, sea en un sistema de pastoreo intensivo o de confinamiento.

De ésta energía total en el sistema, dependerá la capacidad de carga de la finca. Dicha capacidad, también dependerá del consumo diario que se tenga.

Si se quiere conocer la capacidad de carga en Kg de peso vivo, debe realizarse la diferencia entre dicha capacidad y el peso vivo que al momento se tenga. De ésta diferencia, depende que el sistema requiera comprar o vender animales. Si la diferencia de pesos suministra un valor negativo, el sistema tendrá que vender animales, lo que en ganadería se denomina descartar. En caso contrario, es decir, en caso que la diferencia de pesos brinde un valor positivo, indica que la capacidad de carga es mayor al peso vivo que tiene la finca, por tanto, se recomienda realizar una compra de animales, para aprovechar toda ésta capacidad.

El componente biofísico del modelo, requiere informar acerca del grupo etario que determinado sistema de producción debe comprar o descartar, lo que se ha realizado para los tres sistemas principales contemplados: Leche, Ceba y Doble Propósito.

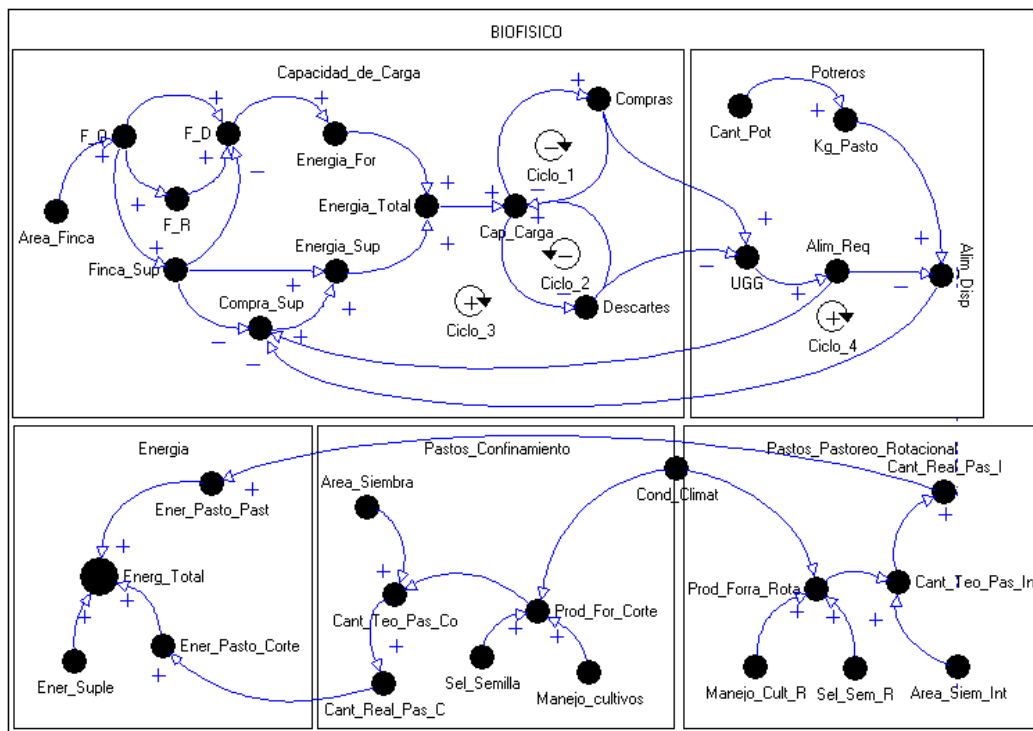
#### **3.4.2 Diagrama de Influencias del Prototipo 4.**

Las causalidades del prototipo biofísico, se explican a partir de un área destinada para siembra (Ver figura 33). A mayor área mayor forraje ofrecido, mayor será también el forraje consumido o desaparecido al igual que el forraje desperdiciado o rechazado. La energía total provista por la finca también será mayor, proporcional al forraje que se ofrezca. Una porción del forraje ofrecido será destinada para producir suplementos dentro de la finca lo que se representará en las compras de suplementos, ya que a mayor suplemento producido, menos compras realizadas. Las compras de suplemento también aportarán a la energía total.

Entre mayor sea la energía total, más capacidad de carga tendrá la finca. Al tener una mayor capacidad de carga se harán más compras de animales y menos descartes. Si compro animales disminuye la capacidad de carga, si descarto animales, se desocupa la capacidad de carga, por tanto, aparecen aquí dos ciclos de realimentación negativa (Ciclo\_2 y Ciclo\_3).

Entre mayor número de compras se realicen, más UGG se tendrán, por ende, se requerirá de una mayor cantidad de alimento y habrá menos disponibilidad del mismo. Si hay disponibilidad de alimento, se incurre en menos compras de suplemento. Si por lo contrario, la finca tiene requerimiento de alimentos, se realizarán más compras de suplementos. Estos dos eventos presentados, dan lugar a los ciclos de realimentación positiva Ciclo\_3 y Ciclo\_4.

Figura 33. Diagrama de influencias del Prototipo 4.



Fuente: Autores.

### 3.4.3 Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 4

El Prototipo 4 corresponde al componente biofísico de un sistema de ganadería bovina intensiva. El modelo está dividido en tres sectores: Pastoreo Intensivo Rotacional, Confinamiento y Rotación de Potreros. Tanto el sector de Pastoreo Intensivo Rotacional como el de Confinamiento, inician con un área total establecida. En pastoreo intensivo ésta área será dividida en cierta cantidad de potreros de igual tamaño, lo que no sucede en confinamiento.

Las condiciones climáticas asumidas como una variable exógena, indican el índice de humedad, de acuerdo a las temporadas de lluvia y sequía. Dadas estas condiciones, el pasto tendrá un incremento diario de biomasa.

El Forraje ofrecido está dado acorde al área, de los potreros si es en pastoreo intensivo o total si es en confinamiento. También influye el incremento diario de biomasa y el tiempo de descanso o corte de determinado tipo de pasto.

Los tipos de pasto se han asumido como un parámetro, asignando un valor a cada especie, de acuerdo al sector donde pertenecen. Se han tomado para la simulación en pastoreo intensivo, tres cultivos diferentes, mientras que en confinamiento, se han asumido cuatro especies distintas. Los valores asignados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7: Valores asignados a los diferentes tipos de pasto

Sector	Tipo de Pasto	Variable	Valor Asignado
Pastoreo Intensivo Rotacional	Estrella	Tipo_Pasto	1
Pastoreo Intensivo Rotacional	Braquiaria	Tipo_Pasto	2
Pastoreo Intensivo Rotacional	Estrella asociada con alfalfa	Tipo_Pasto	3
Confinamiento	King Grass	Tipo_Pasto_C	1
Confinamiento	Maralfalfa	Tipo_Pasto_C	2
Confinamiento	Maíz	Tipo_Pasto_C	3
Confinamiento	Sorgo Forrajero	Tipo_Pasto_C	4

Fuente: Autores.

Los tiempos de descanso y tiempos de corte, se han establecido de acuerdo a la temporada de lluvia o sequía. Los valores promedios estipulados en determinada época, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 8: Tiempos de corte y descanso acordes a temporada de lluvia o sequía

Temporada	Variable	Descripción	Posición Vector	Vr. Asignado (Días)
Lluvia	T_D_Lluvia	Tiempos de descanso en temporadas de lluvia para el pasto Estrella.	1	28
Lluvia	T_D_Lluvia	Tiempos de descanso en temporadas de lluvia para el pasto Braquiaria.	2	35
Lluvia	T_D_Lluvia	Tiempos de descanso en temporadas de lluvia para Estrella asociada con alfalfa	3	40
Lluvia	T_C_Lluvia	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de lluvia, para el pasto King Grass.	1	35
Lluvia	T_C_Lluvia	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de lluvia, para el pasto Maralfalfa	2	45
Lluvia	T_C_Lluvia	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de lluvia, para el cultivo de Maíz.	3	60
Lluvia	T_C_Lluvia	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de lluvia, para el cultivo de Sorgo.	4	60
Sequía	T_D_Sequía	Tiempos de descanso en temporadas de sequía para el pasto Estrella.	1	32
Sequía	T_D_Sequía	Tiempos de descanso en temporadas de sequía para el pasto Braquiaria.	2	45
Sequía	T_D_Sequía	Tiempos de descanso en temporadas de lluvia para Estrella asociado con alfalfa.	3	45
Sequía	T_C_Sequía	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de sequía para el pasto King Grass.	1	45
Sequía	T_C_Sequía	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de sequía para el pasto Maralfalfa.	2	45
Sequía	T_C_Sequía	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de sequía para el cultivo de Maíz.	3	75
Sequía	T_C_Sequía	Tiempo estipulado para cada corte en temporada de sequía para el cultivo de Sorgo.	4	75

Fuente: MURGUEITIO R, Enrique. La Ganadería se Adapta al Cambio Climático. Ciencia y Tecnología Ganadera. Carta FEDEGAN, Edición 112. Editorial Legis S.A. Junio de 2009.

En cuanto a los tiempos de pastoreo en rotación, se han establecido promedios acordes a lo encontrado en la bibliografía utilizada. Los valores se muestran a continuación:

Tabla 9: Tiempos promedios de pastoreo dependiendo del tipo de pasto

<b>Nombre Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Posición Vector</b>	<b>Vr. Asignado (Días)</b>
Prom_TP	Tiempo promedio de pastoreo, óptimo para el pasto Estrella.	1	4
Prom_TP	Tiempo promedio de pastoreo, óptimo para el pasto Braquiaria.	2	6
Prom_TP	Tiempo promedio de pastoreo, óptimo para Estrella con alfalfa.	3	5

Fuente: MURGUEITIO R, Enrique. La Ganadería se Adapta al Cambio Climático. Ciencia y Tecnología Ganadera. Carta FEDEGAN, Edición 112. Editorial Legis S.A. Junio de 2009.

Una parte del forraje ofrecido será rechazado. La diferencia entre el forraje ofrecido y el rechazado, dará lugar al forraje desaparecido, que vendrá a ser el forraje neto consumido por los animales en pastoreo o confinamiento. El forraje desaparecido brinda una energía del forraje, que contribuirá en gran proporción a la energía total que dará lugar a la capacidad de carga de la finca.

En cuanto a los suplementos, estarán limitados por el capital disponible para su compra, así como del porcentaje de forraje ofrecido que se destine para hacer suplementos dentro de la finca. La cantidad total de suplemento, será la suma de estos dos valores, es decir las compras de suplementos más el producido en la finca. Ésta me producirá una energía del suplemento, que contribuye también a la energía total.

La Capacidad de carga dependerá entonces de la energía del forraje más la energía del suplemento y del consumo en Kcal/día de una unidad gran ganado. La diferencia de pesos en la finca, estará dada por la resta entre la capacidad de carga que se posee menos el peso vivo en ese instante. De brindar un resultado

positivo, indica que se deben comprar animales, de lo contrario, deberán descartarse.

En cuanto al sector de rotación de potreros, se inicia con un parámetro para la producción anual de forraje verde, para lo cual sólo se contemplaron los tipos de pasto Estrella y Braquiaria, cuyos valores en temporada de lluvia o sequía, se muestran a continuación:

Tabla 10: Promedios de forraje verde por ha/año acorde al tipo de pasto

Temporada	Nombre Variable	Descripción	Posición Vector	Vr. Asignado (Días)
Lluvia	Prom_FV	Promedio en Kg de forraje verde producido en una hectárea al año, del pasto Estrella.	1	150.000
Sequía	Prom_FV	Promedio en Kg de forraje verde producido en una hectárea al año, del pasto Estrella.	2	120.000
Lluvia	Prom_FV	Promedio en Kg de forraje verde producido en una hectárea al año, del pasto Braquiaria.	3	125.000
Sequía	Prom_FV	Promedio en Kg de forraje verde producido en una hectárea al año, del pasto Braquiaria.	4	90.000

Fuente: MURGUEITIO R, Enrique. La Ganadería se Adapta al Cambio Climático. Ciencia y Tecnología Ganadera. Carta FEDEGAN, Edición 112. Editorial Legis S.A. Junio de 2009.

Dependiendo del tipo de pasto, de la temporada y de las pérdidas de forraje que se presenten, se tendrá entonces un forraje neto anual. Al dividir éste valor entre el número de pastoreos que se realicen al año, se obtendrán los kilogramos de forraje verde que son consumidos en cada pastoreo. Estos kilogramos de pasto, al multiplicarse por el área que posee cada potrero, dará la cantidad de pasto inicial con la que inicia un potrero.

Cada potrero posee una capacidad de carga que se irá agotando al ir cumpliéndose el tiempo de pastoreo. En el momento en el que el alimento requerido sea mayor que el pasto disponible en el potrero, los animales serán llevados al siguiente lote, así, hasta pasar por cada uno de los potreros en los que

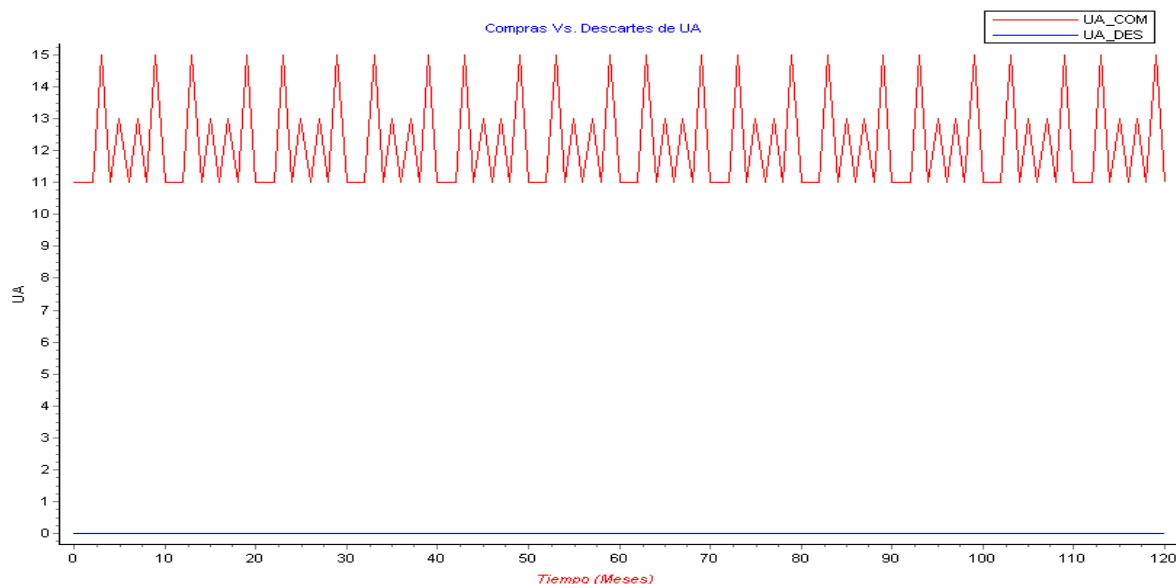
esté dividida el área total. Para el modelo biofísico, se ha realizado esta rotación asumiendo un número mínimo de dos (2) potreros, los cuales mostrarán éste comportamiento. El primer lote tendrá por superficie el área total de la finca, dividida en la cantidad de potreros que desee tener el propietario, mientras que el segundo, tendrá como área el área total de la finca menos el área del primer potrero.

El alimento requerido en cada instante, estará dado por la capacidad de carga de la finca en unidad animal por la tasa de consumo de cada UA, que se ha tomado como el diez por ciento (10%) del peso de un UA.

### 3.4.4 Lenguaje de Comportamientos del Prototipo 4

#### Comportamiento de la capacidad de compras y descartes Prototipo 4.

Figura 34. Comportamiento de compras y descartes Prototipo 4.



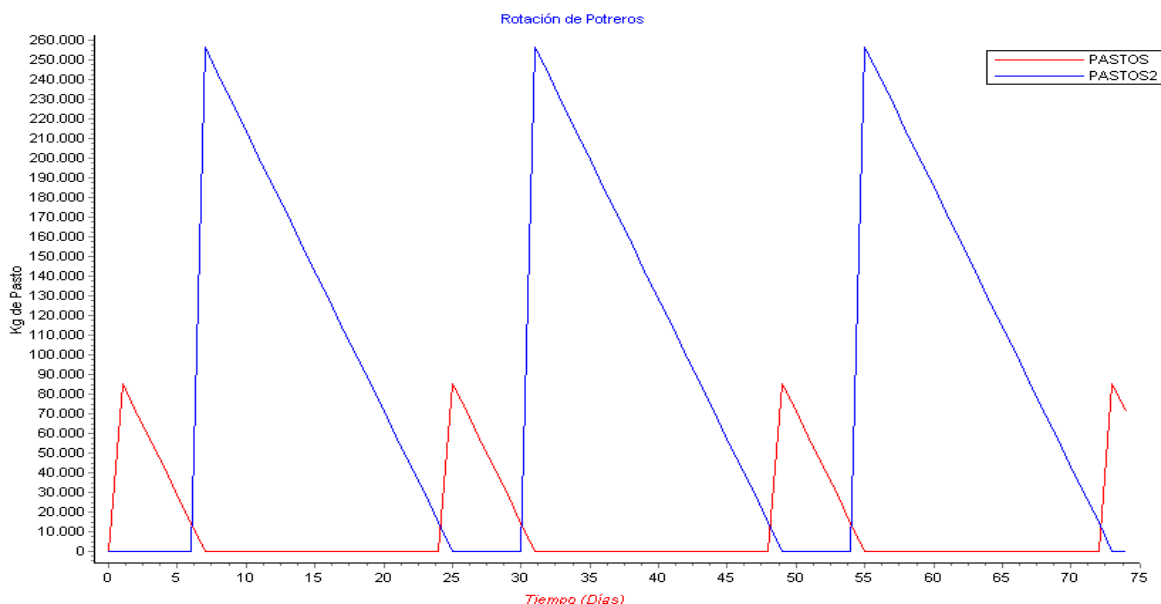
Fuente: Autores.

De acuerdo a la capacidad de carga, al tipo de pasto y al área de los potreros, el sistema de producción bovina deberá realizar las compras o los descartes de

animales. Cuando la diferencia de pesos de la finca es mayor que 0, es decir, que la capacidad de carga de la finca es mayor que el peso vivo que posee, entonces deberán realizarse compras de animales, el cual es el comportamiento mostrado en la gráfica. De presentarse una diferencia de peso menor que 0, el propietario tendrá que vender animales.

### Comportamiento de la rotación de potreros

Figura 35. Comportamiento de la rotación de potreros del Prototipo 4.



Fuente: Autores

El prototipo 4 se ha implementado para dos potreros, asumiendo que el potrero 1 (Curva color rojo correspondiente a Pastos) consiste en uno de los lotes iguales en los que se ha dividido el área total, mientras que el potrero 2 (curva color azul correspondiente a Pastos2), es el total de la suma de áreas de los lotes restantes en los que ha sido dividida la finca. Cuando el potrero 1 está en uso, el potrero dos se encuentra descansando y viceversa. Esto se puede observar claramente en la gráfica, mientras el nivel Pastos, el cual controla el pasto del potrero 1 está siendo utilizado, el potrero 2 se está recuperando. Cuando el pasto en el potrero 1 se agota, empieza a utilizarse Pastos2, el pasto del segundo potrero.

### **3.5 PROTOTIPO 5: MODELO GENERAL DE CEBA INTENSIVA**

Este prototipo modela las variables demográficas, biofísicas, productivas y económicas de un sistema de producción bovina intensiva dedicado a la ceba. La descripción de cada sector se presenta a continuación en lenguaje de prosa:

#### **3.5.1 Lenguaje en Prosa del Prototipo 5**

El prototipo 5 es un modelo general en el cual se suman los prototipos 2 y 4, para simular un sistema de producción intensiva de carne (ceba intensiva), mostrando los comportamientos de la población y de las utilidades, acordes a las variables biofísicas que influyen en el componente demográfico y financiero del sistema. Por tal razón, la descripción de éste modelo, se encuentra referenciada en el lenguaje en prosa de los dos prototipos antes mencionado (Ver [Prototipo 2](#) y [Prototipo 4](#)).

#### **3.5.2 Lenguaje de Influencias Prototipo 5**

El diagrama de influencias del quinto prototipo, modela un sistema de producción de ceba intensiva, mostrando la relación entre los diferentes sectores: demográfico, productivo, biofísico y económico.

Cómo se describió en el Prototipo 2, el modelo de ceba intensiva no tiene en cuenta las hembras, por lo que no ocurren nacimientos. Los animales que entran al sistema son provenientes de las compras. Entre más novillos de levante se compren, más novillos cebados habrán, por ende más peso vivo. A mayor peso vivo en la finca, mayor será la cantidad de animales de descarte, mayores los ingresos por dichas ventas y mayor utilidad. Al presentarse más utilidades, el propietario puede realizar nuevas compras, presentándose así, un ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_4).

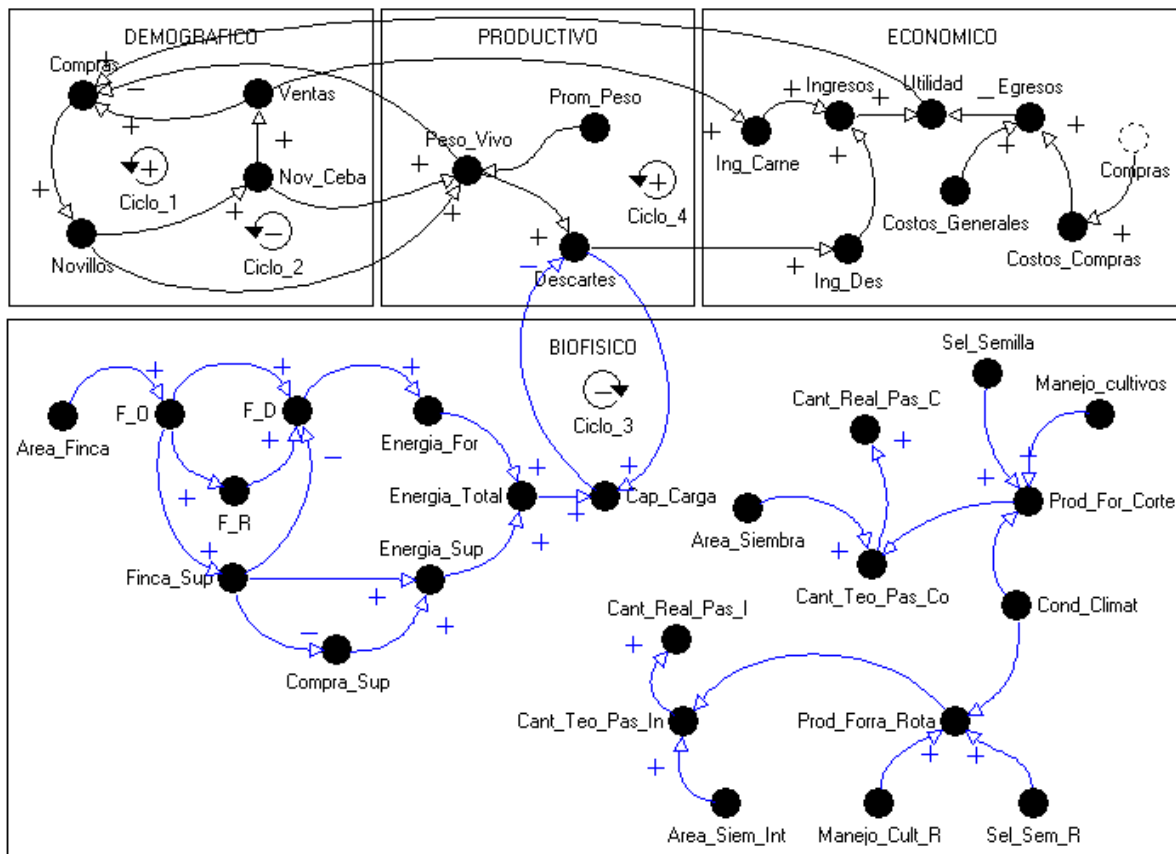
El Ciclo\_1 de realimentación positiva, muestra como las compras y las ventas están directamente relacionadas. Entre más animales se compran, mayor número

de animales serán cebados y luego vendidos. Esos ingresos por ventas, servirán para realizar futuras compras y así mantener el sistema con la capacidad de carga y el peso vivo adecuados.

De igual forma el Ciclo\_3 de realimentación negativa, muestra como las variables biofísicas influyen en la capacidad de carga, acorde a la cual, se tendrán que realizar o no descartes. A mayor capacidad de carga de la finca, menos animales descartados y entre más animales se descarten, mayor será la capacidad de carga.

Lo anterior puede corroborarse en la figura mostrada a continuación, consistente en el diagrama de influencias del Prototipo 5.

Figura 36. Diagrama de influencias del Prototipo 5.

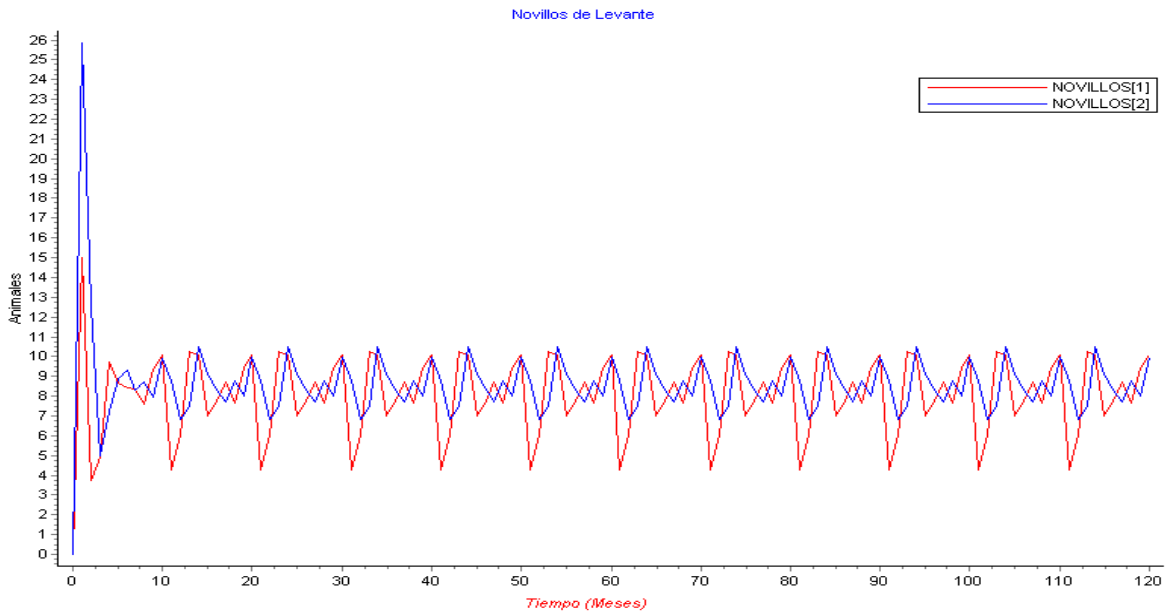


Fuente: Autores.



## Comportamiento del nivel Novillos de Levante del Prototipo 5.

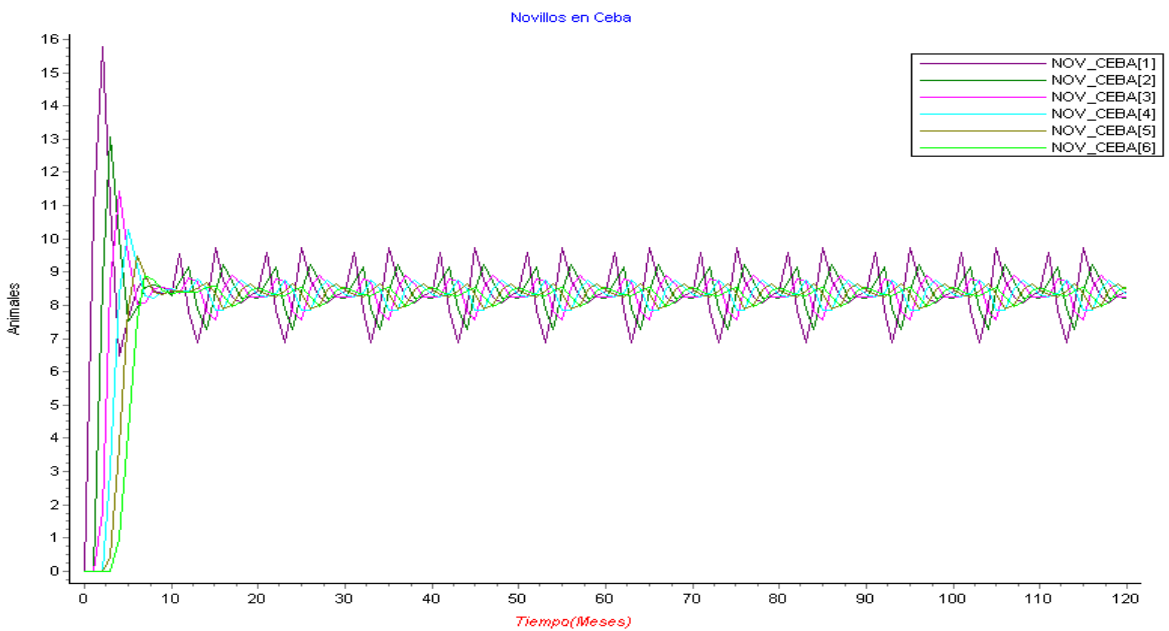
Figura 38. Comportamiento del nivel novillos de levante en el prototipo 5.



Fuente: Autores.

## Comportamiento del nivel Novillos en ceba del Prototipo 5.

Figura 39. Comportamiento del nivel novillos en ceba del prototipo 5.



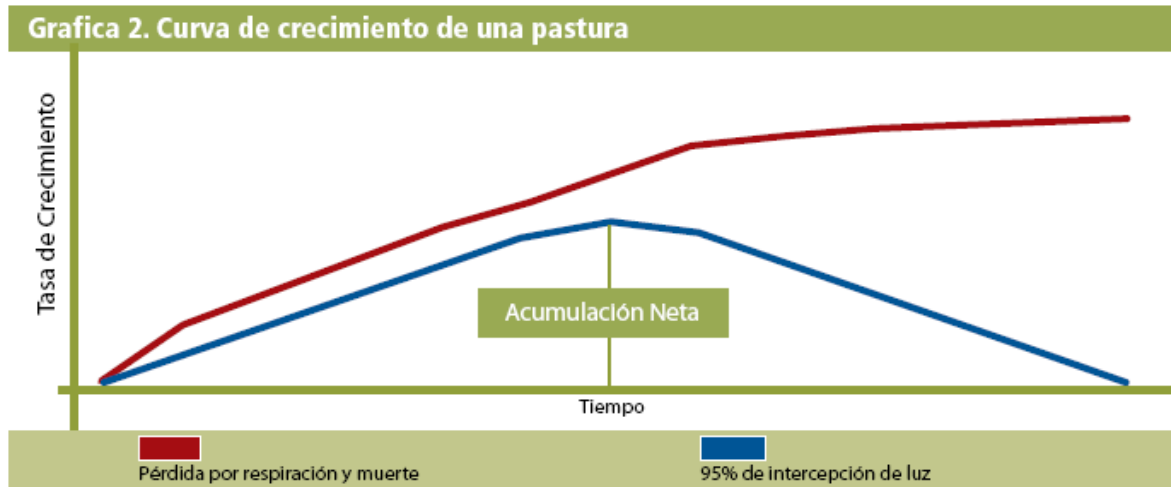
Fuente: Autores.

El comportamiento mostrado en las figuras 38 y 39, se asemeja al de los anteriores niveles demográficos analizados en los prototipos 1, 2 y 3. Se corre la simulación con una cantidad inicial de novillos de levante, la cual decrece hasta cierta cantidad, momento en el cual empiezan a notarse los ciclos en el crecimiento y decrecimiento de la población de novillos. Este comportamiento se presenta debido a que el modelo está ahora limitado por condiciones biofísicas, como las temporadas de lluvia y sequía, el tipo de pasto sembrado, el área de la finca y la capacidad del propietario para comprar suplementos.

Mientras en los anteriores modelos, luego de un período de tiempo la población se estabiliza, en éste prototipo no se presenta ese equilibrio, ya que en algunas épocas la producción de pasto aumentará o disminuirá acorde a las condiciones climáticas. El pasto crece debido al proceso de fotosíntesis, que le permite a la planta fijar carbono. Al mismo tiempo, la planta también consume carbono mediante el proceso de respiración. La acumulación neta de materia seca es la diferencia entre ambos procesos.

En la siguiente figura se observa que la máxima acumulación neta de forraje se produce cuando la interceptación de la luz por parte de la pastura llega al 95%. Luego va disminuyendo, hasta que todo lo que crece es compensado por una igual cantidad que envejece. La curva de comportamiento teórica, que muestra la gráfica, se valida en todo ensayo donde se evalúe cómo pierde calidad cualquier pasto (medida a través de la reducción de la proteína bruta y de la digestibilidad) luego de unas semanas de iniciado el rebrote.

Figura 40. Crecimiento de una pastura

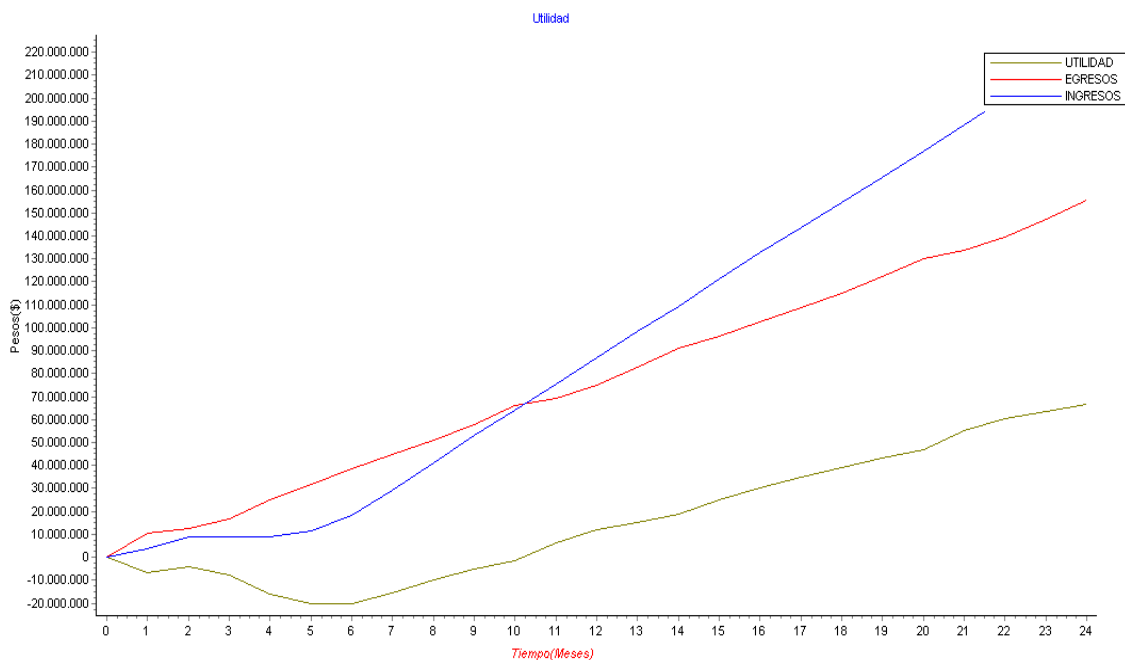


Fuente: Parsons, 1983

Fuente: TOMMASONE, Fabián. El Manejo del Pasto: Arte y Conocimiento. Informe Especial Carta FEDEGAN, Edición 103: Giras Técnicas Argentina y Magdalena Medio. 2007.

### Comportamiento de las Utilidades en el Prototipo 5.

Figura 41. Comportamiento de las utilidades en el prototipo 5.

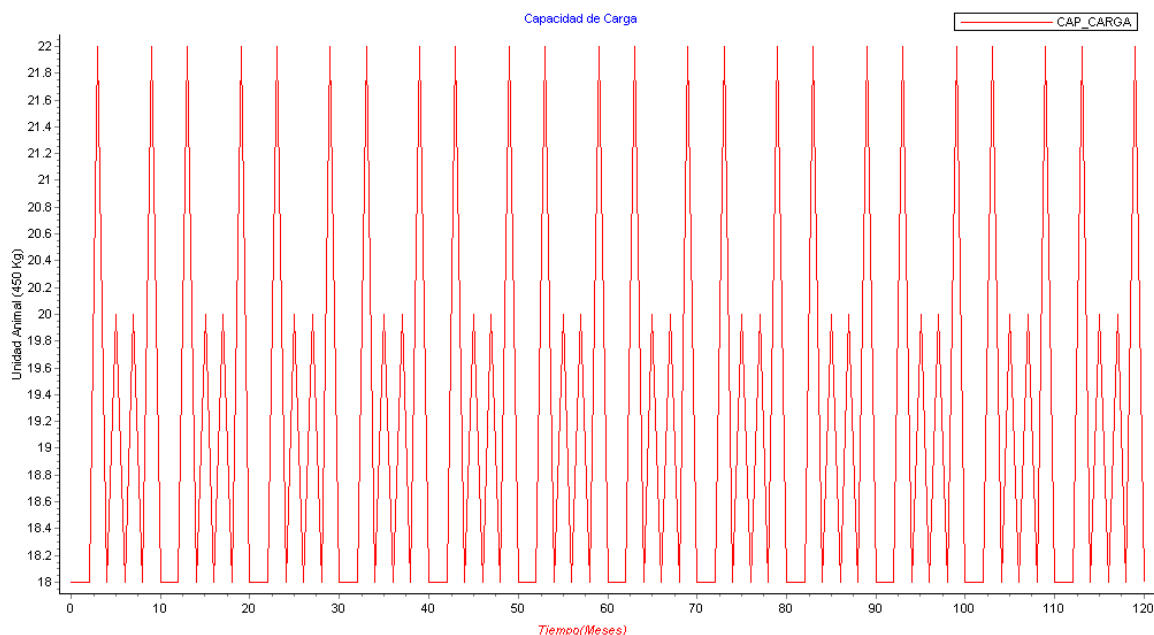


Fuente: Autores.

Las utilidades también son similares a las mostradas en los otros prototipos, con un crecimiento menos notable, debido a la influencia del componente biofísico en el componente demográfico.

### Comportamiento de la capacidad de carga en el prototipo 5.

Figura 42. Comportamiento de la capacidad de carga en el prototipo 5.



Fuente: Autores.

Como puede observarse en la gráfica, la capacidad de carga varía entre las 18 y las 22 UA, según la temporada de lluvia o sequía y acorde al tipo de pasto cultivado. La temporada en la cual la finca cuenta con una mayor capacidad de carga, es justo cuando se presentan las condiciones biofísicas óptimas para el sistema de producción de ceba intensiva.

### **3.6 PROTOTIPO 6: CRECIMIENTO DEL PASTO Y GANANCIA DE PESO**

El Prototipo 6, prototipo final del modelo de Ganadería Bovina Intensiva con Dinámica de Sistemas, consiste en la representación de la ganancia de peso de un bovino, acorde al crecimiento del pasto, asumiendo ciertas condiciones iniciales. A través de los resultados obtenidos, se mostrará tanto a principiantes como a expertos en el tema de la ganadería bovina intensiva, los eventos que pueden ocurrir si se brindan o no, las condiciones ideales de alimentación y suplementación a los animales que se poseen.

#### **3.6.1 Lenguaje en Prosa del Prototipo 6**

El Prototipo 6 está configurado para mostrar la relación directa entre el crecimiento de pasto y la ganancia de peso de un bovino. El modelo inicia con un área destinada para la siembra de pasto de corte. El pasto crece durante un período de tiempo el cual se controla a través del peso promedio máximo del pasto obtenido en el área sembrada, dado en kilogramos.

Mientras el pasto esté en crecimiento se mantendrá en un nivel. Al alcanzar el peso máximo, el pasto podrá ser cortado y brindado como alimento para los animales que posee la finca. Cada UA requiere cierta cantidad de alimento acorde a su peso; los requerimientos totales serán estimados a través del producto de la capacidad de carga por el requerimiento alimenticio de cada animal. De necesitarse una mayor cantidad de pasto del que se tiene, la dieta diaria de los animales será suplementada. Puede darse el caso que no se tenga el capital suficiente para invertir en dichos suplementos, situación en la cual, el animal verá afectado su peso, ya que requiere más alimento diario del que se le está suministrando.

También puede presentarse el evento que el pasto cortado sea suficiente para satisfacer los requerimientos de alimentos de la finca, escenario en el cual, los

animales siempre tendrán disponibilidad de alimento y ganarán peso diariamente en forma constante.

En el caso que el pasto cortado es mayor que el requerido, se ensilará para futuras ocasiones en las que el alimento no sea suficiente.

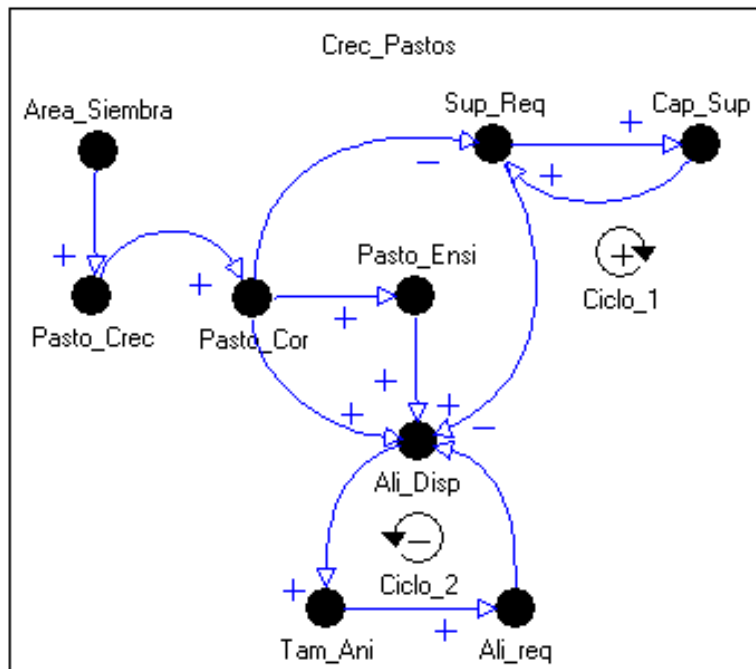
### **3.6.2 Lenguaje de Influencias Prototipo 6**

A partir de un área destinada para siembra, empiezan a representarse las causalidades del Prototipo 6. A mayor área disponible para siembra, mayor será el pasto sembrado y más pasto en crecimiento. Entre más pasto crece, un mayor número de hectáreas serán cortadas. El pasto cortado puede destinarse para ensilaje, que al final será representado en alimento disponible, el resto del pasto de corte, irá directamente a constituir dicho alimento. Entre más alimento se tenga disponible, mayor será el tamaño de los animales, ya que se está suministrando lo ideal para que ganen peso a diario. Pero a la vez, entre más tamaño posea un animal, sus necesidades fisiológicas han de requerir más alimento, lo que hará que se agote el alimento disponible. Esto se representa con el ciclo de realimentación negativa mostrado en la figura como Ciclo\_2.

Por otro lado, si el alimento disponible no es suficiente, se compran suplementos para cubrir los requerimientos alimentarios de la finca, lo que también requiere destinar capital para realizar las compras. A más dinero destinado para comprar suplemento, mayor los kilogramos de suplemento comprados, mostrándose aquí un ciclo de realimentación positiva (Ciclo\_1).

Lo anterior puede visualizarse en la figura que se muestra a continuación, la cual representa las influencias del crecimiento del pasto en el tamaño de los animales y como de igual forma, la ganancia de peso del animal, afecta las cantidades de alimento disponibles y requeridas en la finca.

Figura 43. Diagrama de influencias del Prototipo 6.



Fuente: Autores.

### 3.6.3 Lenguaje de Flujo – Nivel del Prototipo 6

Se han tomado tres niveles para la acumulación del pasto, PasCre, PasCor y Pas\_Ensi. El primero se llena con el pasto que está en crecimiento, el cual es producto del área sembrada (Area\_Sem), la tabla de crecimiento del pasto y de los kilogramos máximos de pastos que se puedan producir acorde al tipo de pasto y al número de hectáreas asignadas para la siembra. Si hay pasto inicialmente en el nivel de PasCre, este es denotado a través de la variable Kg\_Pas\_Ini.

El siguiente nivel, PasCor, es llenado con la salida del flujo de salida del nivel PasCre, en ese momento el pasto es cortado y acumulado aquí. Una cantidad del pasto cortado que se encuentra en el nivel PasCor, es destinado para ensilar, por tanto, el flujo de salida de éste nivel, irá ahora a ser la entrada de Pas\_Ensi, nivel para el pasto en ensilaje.

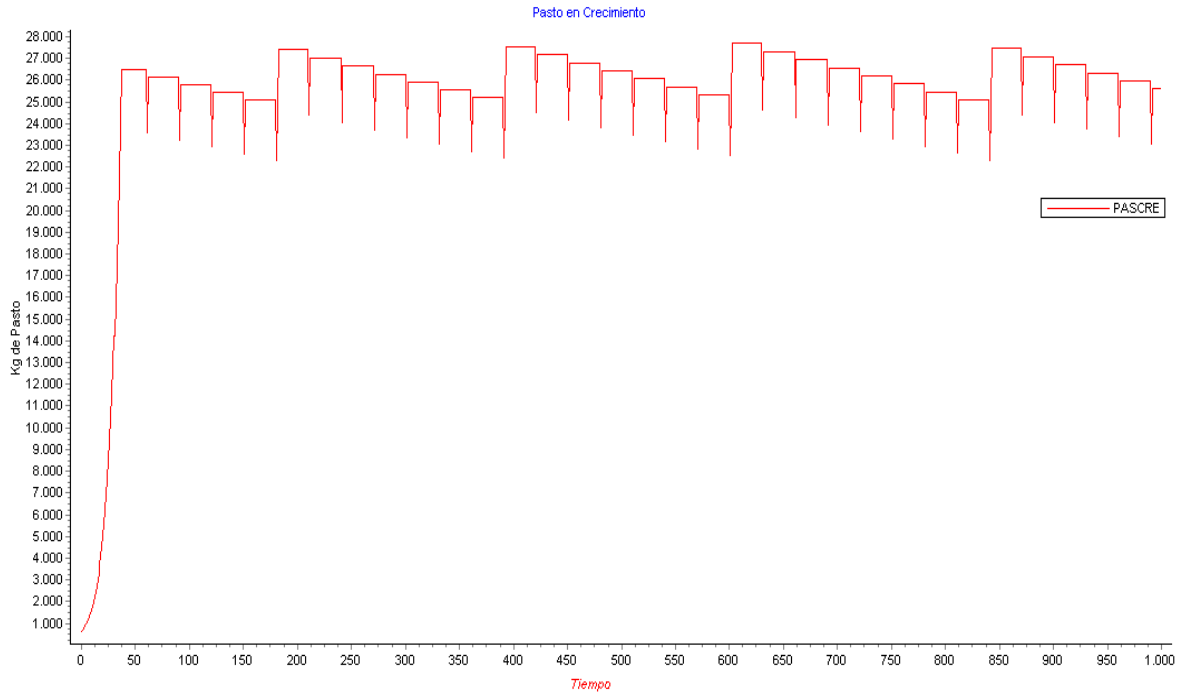
El restante del PasCor, es reservado para el consumo de los animales de la finca. Si de ésta reserva, aún queda una diferencia positiva entre el consumo total y el alimento suministrado, también es llevado al nivel Pas\_Ensi. Si en cambio, la diferencia entre el alimento requerido por los animales de la finca y el pasto de corte suministrado es negativa, el propietario debe comprar suplemento, razón por la cual, también se ha designado un nivel para éstas cantidades.

La compra de suplemento se realiza siempre y cuando se destine capital para ello; esto se asigna a través del parámetro Dinero\_Disp, el cual podrá tomar valores entre 0 y 1. El valor extremo 1, significa que se cuenta con el capital que sea requerido para compra de suplemento; el 0, indica que no se cuenta con capital. Un valor intermedio entre 0 y 1, indica qué porcentaje de capital es destinado para inversión en suplementos.

El Alimento total suministrado y la cobertura de alimento, están representados por las variables Alim\_sum y CAli, respectivamente. Ali\_Sum corresponde a la suma de los flujos de salida de PasCor y Pas\_Ensi más el flujo de entrada de Sup\_Com. La CAli, compara el alimento suministrado con el consumo total (ConsTot\_UA). La decisión final hallada en CAli es enviada a la tabla de variación de crecimiento, la cual suministra los valores a la variable Var\_Cre, indicando en qué porcentaje se está dando la ganancia de peso de un animal. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura:



Figura 45. Comportamiento Nivel Pasto en Crecimiento Escenario Defecto



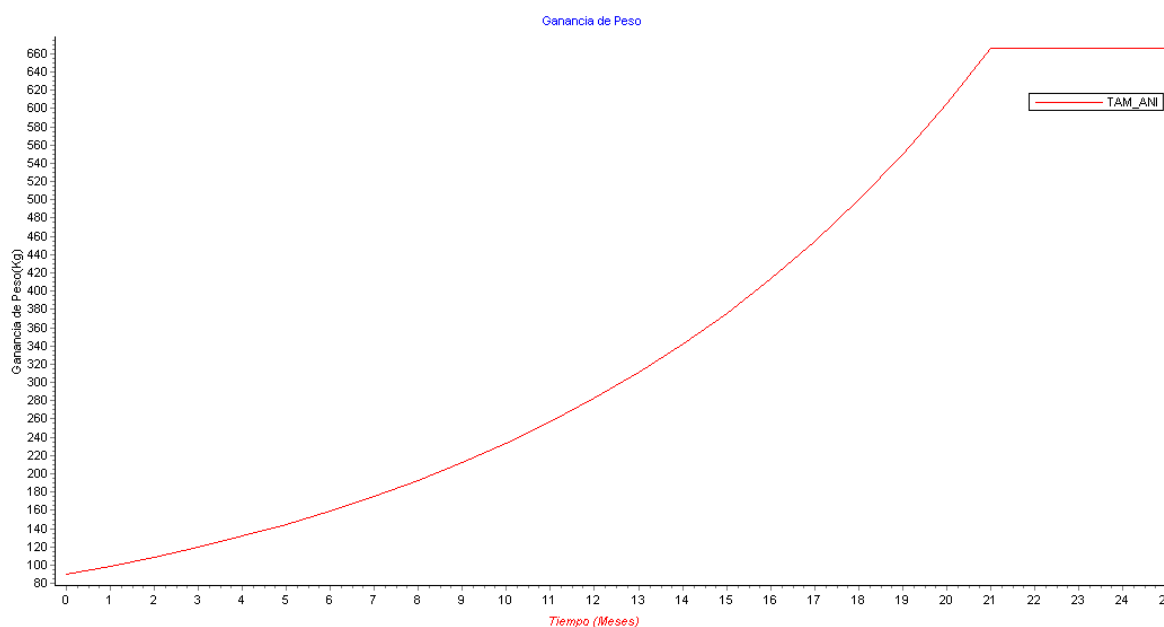
Fuente: Autores.

La figura muestra el crecimiento del pasto dadas algunas condiciones como los Kg de pasto inicialmente sembrados. Para el escenario por defecto, se inicia la simulación con un valor de 625 Kg de pasto, equivalentes al 2,5% del pasto que se corta. Esto en un escenario real, corresponde al pasto que se deja sembrado después de cada corte, ya que no se acostumbra cortar a ras del suelo el cultivo.

También se puede observar cómo el pasto presenta un crecimiento por períodos. Cada 28 días se ve como disminuye el pasto en crecimiento, ya que es el tiempo en el cual, el pasto alcanza su altura máxima y se procede a realizar el corte.

## Escenario por Defecto

Figura 46. Comportamiento Nivel Tamaño del Animal Escenario Defecto

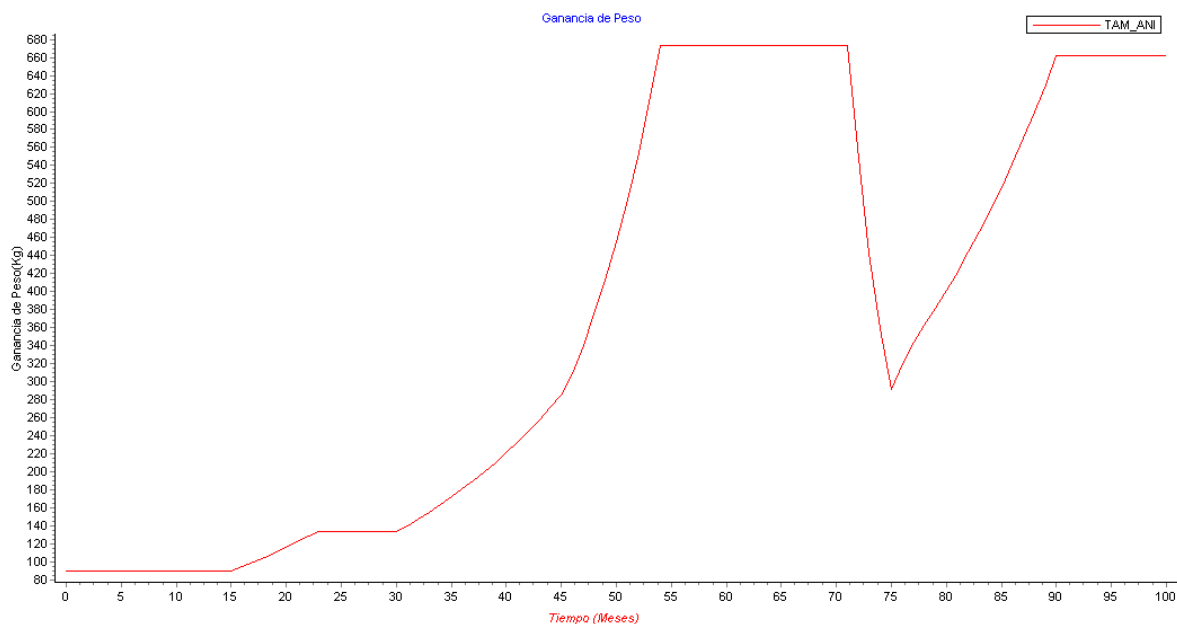


Fuente: Autores

En el escenario creado por defecto, el animal siempre tiene el alimento requerido a su disposición, ya que en caso de faltar pasto, se cuenta con capital disponible para invertir en suplementos. Es un escenario ideal, en el que se puede observar cómo el animal aumenta su peso en forma exponencial hasta alcanzar un máximo que ha sido determinado a través de ciertos parámetros implementados en el lenguaje de flujo – nivel. En el momento que el bovino alcance dicho pesaje, el suministro de alimento será controlado, de tal forma que el peso adquirido se mantenga sin ganar ni perder kilos, comportamiento que se puede observar en la gráfica, donde al alcanzar un peso de 650 Kg, el animal no engorda ni adelgaza. En condiciones ideales el peso de la UA se logra a los 18 meses.

## Escenario Pequeño

Figura 47. Comportamiento Nivel Tamaño del Animal Escenario Pequeño



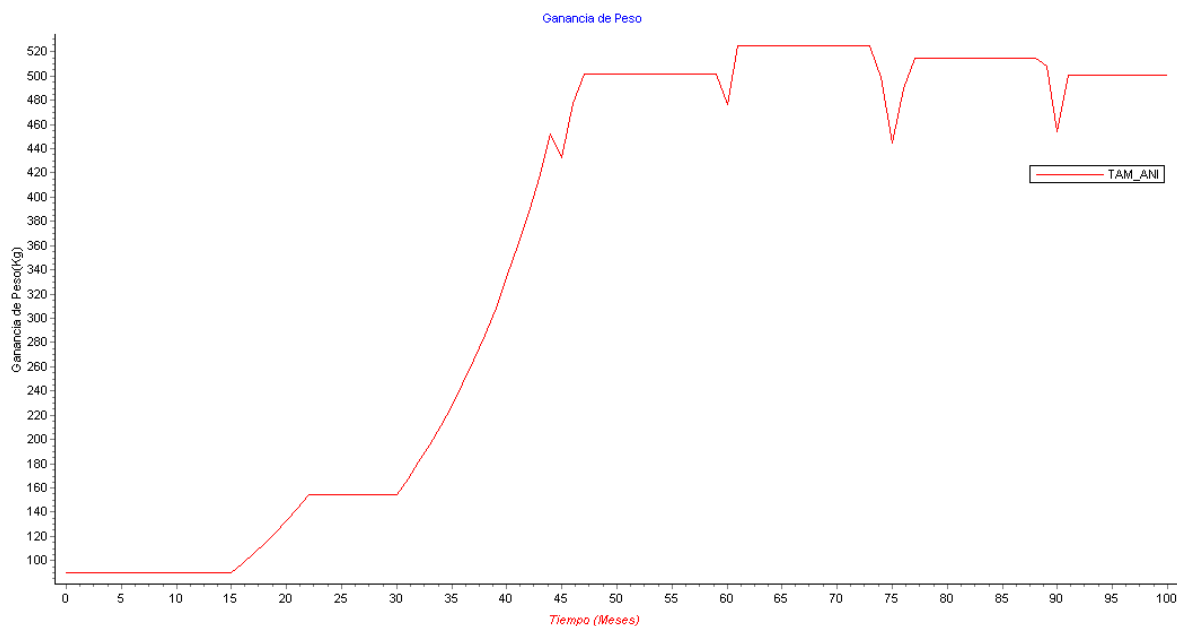
Fuente: Autores

En el escenario denominado Pequeño, el animal no cuenta siempre con el alimento que requiere, ya que en caso de agotarse el pasto, no se ha destinado capital alguno para la compra de suplementos. Se muestra en la figura, cómo en ciertos períodos de tiempo el animal está ganando peso, mientras en otros instantes, pierde el peso ganado. Cuando se presenta ganancia de peso, el pasto está en crecimiento, existe pasto cortado y ensilado y se cuenta con el alimento para cubrir los requerimientos del animal. En cambio, cuando se presenta disminución de peso vivo, no se cuenta con pasto suficiente para suplir la demanda de alimento por parte del animal y tampoco se cuenta con capital para comprar suplementos.

También puede observarse que los tiempos aumentan con respecto al escenario por defecto, en donde el animal cuenta siempre con alimento a su disposición y logra un peso ideal en 18 meses, mientras en este escenario, lo alcanza a los 50 meses.

## Escenario Animales

Figura 48. Comportamiento Nivel Tamaño del Animal Escenario Animales



Fuente: Autores

Se muestra en la figura un comportamiento parecido al mostrado en el escenario Pequeño, con la diferencia que al simular el escenario Animales, no se posee 100% del dinero para comprar suplemento, pero si un 70% de la inversión requerida, por lo que el peso disminuye en algunos períodos de tiempo, pero con menos frecuencia que en el escenario Pequeño. El peso ideal también se alcanza con anterioridad, aproximadamente a los 45 meses.

Se puede observar también, como fluctúa el peso cuando el animal ha alcanzado su peso máximo. Esto se debe a la disponibilidad de alimento de la finca y al capital que se invierte en suplementos.

## **4. INTERFAZ SOFTWARE SIPROBI 1.0**

### **4.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para el avance de ésta fase, se hizo un detallado análisis de los requisitos que debe poseer el software para la muestra de resultados del modelo de ganadería bovina intensiva. Se recurrió a la utilización de técnicas de muestreo como encuestas, entrevistas y lluvia de ideas, involucrando en forma directa a los usuarios finales, haciendo confiable la observación, recolección y organización de la información.

Las técnicas de muestreo fueron realizadas en su mayor parte, a personas relacionadas con el campo de la ganadería, en zonas aledañas al municipio de Cimitarra, departamento de Santander. De igual forma, se realizaron entrevistas a docentes del INSED, conocedores a fondo de los sistemas de producción bovina intensiva.

La interfaz para la muestra de resultados de las simulaciones de los diferentes prototipos, denominada SIPROBI 1.0, se soporta en el ambiente software AGRODISI, realizado por el Magíster Urbano Eliécer Gómez, desarrollado en la tesis de maestría “Lineamientos Metodológicos para la Construcción de Modelos Agro-Industriales Identificables en Términos de Dinámicas Poblacionales Basados en el Pensamiento Sistémico y la Dinámica de Sistemas”. Se ha trabajado en cooperación con ésta investigación, dando así continuidad a los diferentes proyectos en el sector agroindustrial, realizados por investigadores del grupo SIMON de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

#### 4.1.1 Requerimientos

Los requerimientos en los que coinciden tanto usuarios expertos como aprendices, se listan a continuación:

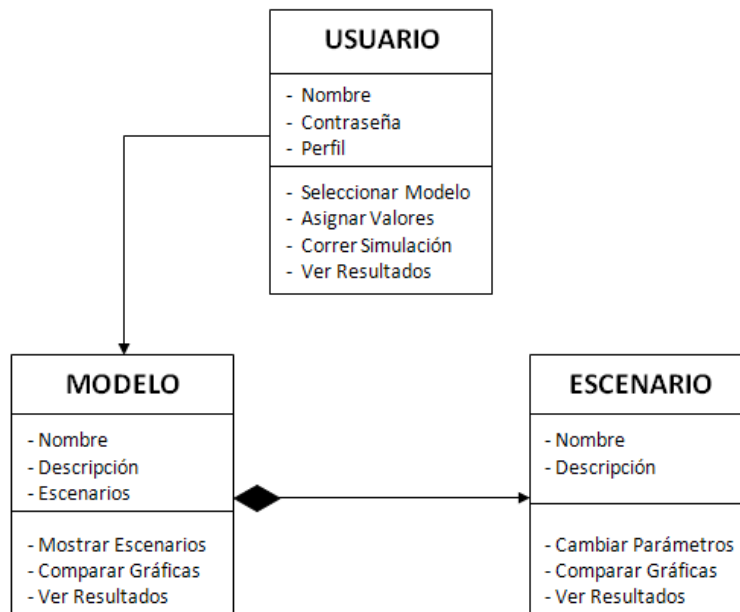
- Controles para la asignación de valores a variables directamente relacionadas con el comportamiento demográfico de los diferentes sistemas de producción representados en los modelos realizados con Dinámica de Sistemas.
- Lista desplegable en la que pueda seleccionarse el modelo requerido, acorde al sistema de producción que éste represente.
- Lista desplegable que muestre los tipos de sistemas de pastoreo con los que pueda trabajar un determinado sistema de producción bovina, indexados con los tipos que se han tomado en cuenta en los modelos realizados.
- Listas desplegables que muestren los tipos de pasto para los cuales ha sido implementado determinado modelo, tanto para pastos de corte como para gramíneas de pastoreo.
- Opción de selección de la temporada de lluvia o sequía.
- Controles para asignación de valores a variables como la capacidad de carga, área de la finca y número de potreros en los que se divide dicha área.
- Controles para ingresar y asignar valores a las variables que inciden en el comportamiento económico de los diferentes modelos, como son: precio de suplemento, precio de venta de leche, precio de venta de carne, precio de compra de levantes, precio de venta de descartes y precio de venta de embriones.

- Controles para iniciar, pausar y detener la simulación.
- Observación paso a paso de la simulación del modelo escogido.
- Muestra de resultados gráficos obtenidos al simular el modelo seleccionado.
- Muestra de valores y resultados a través de tablas, acordes al modelo seleccionado y simulado.
- Título visible del modelo con el cual se está trabajando.

#### 4.1.2 Diagrama de Clases

Las respectivas clases, sus atributos, métodos y operaciones, así como las relaciones entre las entidades, se pueden observar en el siguiente Diagrama de Clases.

Figura 49. Diagrama de Clases



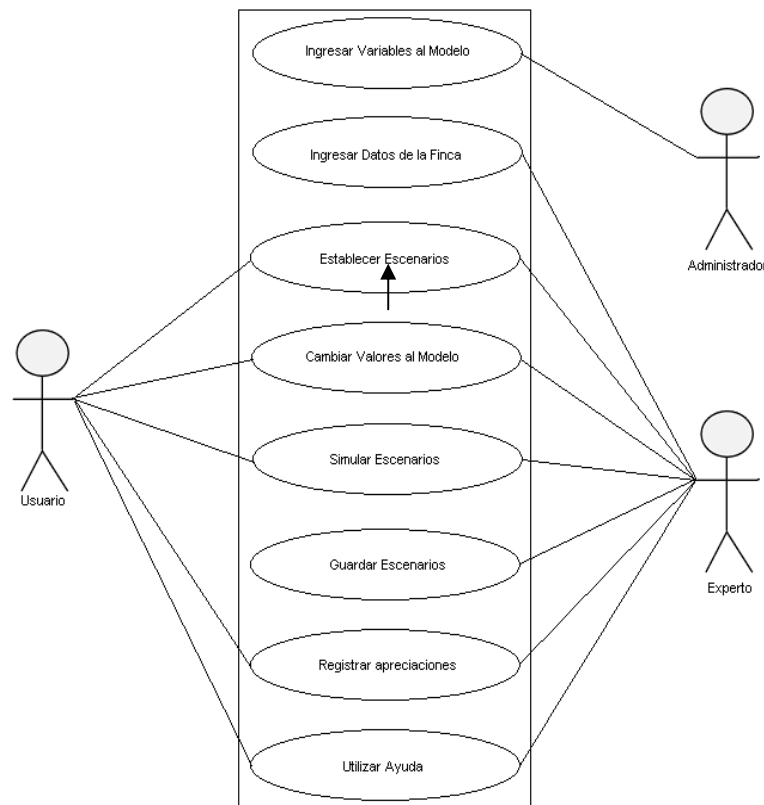
Fuente: Autores

### 4.1.3 Diagrama de Casos de Uso

La descripción de los anteriores requerimientos, se detalla a través de las siguientes tareas, las cuales también se representan gráficamente, mediante el diagrama de casos de uso.

- Ingresar variables al modelo: aquí se establecen los valores fijos e iniciales con los cuales se simulará el modelo.
- Establecer y escenarios: se elige el modelo y el escenario con el cual se desea realizar la simulación.
- Simular Escenarios: para ello es necesario cargar el modelo, seleccionar el modelo y establecer el escenario que se desea simular.

Figura 50. Diagrama de Casos de Uso



Fuente: Autores.

## 4.2 DISEÑO Y DOCUMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE

La documentación del software se llevó a cabo utilizando el Proceso Unificado de Rational “RUP”, ligado al Lenguaje Unificado de Modelado “UML”. La metodología RUP – UML proporciona mejores representaciones desde el punto de vista semántico, tanto en la creación del modelo y su mantenimiento, como del sistema software en desarrollo, razón por la cual, se decidió la implementación de ésta metodología en ésta investigación.

*“El Proceso Unificado de Rational es uno de los enfoques de ciclo de vida que se adapta especialmente bien a UML. Su objetivo es permitir la producción de un software de la mayor calidad, que satisfaga las necesidades de los usuarios finales, dentro de planificaciones y presupuestos predecibles. Es adaptable a un amplio rango de proyectos y organizaciones.”<sup>17</sup>*

La principal característica de la metodología “RUP-UML”, es su enfoque iterativo.

*“Propone una comprensión incremental del problema a través de refinamientos sucesivos y un crecimiento incremental de una solución efectiva a través de varios ciclos. Como parte del enfoque iterativo, se encuentra la flexibilidad para acomodarse a nuevos requisitos o a cambios tácticos en los objetivos. También permite que el proyecto identifique y resuelva los riesgos más bien pronto, que tarde.”<sup>18</sup>*

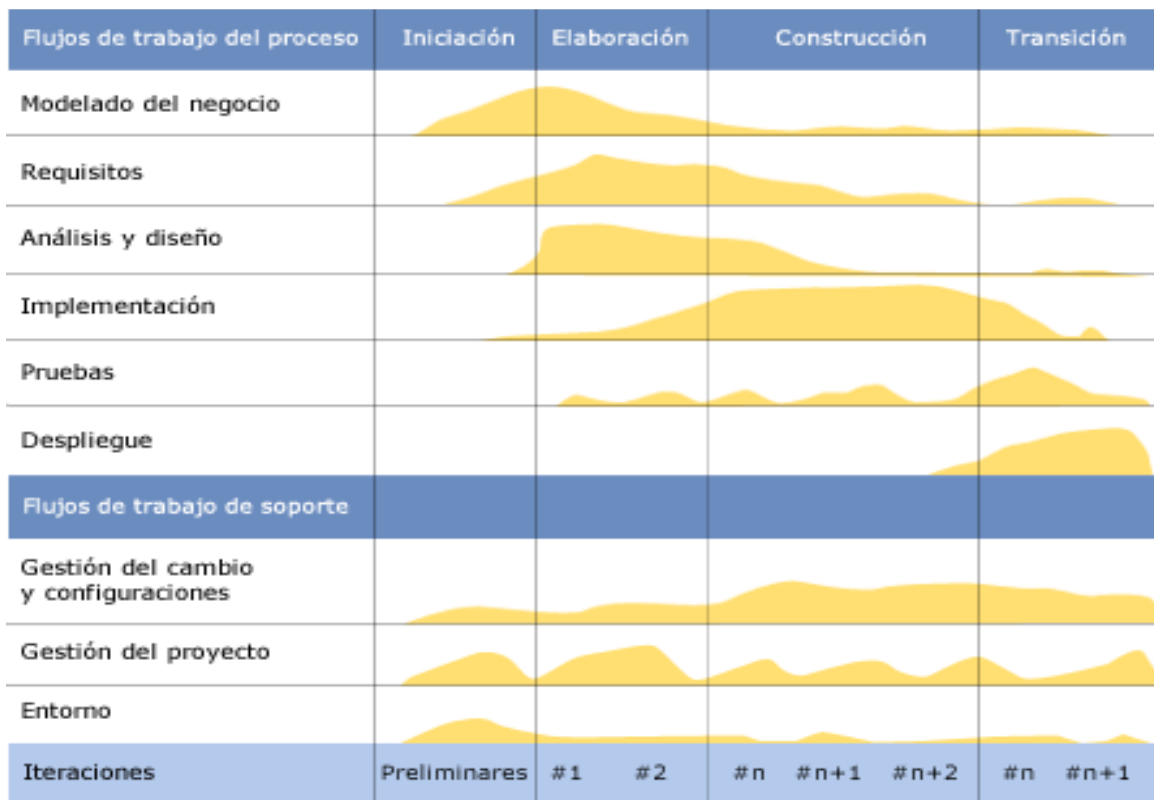
Lo anterior puede verse de forma explícita en la siguiente gráfica:

---

<sup>17</sup> BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James y JACOBSON, Ivar. El Lenguaje Unificado de Modelado. Editorial Addison Wesley Iberoamericana, Madrid, 1999. Pág. 399

<sup>18</sup> Ibíd. Pág. 400.

Figura 51. Fases del RUP. Esfuerzo en actividades según fase del proyecto



Fuente: Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, España. [En Línea] Disponible en: <https://pid.dsic.upv.es/default.aspx>

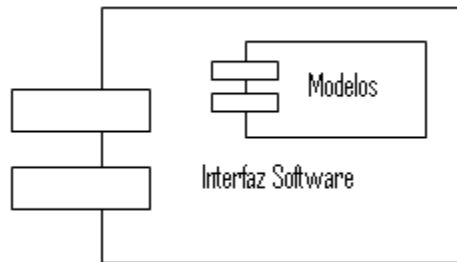
El ciclo de vida RUP es una implementación del desarrollo de software a través del modelo espiral. Fue creado ensamblando los elementos en secuencias semiordenadas. El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones.

Para cada iteración se seleccionan algunos Casos de Uso, se refina su análisis y diseño y se procede a su implementación y pruebas. Se realiza una pequeña cascada para cada ciclo. Se realizan tantas iteraciones hasta que se termine la implementación de la nueva versión del producto.

#### 4.2.1 Diagramas de Componentes.

Los componentes utilizados para cumplir con los requerimientos realizados por los usuarios, combinan el uso de una interfaz software con los modelos realizados con Dinámica de Sistemas, como se muestra en la siguiente figura:

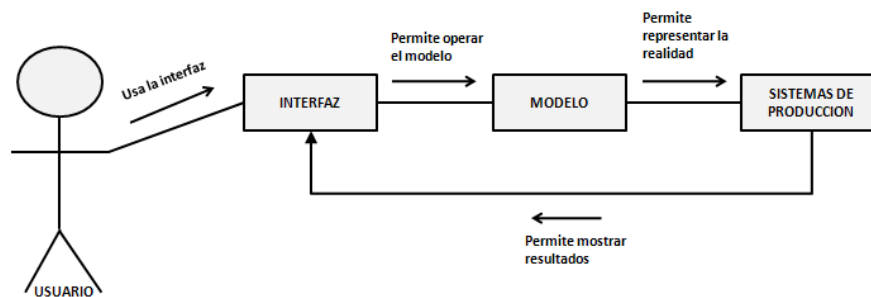
Figura 52. Componentes de la herramienta



Fuente: Autores.

El funcionamiento de la interfaz, puede visualizarse a través de la interacción del usuario con los componentes y de los componentes entre sí. La figura a continuación, expresa de forma fácil dichas interacciones.

Figura 53. Interacción del usuario con los componentes



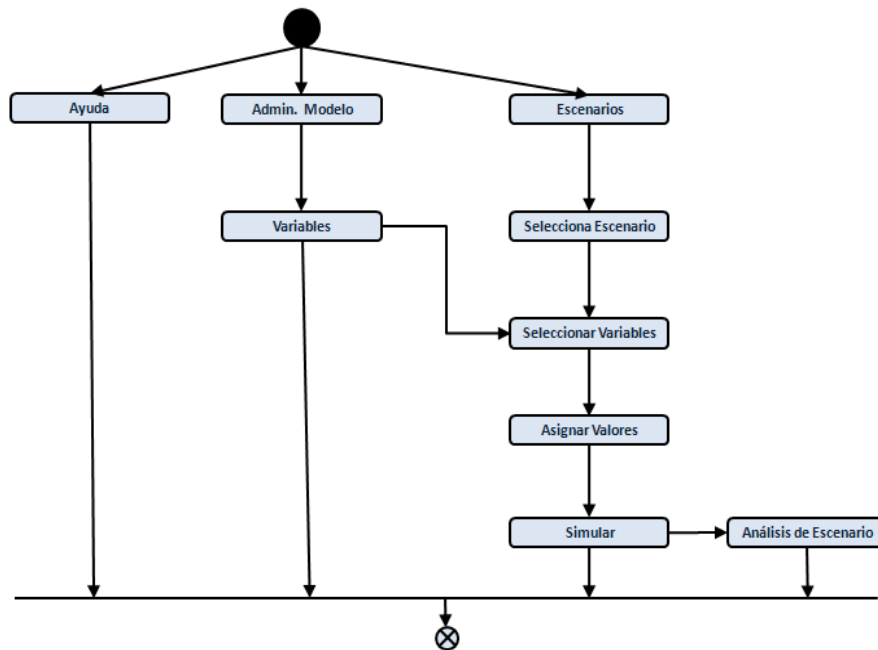
Fuente: Autores.

La interfaz permite al usuario operar y modificar valores de los modelos disponibles basados en la Dinámica de Sistemas, para luego reconocerlos, asignarlos al modelo y mostrar los resultados obtenidos, de acuerdo al sistema de producción seleccionado.

### 4.2.2 Diagrama de Actividades

Todas las actividades que el usuario puede realizar a través de la interfaz, son expuestas en la figura que se muestra a continuación:

Figura 54. Diagrama de Actividades



Fuente: Autores.

- **Ayuda:** es la herramienta a la cual puede acceder el usuario en aquellas situaciones que se presenten inconvenientes y dudas acerca del uso y funcionamiento de la interfaz.
- **Administración de Modelos y variables:** únicamente accedidas por el administrador, permitiendo la modificación de los modelos, a través de la edición de las variables existentes y la creación y asignación de nuevas variables.
- **Escenarios:** permite al usuario escoger un escenario de determinado modelo que desee simular. Luego de seleccionado, permite la asignación de valores a ciertas variables que no han sido restringidas por parte del administrador.

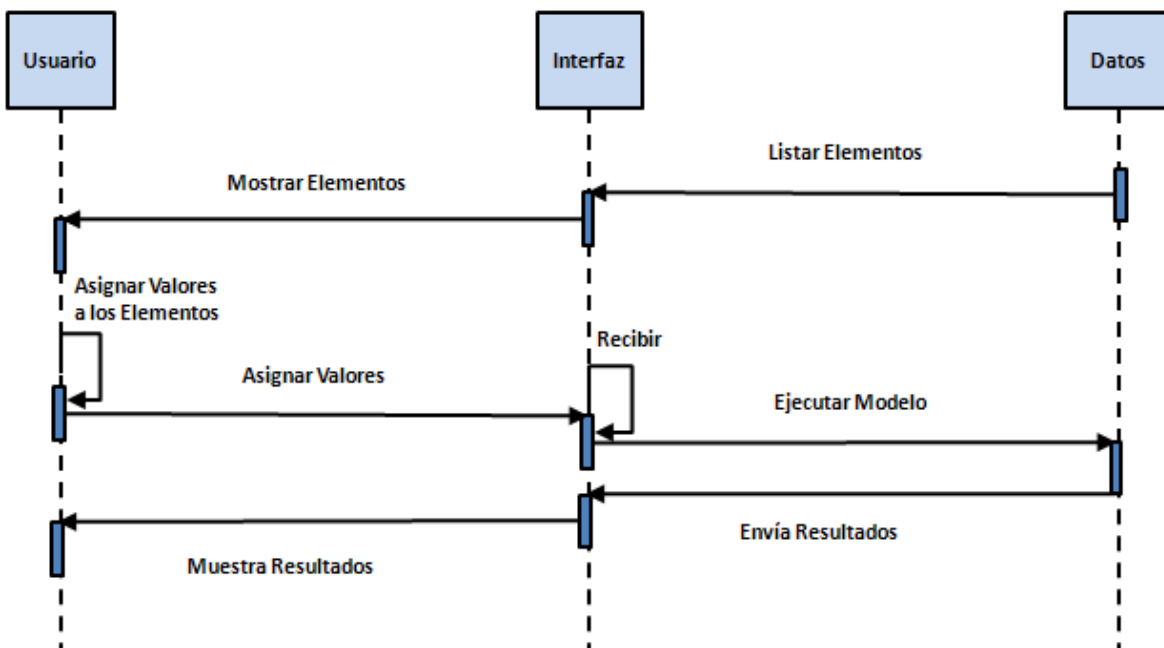
- **Simulación:** después de realizar la escogencia de escenario y asignar los valores deseados a las variables a las cuales puede acceder el usuario, se procede a realizar la simulación. Una vez realizada la simulación, se presentan los resultados en forma gráfica y tabular, permitiendo al usuario realizar un análisis de ellos.

#### 4.2.3 Diagrama de Secuencia para Simulación de un Modelo

El usuario introduce los datos y a través de la interfaz, luego asigna esos valores a las variables, pudiendo realizar esta acción un número indeterminado de veces. Cuando decida que los datos digitados son los que desea simular, asigna los valores (ejecuta el modelo) y posteriormente visualiza los resultados en forma gráfica y tabular.

La gráfica mostrada a continuación, representa la forma en la que el usuario, a través de la manipulación de la interfaz, puede obtener resultados de la simulación de determinado modelo.

Figura 55. Diagrama de Secuencia para Simulación de un Modelo



Fuente: Autores.

#### **4.2.4 Implementación de la herramienta software**

Se procedió al desarrollo y la programación de las líneas de código necesarias para la culminación de la herramienta software que servirá de apoyo tanto a productores, docentes e investigadores en el área de la Ganadería Bovina Intensiva. Dicha programación, fue realizada en el lenguaje Delphi 7.0, a través de la utilización de los diferentes componentes que brinda la herramienta. También fueron utilizados los componentes del software para modelado y simulación con dinámica de sistemas Evolución 3.5, desarrollados en el grupo SIMON de investigaciones, de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

#### **4.3 PRUEBAS DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE**

Luego de efectuar las respectivas capacitaciones a los usuarios a quienes va dirigida la herramienta, se procedió con la implantación de la interfaz SIPROBI 1.0, bajo el ambiente software AGRODISI y a la realización de pruebas, hechas por los mismos usuarios.

Se contó con el apoyo del Doctor Carlos Aníbal Vásquez, docente adscrito al Instituto de Educación a Distancia de la Universidad Industrial de Santander “INSED”, para realizar las pruebas necesarias, con la ayuda de algunos estudiantes de carreras enfocadas hacia el sector agroindustrial.

También se realizaron pruebas con ganaderos y propietarios de fincas, interesados en cambiar de un sistema de producción bovina extensiva a uno de producción intensiva. Todos pertenecientes a la zona del Magdalena Medio aledañas al municipio de Cimitarra, Santander. Para llegar a esta población, se contó con el apoyo del señor Oscar Obregón, ganadero de la zona y del médico veterinario Juan Pablo Bedoya, quien presta asistencia técnica y profesional en la región.

## CONCLUSIONES

El Modelo de Simulación de Ganadería Bovina Intensiva, es una herramienta útil para docentes y estudiantes de sectores agroindustriales y para productores bovinos en general, ya que a través de él, se pueden comprender los efectos de intensificar las rutinas alimentarias que se ejercen en ganadería bovina extensiva, obteniendo así, mayores ganancias de peso y mayores producciones de leche y carne, en períodos de tiempo mucho más cortos, logrando que las fincas ganaderas tengan mayor participación y competitividad en los mercados actuales y apoyando la toma de decisiones de propietarios y productores.

A pesar de que el grado de complejidad de los modelos iba aumentando a medida que el experto avanzaba en los prototipos, el Modelo de Simulación de Ganadería Bovina intensiva explica de forma fácil a usuarios inexpertos, las relaciones entre los sectores demográficos, biofísicos, productivos y económicos, mostrando a través de la generación de nuevos escenarios, los diferentes comportamientos que se pueden presentar en la práctica de la ganadería intensiva.

La Dinámica de Sistemas y el Pensamiento Sistémico como herramientas de modelado, aportan diversas formas de enfoque hacia un tema común, logrando que la realización y comprensión de los modelos, pueda hacerse a través del prototipado, avanzando en grados de complejidad de modelado, sin adquirir dificultad a la hora de que éste sea utilizado por personas que no tengan previos conocimientos sobre la disciplina.

La implementación de la metodología RUP-UML, facilita las representaciones desde el punto de vista semántico, tanto en la creación del modelo como de la herramienta software, gracias a su enfoque iterativo y a la comprensión incremental del problema a través de varios ciclos, brindando la posibilidad de

refinar las soluciones y flexibilidad para acomodarse a los nuevos requerimientos encontrados en cada iteración que se realice.

La continuidad que se ha realizado en el grupo de investigación SIMON, de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, ha permitido profundizar en proyectos del sector agroindustrial, obteniéndose cada vez mejores resultados y modelos de mayor complejidad aunque de más fácil comprensión para el usuario final.

## RECOMENDACIONES

Después de someter a varias pruebas el modelo de simulación de ganadería bovina intensiva, integrado con la interfaz software SIPROBI 1.0, que a su vez se soporta bajo el ambiente AGRODISI, se estableció que en él pueden apoyarse los procesos de enseñanza-aprendizaje y adquisición de conocimientos, sobre un sistema de producción ganadera intensiva. El modelo simplifica su complejidad a través del uso de la herramienta software, mostrando a los usuarios finales, aquellas variables relevantes del modelo y que influyen directamente en el comportamiento demográfico, biofísico, productivo y económico.

Se citan a continuación algunas recomendaciones que surgen a partir de una serie de pruebas y observaciones realizadas por medianos y pequeños productores de ganado, en la zona del Magdalena Medio, siendo más precisos, en el municipio de Cimitarra (Santander); al igual que por estudiantes de áreas agropecuarias y tecnológicas y por los mismos autores.

- Para modelos demográficos en general, en donde se desee controlar la edad de los integrantes de una población, simplificar el modelo a través de la implementación de vectores. Cada posición de un vector, representa un período de tiempo (día, mes, año, etc.), simulando el mecanismo de una banda transportadora, disminuyéndose el uso de niveles por cada etapa de clasificación etaria y haciendo más liviana la simulación.
- Crear una relación entre la edad y el peso, de tal forma que a medida que el animal alcance su madurez fisiológica, gane también peso.
- Respecto al componente de Evolución 4.0 implementado en la herramienta de desarrollo software Delphi 7.0, se requiere que permita el trabajo de variables

exógenas en los modelos realizados, sin presentarse inconvenientes a la hora de cargar los modelos en la interfaz.

- Que el software Evolución 4.0 brinde la posibilidad de manejar las tablas (multiplicadores) en forma vectorial, permitiendo definir diferentes comportamientos para una variable de entrada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE SOSA, Hugo H. y Otros. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James y JACOBSON, Ivar. El Lenguaje Unificado de Modelado. Editorial Addison Wesley Iberoamericana, Madrid, 1999.

CASTRO RAMÍREZ, Álvaro. Ganadería de Carne: Gestión Empresarial. Volumen 2 de Producción Bovina. Editorial EUNED, 2002.

CHAMBERLAIN, A. T. y WILKINSON, J. M. Alimentación de la Vaca Lechera. Título original: Feeding the Dairy Cow. Traducido por Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Colaboradores de Wikipedia, La enciclopedia libre. *Ganadería* [en línea]. 2008. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ganader%C3%ADa&oldid=22376751>

DOMENECH, GÓMEZ y SÁNCHEZ. Bases de la Producción de Alimentos para el Ganado. Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba, 2001.

ECOLMET, Grupo de Dinámica de Sistemas del Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. [En Línea] Disponible en <http://www.ucm.es/info/ecolmet/>

GÓMEZ, Urbano Eliécer. Lineamientos Metodológicos para la Construcción de Modelos Agro-Industriales Identificables en Términos de Dinámicas Poblacionales Basados en el Pensamiento Sistémico y la Dinámica de Sistemas. 2010.

GÓMEZ, Urbano Eliécer; BARRAGÁN, Omar; ANDRADE SOSA, Hugo. Modelo de Simulación de Sistemas de Producción de Ganadería Bovina para la investigación Integral SIPROB 1.0, 2002.

ICE, Instituto de Ciencias de la Educación. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, España. [En Línea] Disponible en: <https://pid.dsic.upv.es/default.aspx>

La Ganadería, El Portal Ganadero [En línea]. Disponible en <http://www.laganaderia.org>

LAFURIE RIVERA, José Félix. El Pensamiento Económico y Social de FEDEGAN 2006–2007. Editorial San Martín Obregón y Cía. Primera Edición. Bogotá D.C., Diciembre de 2007.

MURGUEITIO R, Enrique. La Ganadería se Adapta al Cambio Climático. Ciencia y Tecnología Ganadera. Carta FEDEGAN, Edición 112. Editorial Legis S.A. Junio de 2009.

PHILLIPS, C.J.C. Principios de Producción Bovina. Traducido por: GEORGE, David. Edición en Lengua Española. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España. 2003.

PRESTON, T y ROSALES, M. Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable con recursos tropicales. Cali, Cipav. 1988.

RUIZ GARCÍA, Yadira; SILVA OLIVARES, Rubiela. Herramienta Software para el aprendizaje del manejo de un Sistema de Producción de Ganadería Bovina, mediante simulación con Dinámica de Sistemas y un enfoque sistémico SIPROB 2.0, 2007.

TOMMASONE, Fabián. El Manejo del Pasto: Arte y Conocimiento. Informe Especial Carta FEDEGAN, Edición 103: Giras Técnicas Argentina y Magdalena Medio. 2007.

# **ANEXOS**

## ANEXO A: LENGUAJE DE ECUACIONES DE LOS DIFERENTES PROTOTIPOS

### ELEMENTOS DEL MODELO

#### PRIMER PROTOIPO: Ganadería Doble propósito

⊖	Nombre:	Cap_Carga
	Definición:	80
↗	Nombre:	Des_Cam
	Definición:	Descartes
⊖	Nombre:	Des_Cri
	Definición:	0.2
↗	Nombre:	Des_Ent
	Definición:	Total_Descartes
■	Nombre:	Descartes
	Definición:	0
○	Nombre:	Dif_UA
	Definición:	UA-Cap_Carga
⊖	Nombre:	Efe_Inse_Mon
	Definición:	0.93
○	Nombre:	Ent_LevaCam3
	Definición:	Leva_Cam(3)-Leva_Mue(3)-Leva_Des(3)
○	Nombre:	Ent_VVNueCam1
	Definición:	VVNue_Cam(1)-VVNue_Mue(1)-VVNue_Des(1)
↗	Nombre:	Lev_Cam
	Definición:	Levantes
○	Nombre:	Lev_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_Carga,Lev_Cam*Por_Des,Lev_Cam*Prob_Des)
↗	Nombre:	Lev_Ent
	Definición:	IF(T=0,Lev_Ini,[Ter_Cam(7)-Ter_Mue(7),Lev_Cam(1)-Lev_Mue(1)-Lev_Des(1),Lev_Cam(2)-Lev_Mue(2)-Lev_Des(2)])
⊖	Nombre:	Lev_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Lev_Mue
	Definición:	Lev_Cam*Lev_ProbMue
⊖	Nombre:	Lev_ProbMue
	Definición:	0.002
↗	Nombre:	Leva_Cam
	Definición:	Levantes_H
○	Nombre:	Leva_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_Carga,Leva_Cam*Por_Des,Leva_Cam*Proba_Des)
↗	Nombre:	Leva_Ent
	Definición:	IF(T=0,Leva_Ini,[Tera_Cam(7)-Tera_Mue(7),Leva_Cam(1)-Leva_Mue(1)-Leva_Des(1),Leva_Cam(2)-Leva_Mue(2)-Leva_Des(2)])

☞	Nombre:	Leva_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Leva_Mue
	Definición:	Leva_Cam*Leva_ProbMue
☞	Nombre:	Leva_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	Levantes
	Definición:	0
▣	Nombre:	Levantes_H
	Definición:	0
○	Nombre:	NacTer_Des
	Definición:	Nac_Ter*Des_Cri
○	Nombre:	NacTer_Mue
	Definición:	Nac_Ter*Nac_ProbMue
○	Nombre:	NacTera_Des
	Definición:	Nac_Tera*Des_Cri
○	Nombre:	NacTera_Mue
	Definición:	Nac_Tera*Nac_ProbMue
☞	Nombre:	Nac_ProbMue
	Definición:	0.002
○	Nombre:	Nac_Ter
	Definición:	Nacimientos*Prob_Sexo
○	Nombre:	Nac_Tera
	Definición:	Nacimientos*(1-Prob_Sexo)
○	Nombre:	Nacimientos
	Definición:	Pre_Cam(9)*Pre_ProbCam
○	Nombre:	NovC_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_Carga,Nov_Ceba_Cam*Por_Des,Nov_Ceba_Cam*Prob_Des)
☞	Nombre:	NovC_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	NovC_Mue
	Definición:	Nov_Ceba_Cam*NovC_ProbMue
☞	Nombre:	NovC_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	Nov_Ceba
	Definición:	0
☞	Nombre:	Nov_Ceba_Cam
	Definición:	Nov_Ceba
☞	Nombre:	Nov_Ceba_Ent
	Definición:	IF(T=0,NovC_Ini,[(Lev_Cam(3)-Lev_Mue(3)-Lev_Des(3))*Prob_Sel,Nov_Ceba_Cam(1)-NovC_Mue(1)-NovC_Des(1),Nov_Ceba_Cam(2)-NovC_Mue(2)-NovC_Des(2),Nov_Ceba_Cam(3)-NovC_Mue(3)-NovC_Des(3),Nov_Ceba_Cam(4)-NovC_Mue(4)-NovC_Des(4),Nov_Ceba_Cam(5)-NovC_Mue(5)-NovC_Des(5)])
○	Nombre:	NovaC_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_Carga,Nova_Ceba_Cam*Por_Des,Nova_Ceba_Cam*Prob_Des)

☉	Nombre:	NovaC_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	NovaC_Mue
	Definición:	Nova_Ceba_Cam*NovaC_ProbMue
☉	Nombre:	NovaC_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	Nova_Ceba
	Definición:	0
☞	Nombre:	Nova_Ceba_Cam
	Definición:	Nova_Ceba
☞	Nombre:	Nova_Ceba_Ent
	Definición:	IF(T=0,NovaC_Ini,[Ent_LevaCam3*(1-Proba_Sel),(Nova_Ceba_Cam(1)-NovaC_Mue(1)-NovaC_Des(1))+(Ent_VVNueCam1(1)*(1-Efe_Inse_Mon)),Nova_Ceba_Cam(2)-NovaC_Mue(2)-NovaC_Des(2),Nova_Ceba_Cam(3)-NovaC_Mue(3)-NovaC_Des(3),Nova_Ceba_Cam(4)-NovaC_Mue(4)-NovaC_Des(4)])
☉	Nombre:	Peso_Prom_H
	Definición:	[130,260,350,320,480,440,480,35]
☉	Nombre:	Peso_Prom_M
	Definición:	[130,260,380,380,600,35]
○	Nombre:	Peso_Vivo
	Definición:	Terneros*Peso_Prom_M(1)+Terneras*Peso_Prom_H(1)+Levantes*Peso_Prom_M(2)+Levantes_H*Peso_Prom_H(2)+Nov_Ceba*Peso_Prom_M(3)+Nova_Ceba*Peso_Prom_H(3)+Toretas*Peso_Prom_M(4)+VVNuevas*Peso_Prom_H(4)+Toros*Peso_Prom_M(5)+Prenas*Peso_Prom_H(5)+VV_Descanso*Peso_Prom_H(6)+Prena_Lac*Peso_Prom_H(7)
○	Nombre:	Por_Des
	Definición:	IF(Dif_UA<0,0,Dif_UA/UA)
☞	Nombre:	PreLac_Cam
	Definición:	Prena_Lac
○	Nombre:	PreLac_Des
	Definición:	PreLac_Cam*Proba_Des
☞	Nombre:	PreLac_Ent
	Definición:	IF(T=0,PreLac_Ini,[VVDesc_Cam(2)-VVDesc_Mue(2)-VVDesc_Des(2),PreLac_Cam(1)-PreLac_Mue(1)-PreLac_Des(1),PreLac_Cam(2)-PreLac_Mue(2)-PreLac_Des(2),PreLac_Cam(3)-PreLac_Mue(3)-PreLac_Des(3),PreLac_Cam(4)-PreLac_Mue(4)-PreLac_Des(4)])
☉	Nombre:	PreLac_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	PreLac_Mue
	Definición:	PreLac_Cam*PreLac_ProbMue
☉	Nombre:	PreLac_ProbMue
	Definición:	0.002
☞	Nombre:	Pre_Cam
	Definición:	Prenas
☞	Nombre:	Pre_Ent
	Definición:	IF(T=0,Pre_Ini,[(VVNue_Cam(3)-VVNue_Mue(3)-VVNue_Des(3))*Efe_Inse_Mon,Pre_Cam(1)-Pre_Mue(1),Pre_Cam(2)-

		Pre_Mue(2),Pre_Cam(3)-Pre_Mue(3),Pre_Cam(4)- Pre_Mue(4),Pre_Cam(5)-Pre_Mue(5),(Pre_Cam(6)- Pre_Mue(6)),(Pre_Cam(7)-Pre_Mue(7))+(PreLac_Cam(5)- PreLac_Mue(5)-PreLac_Des(5)),Pre_Cam(8)-Pre_Mue(8))
⊖	Nombre:	Pre_Ini
	Definición:	50
○	Nombre:	Pre_Mue
	Definición:	Pre_Cam*Pre_ProbMue
⊖	Nombre:	Pre_ProbCam
	Definición:	0.98
⊖	Nombre:	Pre_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	Prena_Lac
	Definición:	0
▣	Nombre:	Prenas
	Definición:	0
⊖	Nombre:	Prob_Des
	Definición:	0.03
⊖	Nombre:	Prob_Sel
	Definición:	0.95
⊖	Nombre:	Prob_Sexo
	Definición:	0.5
⊖	Nombre:	Proba_Des
	Definición:	0.03
⊖	Nombre:	Proba_Sel
	Definición:	0.95
⊖	Nombre:	Tam_UA
	Definición:	450
↗	Nombre:	Ter_Cam
	Definición:	Terberos
↗	Nombre:	Ter_Ent
	Definición:	IF(T=0,Ter_Ini,[Nac_Ter-NacTer_Mue-NacTer_Des,Ter_Cam(1)- Ter_Mue(1),Ter_Cam(2)-Ter_Mue(2),Ter_Cam(3)- Ter_Mue(3),Ter_Cam(4)-Ter_Mue(4),Ter_Cam(5)- Ter_Mue(5),Ter_Cam(6)-Ter_Mue(6)])
⊖	Nombre:	Ter_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Ter_Mue
	Definición:	Ter_Cam*Ter_ProbMue
⊖	Nombre:	Ter_ProbMue
	Definición:	0.002
↗	Nombre:	Tera_Cam
	Definición:	Terberos
↗	Nombre:	Tera_Ent
	Definición:	IF(T=0,Tera_Ini,[Nac_Tera-NacTera_Mue-NacTera_Des,Tera_Cam(1)- Tera_Mue(1),Tera_Cam(2)-Tera_Mue(2),Tera_Cam(3)- Tera_Mue(3),Tera_Cam(4)-Tera_Mue(4),Tera_Cam(5)- Tera_Mue(5),Tera_Cam(6)-Tera_Mue(6)])
⊖	Nombre:	Tera_Ini

	Definición:	0
○	Nombre:	Tera_Mue
	Definición:	Tera_Cam*Tera_ProbMue
⊖	Nombre:	Tera_ProbMue
	Definición:	0.002
▬	Nombre:	Terneras
	Definición:	0
▬	Nombre:	Terneros
	Definición:	0
⤴	Nombre:	Tor_Cam
	Definición:	Toros
○	Nombre:	Tor_Des
	Definición:	Tor_Cam*Prob_Des
⤴	Nombre:	Tor_Ent
	Definición:	IF(T=0,Tor_Ini,Tore_Cam(5)-Tore_Mue(5)-Tore_Des(5))
⊖	Nombre:	Tor_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Tor_Mue
	Definición:	Tor_Cam*Tor_ProbMue
⊖	Nombre:	Tor_ProbMue
	Definición:	0.002
⤴	Nombre:	Tore_Cam
	Definición:	Toretos
○	Nombre:	Tore_Des
	Definición:	Tore_Cam*Prob_Des
⤴	Nombre:	Tore_Ent
	Definición:	IF(T=0,Tore_Ini,(((Lev_Cam(3)-Lev_Mue(3)-Lev_Des(3))*(1-Prob_Sel)),Tore_Cam(1)-Tore_Des(1)-Tore_Mue(1),Tore_Cam(2)-Tore_Des(2)-Tore_Mue(2),Tore_Cam(3)-Tore_Des(3)-Tore_Mue(3),Tore_Cam(4)-Tore_Des(4)-Tore_Mue(4)))
⊖	Nombre:	Tore_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Tore_Mue
	Definición:	Tore_Cam*Tore_ProbMue
⊖	Nombre:	Tore_ProbMue
	Definición:	0.002
▬	Nombre:	Toretos
	Definición:	0
▬	Nombre:	Toros
	Definición:	0
○	Nombre:	Total_Descartes
	Definición:	NacTer_Des*Peso_Prom_M(6)+NacTera_Des*Peso_Prom_H(8)+Lev_Des*Peso_Prom_M(2)+Leva_Des*Peso_Prom_H(2)+NovC_Des*Peso_Prom_M(3)+NovaC_Des*Peso_Prom_H(3)+Tore_Des*Peso_Prom_M(4)+VVNue_Des*Peso_Prom_H(4)+Tor_Des*Peso_Prom_M(5)+(VV_Pro-VVPro_Mue)*Peso_Prom_H(4)+VVParLac_Des*Peso_Prom_H(6)+VVDesc_Des*Peso_Prom_H(6)+PreLac_Des*Peso_Prom_H(7)
○	Nombre:	UA
	Definición:	Peso_Vivo/Tam_UA

☞	Nombre:	VVDesc_Cam
	Definición:	VV_Descanso
○	Nombre:	VVDesc_Des
	Definición:	VVDesc_Cam*Proba_Des
☞	Nombre:	VVDesc_Ent
	Definición:	IF(T=0,VVDesc_Ini,[VV_ParLac-VVParLac_Des-VVParLac_Mue,VVDesc_Cam(1)-VVDesc_Mue(1)-VVDesc_Des(1)])
⊖	Nombre:	VVDesc_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	VVDesc_Mue
	Definición:	VVDesc_Cam*VVDesc_ProbMue
⊖	Nombre:	VVDesc_ProbMue
	Definición:	0.002
☞	Nombre:	VVNue_Cam
	Definición:	VVNuevas
○	Nombre:	VVNue_Des
	Definición:	VVNue_Cam*Proba_Des
☞	Nombre:	VVNue_Ent
	Definición:	IF(T=0,VVNue_Ini,[Ent_LevaCam3*Proba_Sel,VVNue_Cam(1)-VVNue_Mue(1)-VVNue_Des(1),VVNue_Cam(2)-VVNue_Mue(2)-VVNue_Des(2)])
⊖	Nombre:	VVNue_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	VVNue_Mue
	Definición:	VVNue_Cam*VVNue_ProbMue
⊖	Nombre:	VVNue_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	VVNuevas
	Definición:	0
○	Nombre:	VVParLac_Des
	Definición:	VV_ParLac*Proba_Des
○	Nombre:	VVParLac_Mue
	Definición:	VV_ParLac*VVParLac_ProbMue
⊖	Nombre:	VVParLac_ProbMue
	Definición:	0.002
○	Nombre:	VVPro_Mue
	Definición:	VV_Pro*VVPro_ProbMue
⊖	Nombre:	VVPro_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	VV_Descanso
	Definición:	0
○	Nombre:	VV_ParLac
	Definición:	Pre_Cam(9)*Pre_ProbCam
○	Nombre:	VV_Pro
	Definición:	Pre_Cam*(1-Pre_ProbCam)

## ELEMENTOS DEL MODELO

### PROTOTIPO 2: Ganadería Ceba – Económico

⊖	Nombre:	Cap_Carga
	Definición:	80
⊖	Nombre:	Ceb_ProbMue
	Definición:	0.002
⊖	Nombre:	Ceba_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Ceba_Venta
	Definición:	Nov_Ceba_Cam(4)
○	Nombre:	Compras
	Definición:	IF(Dif_UA<0,(ABS(Dif_UA))*Tam_UA/Peso_Lev,0)
○	Nombre:	Cos_Alimentacion
	Definición:	Cos_Insumos*UA
○	Nombre:	Cos_Compras
	Definición:	Compras*P_Compra
○	Nombre:	Cos_InstyMant
	Definición:	Cos_Manteni*UA
⊖	Nombre:	Cos_Insumos
	Definición:	65000
⊖	Nombre:	Cos_Labores
	Definición:	6800
⊖	Nombre:	Cos_Manteni
	Definición:	2500
○	Nombre:	Cos_Produccion
	Definición:	Cos_Labores*UA
○	Nombre:	Cos_Profesional
	Definición:	Cos_Serv_Prof*UA
⊖	Nombre:	Cos_Sani
	Definición:	4200
○	Nombre:	Cos_Sanidad
	Definición:	Cos_Sani*UA
⊖	Nombre:	Cos_Serv_Prof
	Definición:	8300
○	Nombre:	Descartes
	Definición:	(Nov_Ceba_Des*Peso_Promedio_M(2))+(Lev_Des*Peso_Promedio_M(1))
○	Nombre:	Dif_UA
	Definición:	UA-Cap_Carga
■	Nombre:	Egresos
	Definición:	0
↔	Nombre:	Egresos_Ent
	Definición:	Cos_Alimentacion+Cos_Produccion+Cos_Profesional+Cos_Sanidad+Cos_InstyMant+Cos_Compras

■	Nombre:	Ing_Carne
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ing_Carne_Ent
	Definición:	Ceba_Venta*PV_Carne*Tam_UA
■	Nombre:	Ing_Des
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ing_Des_Ent
	Definición:	Descartes*PV_Descartes
■	Nombre:	Ingresos
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ingresos_Ent
	Definición:	Ing_Carne_Ent+Ing_Des_Ent
☞	Nombre:	Lev_Cam
	Definición:	Levantes
○	Nombre:	Lev_Des
	Definición:	Lev_Cam*Por_Ani_Des
☞	Nombre:	Lev_Ent
	Definición:	IF(T=0,Levante_Ini,[Compras,(Lev_Cam(1)-Lev_Des(1)-Lev_Mue(1))])
○	Nombre:	Lev_Mue
	Definición:	Lev_Cam*Lev_ProbMue
⊖	Nombre:	Lev_ProbMue
	Definición:	0.002
⊖	Nombre:	Levante_Ini
	Definición:	20
■	Nombre:	Levantes
	Definición:	0
■	Nombre:	Nov_Ceba
	Definición:	0
☞	Nombre:	Nov_Ceba_Cam
	Definición:	Nov_Ceba
○	Nombre:	Nov_Ceba_Des
	Definición:	Nov_Ceba_Cam*Por_Ani_Des
☞	Nombre:	Nov_Ceba_Ent
	Definición:	IF(T=0,Ceba_Ini,[Lev_Cam(2)-Lev_Mue(2)-Lev_Des(2),(Nov_Ceba_Cam(1)-Nov_Ceba_Mue(1)-Nov_Ceba_Des(1)),(Nov_Ceba_Cam(2)-Nov_Ceba_Mue(2)-Nov_Ceba_Des(2)),(Nov_Ceba_Cam(3)-Nov_Ceba_Mue(3)-Nov_Ceba_Des(3))])
○	Nombre:	Nov_Ceba_Mue
	Definición:	Nov_Ceba_Cam*Ceb_ProbMue
⊖	Nombre:	PV_Carne
	Definición:	3000
⊖	Nombre:	PV_Descartes
	Definición:	2900
⊖	Nombre:	P_Compra
	Definición:	700000
○	Nombre:	P_V

	Definición:	$Levantes * Peso\_Promedio\_M(1) + Nov\_Ceba * Peso\_Promedio\_M(2)$
⊖	Nombre:	Peso_Lev
	Definición:	250
⊖	Nombre:	Peso_Promedio_M
	Definición:	[320,410]
○	Nombre:	Por_Ani_Des
	Definición:	$IF(Dif\_UA < 0, 0, Dif\_UA/UA)$
⊖	Nombre:	Tam_UA
	Definición:	450
○	Nombre:	UA
	Definición:	$P\_V / Tam\_UA$
○	Nombre:	Utilidad
	Definición:	Ingresos-Egresos

## ELEMENTOS DEL MODELO

### PROTOTIPO 3: Ganadería Lechera

○	Nombre:	Cant_Embriones
	Definición:	Don_Cam(3)*PorEmb_Venta*Prom_Embrion
⇌	Nombre:	Cap_CargaL
	Definición:	60
○	Nombre:	Cos_Alim
	Definición:	Cos_Insum*UA
⇌	Nombre:	Cos_Deprec
	Definición:	6000
○	Nombre:	Cos_Gastos
	Definición:	Cos_Deprec*UA
⇌	Nombre:	Cos_Insum
	Definición:	100000
⇌	Nombre:	Cos_Labores
	Definición:	14000
○	Nombre:	Cos_MantInstySer
	Definición:	Cos_Manteni*UA
⇌	Nombre:	Cos_Manteni
	Definición:	7000
○	Nombre:	Cos_Produccion
	Definición:	Cos_Labores*UA
○	Nombre:	Cos_SupLec
	Definición:	(Terneras(1)*Sup_Req(1)*Valor_Sup)+(Terneras(2)*Valor_Sup*Sup_Req(2))
⇌	Nombre:	Des_Cam
	Definición:	Descartes
⇌	Nombre:	Des_Cri
	Definición:	0.2
⇌	Nombre:	Des_Ent
	Definición:	Total_Descartes
■	Nombre:	Descartes
	Definición:	0
○	Nombre:	Dif_UA
	Definición:	UA-Cap_CargaL
⇌	Nombre:	DonL_Ini
	Definición:	0
⇌	Nombre:	Don_Cam
	Definición:	Donadoras
○	Nombre:	Don_Des
	Definición:	Don_Cam*Prob_Des_Don
⇌	Nombre:	Don_Ent
	Definición:	IF(T=0,DonL_Ini,[(NovEli_Cam(3)-NovEli_Mue(3)-NovEli_Des(3))+Don_Cam(3)*(1-Efec_Inse))+Don_V,Don_Cam(1)-Don_Mue(1)-Don_Des(1),Don_Cam(2)-Don_Mue(2)-Don_Des(2)])
○	Nombre:	Don_Mue
	Definición:	Don_Cam*Don_ProbMue

⊖	Nombre:	Don_ProbMue
	Definición:	0.002
○	Nombre:	Don_V
	Definición:	Sincro_Cam(1)
▢	Nombre:	Donadoras
	Definición:	0
⊖	Nombre:	Efe_Inse_Mon
	Definición:	0.93
⊖	Nombre:	Efec_Inse
	Definición:	0.9
⊖	Nombre:	Efec_Transf_Emb
	Definición:	0.9
▢	Nombre:	EgresosL
	Definición:	0
↗	Nombre:	Egresos_Ent
	Definición:	Cos_Produccion+Cos_Alim+Cos_Gastos+Cos_MantInstySer+Cos_SupLec
▢	Nombre:	Embriones
	Definición:	0
↗	Nombre:	Embriones_Ent
	Definición:	Cant_Embriones
▢	Nombre:	Ing_DesL
	Definición:	0
↗	Nombre:	Ing_Des_Ent
	Definición:	PV_Descartes*Des_Cam
▢	Nombre:	Ing_Embrion
	Definición:	0
↗	Nombre:	Ing_Embrion_Ent
	Definición:	Embriones_Ent*PV_Embrion
↗	Nombre:	Ing_Lec_Ent
	Definición:	Leche_Ent*PV_Leche
▢	Nombre:	Ing_Leche
	Definición:	0
▢	Nombre:	IngresosL
	Definición:	0
↗	Nombre:	Ingresos_Ent
	Definición:	Ing_Lec_Ent+Ing_Des_Ent+Ing_Embrion_Ent
▢	Nombre:	Leche
	Definición:	0
↗	Nombre:	Leche_Ent
	Definición:	Productores_Lec
○	Nombre:	NacTer_Mue
	Definición:	Nac_Ter*Nac_ProbMue
○	Nombre:	NacTera_Des
	Definición:	Nac_Tera*Des_Cri
○	Nombre:	NacTera_Mue
	Definición:	Nac_Tera*Nac_ProbMue
⊖	Nombre:	Nac_ProbMue

	Definición:	0.002
○	Nombre:	Nac_Ter
	Definición:	Nacimientos*Prob_Sexo
○	Nombre:	Nac_Tera
	Definición:	Nacimientos*(1-Prob_Sexo)
○	Nombre:	Nacimientos
	Definición:	Pre_Cam(9)*Pre_ProbCam
☞	Nombre:	NovEli_Cam
	Definición:	Nov_Elite
○	Nombre:	NovEli_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_Carga,NovEli_Cam*Por_Des,NovEli_Cam*Prob_Des_Eli)
☞	Nombre:	NovEli_Ent
	Definición:	IF(T=0,NovaEliL_Ini,[(Tera_Cam(7)-Tera_Mue(7))*Prob_Elite,NovEli_Cam(1)-NovEli_Mue(1)-NovEli_Des(1),NovEli_Cam(2)-NovEli_Mue(2)-NovEli_Des(2)])
○	Nombre:	NovEli_Mue
	Definición:	NovEli_Cam*NovEli_ProbMue
☞	Nombre:	NovEli_ProbMue
	Definición:	0.002
☞	Nombre:	Nov_Cam
	Definición:	Novillas
○	Nombre:	Nov_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_CargaL,Nov_Cam*Por_Des,Nov_Cam*Proba_Des)
▣	Nombre:	Nov_Elite
	Definición:	0
☞	Nombre:	Nov_Ent
	Definición:	IF(T=0,NovaL_Ini,[(Tera_Cam(7)-Tera_Mue(7))*(1-Prob_Elite),Nov_Cam(1)-Nov_Mue(1)-Nov_Des(1),Nov_Cam(2)-Nov_Mue(2)-Nov_Des(2)])
○	Nombre:	Nov_Mue
	Definición:	Nov_Cam*Nov_ProbMue
☞	Nombre:	Nov_ProbMue
	Definición:	0.002
☞	Nombre:	NovaEliL_Ini
	Definición:	0
☞	Nombre:	NovaL_Ini
	Definición:	0
▣	Nombre:	Novillas
	Definición:	0
○	Nombre:	Otros_Cos
	Definición:	Cos_Gastos+Cos_MantInstySer+Cos_SupLec
☞	Nombre:	PV_Descartes
	Definición:	2500
☞	Nombre:	PV_Embrion
	Definición:	150000
☞	Nombre:	PV_Leche
	Definición:	700
☞	Nombre:	Peso_Nac

	Definición:	40
⊖	Nombre:	Peso_Prom_H
	Definición:	[130,260,260,320,420,400,480,440,450,480,35]
○	Nombre:	Peso_Vivo
	Definición:	Terneras*Peso_Prom_H(1)+Novillas*Peso_Prom_H(2)+Nov_Elite*Peso_Prom_H(3)+VVNuevas*Peso_Prom_H(4)+Receptoras*Peso_Prom_H(5)+Donadoras*Peso_Prom_H(6)+Prenas*Peso_Prom_H(7)+VV_Descanso*Peso_Prom_H(8)+RV_Descanso*Peso_Prom_H(9)+Prena_Lac*Peso_Prom_H(10)
⊖	Nombre:	PorEmb_Venta
	Definición:	0.3
○	Nombre:	Por_Des
	Definición:	IF(Dif_UA<0,0,Dif_UA/UA)
⊖	Nombre:	Por_Tipo
	Definición:	0.6
⊖	Nombre:	PreL_Ini
	Definición:	100
⊖	Nombre:	PreLacL_Ini
	Definición:	0
↗	Nombre:	PreLac_Cam
	Definición:	Prena_Lac
○	Nombre:	PreLac_Des
	Definición:	PreLac_Cam*Proba_Des
↗	Nombre:	PreLac_Ent
	Definición:	IF(T=0,PreLacL_Ini,[VVDesc_Cam(2)-VVDesc_Mue(2)-VVDesc_Des(2),PreLac_Cam(1)-PreLac_Mue(1)-PreLac_Des(1),PreLac_Cam(2)-PreLac_Mue(2)-PreLac_Des(2),PreLac_Cam(3)-PreLac_Mue(3)-PreLac_Des(3),PreLac_Cam(4)-PreLac_Mue(4)-PreLac_Des(4),PreLac_Cam(5)-PreLac_Mue(5)-PreLac_Des(5),PreLac_Cam(6)-PreLac_Mue(6)-PreLac_Des(6),PreLac_Cam(7)-PreLac_Mue(7)-PreLac_Des(7)])
○	Nombre:	PreLac_Mue
	Definición:	PreLac_Cam*PreLac_ProbMue
⊖	Nombre:	PreLac_ProbMue
	Definición:	0.002
↗	Nombre:	Pre_Cam
	Definición:	Prenas
↗	Nombre:	Pre_Ent
	Definición:	IF(T=0,PreL_Ini,[((VVNue_Cam(3)-VVNue_Mue(3)-VVNue_Des(3))*Efe_Inse_Mon)+(Rec_Pre-Rec_Mue(3)-Rec_Des(3)),Pre_Cam(1)-Pre_Mue(1),Pre_Cam(2)-Pre_Mue(2),Pre_Cam(3)-Pre_Mue(3),Pre_Cam(4)-Pre_Mue(4),Pre_Cam(5)-Pre_Mue(5),(Pre_Cam(6)-Pre_Mue(6)),Pre_Cam(7)-Pre_Mue(7),Pre_Cam(8)-Pre_Mue(8)+(PreLac_Cam(8)-PreLac_Mue(8)-PreLac_Des(8))])
○	Nombre:	Pre_Mue
	Definición:	Pre_Cam*Pre_ProbMue
⊖	Nombre:	Pre_ProbCam
	Definición:	0.98

☞	Nombre:	Pre_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	Prena_Lac
	Definición:	0
▣	Nombre:	Prenas
	Definición:	0
☞	Nombre:	Prob_Des_Don
	Definición:	0.0005
☞	Nombre:	Prob_Des_Eli
	Definición:	0.01
☞	Nombre:	Prob_Elite
	Definición:	0.05
☞	Nombre:	Prob_Sexo
	Definición:	0.5
☞	Nombre:	Proba_Des
	Definición:	0.03
☞	Nombre:	Proba_Sel
	Definición:	0.6
○	Nombre:	Productores_Lec
	Definición:	Prom_Lec_Prod(1)*VV_Descanso+Prom_Lec_Prod(2)*Prena_Lac
☞	Nombre:	Prom_Embrion
	Definición:	8
☞	Nombre:	Prom_Lec_Prod
	Definición:	[750,840]
☞	Nombre:	RVDescL_Ini
	Definición:	0
☞	Nombre:	RVDesc_Cam
	Definición:	RV_Descanso
○	Nombre:	RVDesc_Des
	Definición:	RVDesc_Cam*Proba_Des
☞	Nombre:	RVDesc_Ent
	Definición:	IF(T=0,RVDescL_Ini,[(VV_ParLac-VVParLac_Des-VVParLac_Mue)*(1-Por_Tipo),RVDesc_Cam(1)-RVDesc_Mue(1)-RVDesc_Des(1)])
○	Nombre:	RVDesc_Mue
	Definición:	RVDesc_Cam*RVDesc_ProbMue
☞	Nombre:	RVDesc_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	RV_Descanso
	Definición:	0
☞	Nombre:	RecL_Ini
	Definición:	0
☞	Nombre:	Rec_Cam
	Definición:	Receptoras
○	Nombre:	Rec_Des
	Definición:	Rec_Cam*Proba_Des
☞	Nombre:	Rec_Ent
	Definición:	IF(T=0,RecL_Ini,[(Nov_Cam(3)-Nov_Mue(3)-Nov_Des(3))*(1-Proba_Sel))+Rec_V,Rec_Cam(1)-Rec_Mue(1)-

		Rec_Des(1),Rec_Cam(2)-Rec_Mue(2)-Rec_Des(2))
○	Nombre:	Rec_Mue
	Definición:	Rec_Cam*Rec_ProbMue
○	Nombre:	Rec_Pre
	Definición:	Sincro_Cam(2)*Efec_Transf_Emb
⊖	Nombre:	Rec_ProbMue
	Definición:	0.002
○	Nombre:	Rec_V
	Definición:	Sincro_Cam(2)*(1-Efec_Transf_Emb)
■	Nombre:	Receptoras
	Definición:	0
■	Nombre:	Sincro
	Definición:	0
↗	Nombre:	Sincro_Cam
	Definición:	Sincro
↗	Nombre:	Sincro_Ent
	Definición:	[Don_Cam(3)*Efec_Inse,Rec_Cam(3)+RVDesc_Cam(2)]
⊖	Nombre:	Sup_Req
	Definición:	[6,3]
⊖	Nombre:	Tam_UA
	Definición:	450
⊖	Nombre:	TeraL_Ini
	Definición:	0
↗	Nombre:	Tera_Cam
	Definición:	Terteras
↗	Nombre:	Tera_Ent
	Definición:	IF(T=0,TeraL_Ini,[Nac_Tera-NacTera_Mue-NacTera_Des,Tera_Cam(1)-Tera_Mue(1),Tera_Cam(2)-Tera_Mue(2),Tera_Cam(3)-Tera_Mue(3),Tera_Cam(4)-Tera_Mue(4),Tera_Cam(5)-Tera_Mue(5),Tera_Cam(6)-Tera_Mue(6)])
○	Nombre:	Tera_Mue
	Definición:	Tera_Cam*Tera_ProbMue
⊖	Nombre:	Tera_ProbMue
	Definición:	0.002
■	Nombre:	Terteras
	Definición:	0
○	Nombre:	Total_Descartes
	Definición:	NacTera_Des*Peso_Prom_H(11)+Nac_Ter*Peso_Nac+Nov_Des*Peso_Prom_H(2)+NovEli_Des*Peso_Prom_H(3)+PreLac_Des*Peso_Prom_H(10)+RVDesc_Des*Peso_Prom_H(9)+VVDesc_Des*Peso_Prom_H(8)+VParLac_Des*Peso_Prom_H(7)+(VV_Pro-VVPro_Mue)*Peso_Prom_H(7)+Don_Des*Peso_Prom_H(6)+VVNue_Des*Peso_Prom_H(4)+Rec_Des*Peso_Prom_H(5)
○	Nombre:	UA
	Definición:	Peso_Vivo/Tam_UA
○	Nombre:	UtilidadL
	Definición:	IngresosL-EgresosL
⊖	Nombre:	VVDescL_Ini
	Definición:	0

☞	Nombre:	VVDesc_Cam
	Definición:	VV_Descanso
○	Nombre:	VVDesc_Des
	Definición:	VVDesc_Cam*Proba_Des
☞	Nombre:	VVDesc_Ent
	Definición:	IF(T=0,VVDescL_Ini,[(VV_ParLac-VVParLac_Des-VVParLac_Mue)*Por_Tipo,VVDesc_Cam(1)-VVDesc_Mue(1)-VVDesc_Des(1)])
○	Nombre:	VVDesc_Mue
	Definición:	VVDesc_Cam*VVDesc_ProbMue
☞	Nombre:	VVDesc_ProbMue
	Definición:	0.002
☞	Nombre:	VVNueL_Ini
	Definición:	0
☞	Nombre:	VVNue_Cam
	Definición:	VVNuevas
○	Nombre:	VVNue_Des
	Definición:	IF(UA>Cap_CargaL,VVNue_Cam*Por_Des,VVNue_Cam*Proba_Des)
☞	Nombre:	VVNue_Ent
	Definición:	IF(T=0,VVNueL_Ini,[(Nov_Cam(3)-Nov_Mue(3)-Nov_Des(3))*Proba_Sel+(VVNue_Cam(3)*(1-Efe_Inse_Mon)),VVNue_Cam(1)-VVNue_Mue(1)-VVNue_Des(1),VVNue_Cam(2)-VVNue_Mue(2)-VVNue_Des(2)])
○	Nombre:	VVNue_Mue
	Definición:	VVNue_Cam*VVNue_ProbMue
☞	Nombre:	VVNue_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	VVNuevas
	Definición:	0
○	Nombre:	VVParLac_Des
	Definición:	VV_ParLac*Proba_Des
○	Nombre:	VVParLac_Mue
	Definición:	VV_ParLac*VVParLac_ProbMue
☞	Nombre:	VVParLac_ProbMue
	Definición:	0.002
○	Nombre:	VVPro_Mue
	Definición:	VV_Pro*VVPro_ProbMue
☞	Nombre:	VVPro_ProbMue
	Definición:	0.002
▣	Nombre:	VV_Descanso
	Definición:	0
○	Nombre:	VV_ParLac
	Definición:	Pre_Cam(9)*Pre_ProbCam
○	Nombre:	VV_Pro
	Definición:	Pre_Cam*(1-Pre_ProbCam)
☞	Nombre:	Valor_Sup
	Definición:	800

## ELEMENTOS DEL MODELO

### PROTOTIPO 4: Biofísico

○	Nombre:	Ali_Req
	Definición:	Carga_UA*Tasa_Cons_UA
○	Nombre:	Ali_Req2
	Definición:	Carga2_UA*Tasa_Cons_UA
○	Nombre:	Area_2
	Definición:	Area_Tot-Area_Pot
○	Nombre:	Area_Pot
	Definición:	Area_Tot/Cant_Pot
⊕	Nombre:	Area_Tot
	Definición:	2
○	Nombre:	Cant_Pastoreos
	Definición:	Periodo/T_D
⊕	Nombre:	Cant_Pot
	Definición:	4
○	Nombre:	Cant_Sup
	Definición:	Sup_Finca+Compra_Sup
○	Nombre:	Cant_Sup_C
	Definición:	Sup_Finca_C+Compra_Sup_C
○	Nombre:	Cap_Carga
	Definición:	ROUND(Ener_Total/Cons_UA)
○	Nombre:	Cap_Carga_C
	Definición:	ROUND(Ener_Total_C/Cons_UA)
⊕	Nombre:	Cap_Sup
	Definición:	500000
⊕	Nombre:	Cap_Sup_C
	Definición:	300000
○	Nombre:	Carga2_UA
	Definición:	ROUND(Kg_Pasto_Ini2/(T_P*(Cant_Pot-1)*Tasa_Cons_UA))
○	Nombre:	Carga_UA
	Definición:	ROUND(Kg_Pasto_Ini/(T_P*Tasa_Cons_UA))
○	Nombre:	Compra_Sup
	Definición:	Cap_Sup/Precio_Sup
○	Nombre:	Compra_Sup_C
	Definición:	Cap_Sup_C/Precio_Sup
○	Nombre:	Compras
	Definición:	IF(Dif_Peso<0,0,Dif_Peso)
○	Nombre:	Compras_C
	Definición:	IF(Dif_Peso_C<0,0,Dif_Peso_C)
⊙	Nombre:	Cond_Clima
	Definición:	INTSPLINE(0,1,1,40,40,60,40,50,40,50,40,60,40,20)
⊕	Nombre:	Cons_UA
	Definición:	150
○	Nombre:	Descartes
	Definición:	IF(Dif_Peso<0,ABS(Dif_Peso),0)

○	Nombre:	Descartes_C
	Definición:	IF(Dif_Peso_C<0,ABS(Dif_Peso_C),0)
○	Nombre:	Dif_Peso
	Definición:	Peso_Carga-P_V
○	Nombre:	Dif_Peso_C
	Definición:	Peso_Carga_C-P_V
○	Nombre:	Ener_F
	Definición:	IF(Tipo_Pasto=1,F_D*Prop_Ener_F(1),IF(Tipo_Pasto=2,F_D*Prop_Ener_F(2),IF(Tipo_Pasto=3,F_D*(Prop_Ener_F(1)+Prop_Ener_F(3)),0)))
○	Nombre:	Ener_F_C
	Definición:	IF(Tipo_Pasto_C=1,F_D_C*Prop_Ener_F_C(1),IF(Tipo_Pasto_C=2,F_D_C*Prop_Ener_F_C(2),IF(Tipo_Pasto_C=3,F_D_C*Prop_Ener_F_C(3),IF(Tipo_Pasto_C=4,F_D_C*Prop_Ener_F_C(4),0)))
○	Nombre:	Ener_S
	Definición:	Cant_Sup*Prop_Ener_S
○	Nombre:	Ener_S_C
	Definición:	Cant_Sup_C*Prop_Ener_S_C
○	Nombre:	Ener_Total
	Definición:	Ener_F+Ener_S
○	Nombre:	Ener_Total_C
	Definición:	Ener_F_C+Ener_S_C
↔	Nombre:	Ent_Pastos
	Definición:	IF(Pasto_Disp2<Ali_Req,Pasto_Disp,0)
↔	Nombre:	Ent_Pastos2
	Definición:	IF(Pasto_Disp<Ali_Req,Kg_Pasto_Ini2,Pasto_Disp2)
○	Nombre:	FV_Neto
	Definición:	Prom_FV_Anuar-Pro_Per_FV
○	Nombre:	F_D
	Definición:	F_O-(F_R+(F_O*Por_FO_Sup))
○	Nombre:	F_D_C
	Definición:	F_O_C-(F_R_C+F_O_C*Por_FO_Sup_C)
○	Nombre:	F_O
	Definición:	Area_Pot*IDB*T_D
○	Nombre:	F_O_C
	Definición:	Area_Tot*IDB_C*T_C
○	Nombre:	F_R
	Definición:	0.03*F_O
○	Nombre:	F_R_C
	Definición:	0.05*F_O_C
○	Nombre:	IDB
	Definición:	Cond_Clima
○	Nombre:	IDB_C
	Definición:	Cond_Clima
○	Nombre:	Kg_FV_Pastoreo
	Definición:	FV_Neto/Cant_Pastoreos
○	Nombre:	Kg_Pasto_Ini
	Definición:	ROUND(Kg_FV_Pastoreo*Area_Pot)
○	Nombre:	Kg_Pasto_Ini2

	Definición:	$\text{ROUND}(\text{Kg\_FV\_Pastoreo} * \text{Area\_2})$
○	Nombre:	P_V
	Definición:	$\text{UA} * \text{Tam\_UA}$
○	Nombre:	Pasto_Disp
	Definición:	$\text{IF}(\text{Ali\_Req} > \text{Sal\_Pastos}, \text{Kg\_Pasto\_Ini}, \text{Sal\_Pastos} - \text{Ali\_Req})$
○	Nombre:	Pasto_Disp2
	Definición:	$\text{IF}(\text{Ali\_Req2} > \text{Sal\_Pastos2}, 0, \text{Sal\_Pastos2} - \text{Ali\_Req2})$
■	Nombre:	Pastos
	Definición:	0
■	Nombre:	Pastos2
	Definición:	0
→	Nombre:	Periodo
	Definición:	365
○	Nombre:	Peso_Carga
	Definición:	$\text{Cap\_Carga} * \text{Tam\_UA}$
○	Nombre:	Peso_Carga_C
	Definición:	$\text{Tam\_UA} * \text{Cap\_Carga\_C}$
→	Nombre:	Por_FO_Sup
	Definición:	0.5
→	Nombre:	Por_FO_Sup_C
	Definición:	0.3
→	Nombre:	Por_Per
	Definición:	0.05
→	Nombre:	Precio_Sup
	Definición:	800
○	Nombre:	Pro_Per_FV
	Definición:	$\text{Prom\_FV\_Anual} * \text{Por\_Per}$
→	Nombre:	Prom_FV
	Definición:	[150000,120000,125000,90000]
○	Nombre:	Prom_FV_Anual
	Definición:	$\text{IF}(\text{AND}(\text{Tipo\_Pasto}=1, \text{Temporada}=1), \text{Prom\_FV}(1), \text{IF}(\text{AND}(\text{Tipo\_Pasto}=1, \text{Temporada}=2), \text{Prom\_FV}(2), \text{IF}(\text{AND}(\text{Tipo\_Pasto}=2, \text{Temporada}=1), \text{Prom\_FV}(3), \text{IF}(\text{AND}(\text{Tipo\_Pasto}=2, \text{Temporada}=2), \text{Prom\_FV}(4), 0))))$
→	Nombre:	Prom_TP
	Definición:	[4,6,5]
→	Nombre:	Prop_Ener_F
	Definición:	[2.4,2.1,2.8]
→	Nombre:	Prop_Ener_F_C
	Definición:	[2.35,2.33,2.51,2.4]
→	Nombre:	Prop_Ener_S
	Definición:	2
→	Nombre:	Prop_Ener_S_C
	Definición:	2.5
→	Nombre:	Sal_Pastos
	Definición:	Pastos
→	Nombre:	Sal_Pastos2
	Definición:	Pastos2
○	Nombre:	Sup_Finca

	Definición:	F_O*Por_FO_Sup
○	Nombre:	Sup_Finca_C
	Definición:	F_O_C*Por_FO_Sup_C
○	Nombre:	Sup_Req
	Definición:	IF(Ali_Req>Sal_Pastos,IF(Pasto_Displ<0,ABS(Pasto_Displ),Ali_Req-Sal_Pastos),0)
○	Nombre:	Sup_Req2
	Definición:	IF(Ali_Req2>Sal_Pastos2,IF(Pasto_Displ2<0,ABS(Pasto_Displ2),Ali_Req2-Sal_Pastos2),0)
○	Nombre:	T_C
	Definición:	IF(AND(Tipo_Pasto_C=1,Temporada=1),T_C_Lluvia(1),IF(AND(Tipo_Pasto_C=1,Temporada=2),T_C_Sequia(1),IF(AND(Tipo_Pasto_C=2,Temporada=1),T_C_Lluvia(2),IF(AND(Tipo_Pasto_C=2,Temporada=2),T_C_Sequia(2),IF(AND(Tipo_Pasto_C=3,Temporada=1),T_C_Lluvia(3),IF(AND(Tipo_Pasto_C=3,Temporada=2),T_C_Sequia(3),IF(AND(Tipo_Pasto_C=4,Temporada=1),T_C_Lluvia(4),IF(AND(Tipo_Pasto_C=4,Temporada=2),T_C_Sequia(4),0))))))))))
⊖	Nombre:	T_C_Lluvia
	Definición:	[35,45,60,60]
⊖	Nombre:	T_C_Sequia
	Definición:	[45,45,75,75]
○	Nombre:	T_D
	Definición:	IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=1),T_D_Lluvia(1),IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=2),T_D_Sequia(1),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=1),T_D_Lluvia(2),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=2),T_D_Sequia(2),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=1),T_D_Lluvia(3),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=2),T_D_Sequia(3),0))))))))
⊖	Nombre:	T_D_Lluvia
	Definición:	[28,35,40]
⊖	Nombre:	T_D_Sequia
	Definición:	[32,45,45]
○	Nombre:	T_P
	Definición:	IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=1),Prom_TP(1),IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=2),Prom_TP(1),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=1),Prom_TP(2),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=2),Prom_TP(2),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=1),Prom_TP(3),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=2),Prom_TP(3),0))))))))
⊖	Nombre:	Tam_UA
	Definición:	450
○	Nombre:	Tasa_Cons_UA
	Definición:	0.1*Tam_UA
⊖	Nombre:	Temporada
	Definición:	1
⊖	Nombre:	Tipo_Pasto
	Definición:	1
⊖	Nombre:	Tipo_Pasto_C
	Definición:	1
⊖	Nombre:	UA
	Definición:	5
○	Nombre:	UA_Com

	Definición:	ROUND(Compras/Tam_UA)
<input type="radio"/>	Nombre:	UA_Com_C
	Definición:	ROUND(Compras_C/Tam_UA)
<input type="radio"/>	Nombre:	UA_Des
	Definición:	ROUND(Descartes/Tam_UA)
<input type="radio"/>	Nombre:	UA_Des_C
	Definición:	ROUND(Descartes_C/Tam_UA)

## ELEMENTOS DEL MODELO

### PROTOTIPO 5: Ganadería Ceba – General

○	Nombre:	Ani_Des
	Definición:	Novillos_Des(1)+Novillos_Des(2)+Nov_Ceba_Des(1)+Nov_Ceba_Des(2)+Nov_Ceba_Des(2)+Nov_Ceba_Des(3)+Nov_Ceba_Des(4)+Nov_Ceba_Des(5)+Nov_Ceba_Des(6)
○	Nombre:	Area_Pot
	Definición:	Area_Tot/Cant_Pot
⊖	Nombre:	Area_Tot
	Definición:	2
⊖	Nombre:	Cant_Pot
	Definición:	8
○	Nombre:	Cant_Sup
	Definición:	Sup_Finca+Compra_Sup
○	Nombre:	Cap_Carga
	Definición:	ROUND(Ener_Total/Cons_UA)
⊖	Nombre:	Cap_Sup
	Definición:	500000
⊖	Nombre:	Ceb_ProbMue
	Definición:	0.002
⊖	Nombre:	Ceba_Ini
	Definición:	0
○	Nombre:	Ceba_Venta
	Definición:	Nov_Ceba_Cam(6)
○	Nombre:	Compra_Sup
	Definición:	Cap_Sup/Precio_Sup
○	Nombre:	Compras
	Definición:	IF(Dif_Peso<0,0,Dif_Peso)
○	Nombre:	Compras_Lev
	Definición:	ROUND(IF(Dif_UA<0,(ABS(Dif_UA))*Tam_UA/Peso_Lev,0))
⊙	Nombre:	Cond_Clima
	Definición:	INTSPLINE(0,1,1,40,40,60,40,50,40,50,40,60,40,20)
⊖	Nombre:	Cons_UA
	Definición:	150
○	Nombre:	Cos_Ali
	Definición:	Cos_Insu*UA
○	Nombre:	Cos_Com
	Definición:	Compras_Lev*P_Compra
○	Nombre:	Cos_Ins
	Definición:	Cos_Man*UA
⊖	Nombre:	Cos_Insu
	Definición:	75000
⊖	Nombre:	Cos_Lab
	Definición:	7000

☞	Nombre:	Cos_Man
	Definición:	1500
○	Nombre:	Cos_Pro
	Definición:	Cos_Lab*UA
○	Nombre:	Cos_Prof
	Definición:	Cos_Ser*UA
○	Nombre:	Cos_San
	Definición:	Cos_Sani*UA
☞	Nombre:	Cos_Sani
	Definición:	4300
☞	Nombre:	Cos_Ser
	Definición:	8300
○	Nombre:	Descartes
	Definición:	IF(Dif_Peso<0,ABS(Dif_Peso),0)
○	Nombre:	Dif_Peso
	Definición:	Peso_Carga-P_V
○	Nombre:	Dif_UA
	Definición:	UA-Cap_Carga
■	Nombre:	Egresos
	Definición:	0
☞	Nombre:	Egresos_Ent
	Definición:	Cos_Ali+Cos_Pro+Cos_Prof+Cos_San+Cos_Ins+Cos_Com
○	Nombre:	Ener_F
	Definición:	IF(Sis_Pas=1,IF(Tipo_Pasto=1,F_D*Prop_E_F(1),IF(Tipo_Pasto=2,F_D*Prop_E_F(2),IF(Tipo_Pasto=3,F_D*(Prop_E_F(1)+Prop_E_F(3)),0))),IF(Sis_Pas=2,IF(Tipo_Pasto_C=1,F_D*Prop_E_F_C(1),IF(Tipo_Pasto_C=2,F_D*Prop_E_F_C(2),IF(Tipo_Pasto_C=3,F_D*Prop_E_F_C(3),IF(Tipo_Pasto=4,F_D*Prop_E_F_C(4),0))),0))),0))
○	Nombre:	Ener_S
	Definición:	Cant_Sup*Prop_E_S
○	Nombre:	Ener_Total
	Definición:	Ener_F+Ener_S
○	Nombre:	F_D
	Definición:	F_O-(F_R+(F_O*Por_FO_Sup))
○	Nombre:	F_O
	Definición:	IF(Sis_Pas=1,Area_Pot*IDB*T_D,IF(Sis_Pas=2,Area_Pot*IDB*T_C,0))
○	Nombre:	F_R
	Definición:	0.03*F_O
○	Nombre:	IDB
	Definición:	Cond_Clima
■	Nombre:	Ing_Carne
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ing_Carne_Ent
	Definición:	Ceba_Venta*PV_Carne*Tam_UA
■	Nombre:	Ing_Des
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ing_Des_Ent
	Definición:	(Novillos_Des*Peso_Prom_M(1)+Nov_Ceba_Des*Peso_Prom_M(2))*PV

		Descartes
■	Nombre:	Ingresos
	Definición:	0
↗	Nombre:	Ingresos_Ent
	Definición:	Ing_Carne_Ent+Ing_Des_Ent
⊖	Nombre:	LevC_Ini
	Definición:	60
■	Nombre:	NovC_Ceba
	Definición:	0
■	Nombre:	NovC_Lev
	Definición:	0
↗	Nombre:	Nov_Ceba_Cam
	Definición:	NovC_Ceba
○	Nombre:	Nov_Ceba_Des
	Definición:	Nov_Ceba_Cam*Por_Ani_Des
↗	Nombre:	Nov_Ceba_Ent
	Definición:	IF(T=0,Ceba_Ini,[Novillos_Cam(2)-Novillos_Mue(2)- Novillos_Des(2),Nov_Ceba_Cam(1)-Nov_Ceba_Mue(1)- Nov_Ceba_Des(1),Nov_Ceba_Cam(2)-Nov_Ceba_Mue(2)- Nov_Ceba_Des(2),Nov_Ceba_Cam(3)-Nov_Ceba_Mue(3)- Nov_Ceba_Des(3),Nov_Ceba_Cam(4)-Nov_Ceba_Mue(4)- Nov_Ceba_Des(4),Nov_Ceba_Cam(5)-Nov_Ceba_Mue(5)- Nov_Ceba_Des(5)])
○	Nombre:	Nov_Ceba_Mue
	Definición:	Nov_Ceba_Cam*Ceb_ProbMue
⊖	Nombre:	Nov_ProbMue
	Definición:	0.002
↗	Nombre:	Novillos_Cam
	Definición:	NovC_Lev
○	Nombre:	Novillos_Des
	Definición:	Novillos_Cam*Por_Ani_Des
↗	Nombre:	Novillos_Ent
	Definición:	IF(T=0,LevC_Ini,[Compras_Lev,Novillos_Cam(1)-Novillos_Des(1)- Novillos_Mue(1)])
○	Nombre:	Novillos_Mue
	Definición:	Novillos_Cam*Nov_ProbMue
⊖	Nombre:	PV_Carne
	Definición:	3000
⊖	Nombre:	PV_Descartes
	Definición:	2900
⊖	Nombre:	P_Compra
	Definición:	600000
○	Nombre:	P_V
	Definición:	NovC_Lev*Peso_Prom_M(1)+NovC_Ceba*Peso_Prom_M(2)
○	Nombre:	Peso_Carga
	Definición:	Cap_Carga*Tam_UA
⊖	Nombre:	Peso_Lev
	Definición:	250
⊖	Nombre:	Peso_Prom_M

	Definición:	[310,450]
○	Nombre:	Por_Ani_Des
	Definición:	IF(Dif_UA<0,0,Dif_UA/UA)
⊖	Nombre:	Por_FO_Sup
	Definición:	0.5
⊖	Nombre:	Precio_Sup
	Definición:	800
⊖	Nombre:	Prom_TP
	Definición:	[4,6,5]
⊖	Nombre:	Prop_E_F
	Definición:	[2.4,2.1,2.8]
⊖	Nombre:	Prop_E_F_C
	Definición:	[2.35,2.33,2.51,2.4]
⊖	Nombre:	Prop_E_S
	Definición:	2
⊖	Nombre:	Sis_Pas
	Definición:	1
○	Nombre:	Sup_Finca
	Definición:	F_O*Por_FO_Sup
○	Nombre:	T_C
	Definición:	IF(AND(Tipo_Pasto_C=1,Temporada=1),T_C_Lluvia(1),IF(AND(Tipo_Pasto_C=1,Temporada=2),T_C_Sequia(1),IF(AND(Tipo_Pasto_C=2,Temporada=1),T_C_Lluvia(2),IF(AND(Tipo_Pasto_C=2,Temporada=2),T_C_Sequia(2),IF(AND(Tipo_Pasto_C=3,Temporada=1),T_C_Lluvia(3),IF(AND(Tipo_Pasto_C=3,Temporada=2),T_C_Sequia(3),IF(AND(Tipo_Pasto_C=4,Temporada=1),T_C_Lluvia(4),IF(AND(Tipo_Pasto_C=4,Temporada=2),T_C_Sequia(4),0))))))))))
⊖	Nombre:	T_C_Lluvia
	Definición:	[35,45,60,60]
⊖	Nombre:	T_C_Sequia
	Definición:	[45,45,75,75]
○	Nombre:	T_D
	Definición:	IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=1),T_D_Lluvia(1),IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=2),T_D_Sequia(1),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=1),T_D_Lluvia(2),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=2),T_D_Sequia(2),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=1),T_D_Lluvia(3),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=2),T_D_Sequia(3),0))))))))
⊖	Nombre:	T_D_Lluvia
	Definición:	[28,35,40]
⊖	Nombre:	T_D_Sequia
	Definición:	[32,45,45]
○	Nombre:	T_P
	Definición:	IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=1),Prom_TP(1),IF(AND(Tipo_Pasto=1,Temporada=2),Prom_TP(1),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=1),Prom_TP(2),IF(AND(Tipo_Pasto=2,Temporada=2),Prom_TP(2),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=1),Prom_TP(3),IF(AND(Tipo_Pasto=3,Temporada=2),Prom_TP(3),0))))))))
⊖	Nombre:	Tam_UA
	Definición:	450
⊖	Nombre:	Temporada

<input type="radio"/>	Definición:	1
<input checked="" type="radio"/>	Nombre:	Tipo_Pasto
	Definición:	3
<input checked="" type="radio"/>	Nombre:	Tipo_Pasto_C
	Definición:	1
<input type="radio"/>	Nombre:	UA
	Definición:	$P\_V/Tam\_UA$
<input type="radio"/>	Nombre:	UA_Com
	Definición:	$ROUND(Compras/Tam\_UA)$
<input type="radio"/>	Nombre:	UA_Des
	Definición:	$ROUND(Descartes/Tam\_UA)$
<input type="radio"/>	Nombre:	Utilidad
	Definición:	Ingresos-Egresos

## ELEMENTOS DEL MODELO

### PROTOTIPO 6: Crecimiento Pasto

	Nombre:	A1
	Definición:	0
	Nombre:	AliSum
	Definición:	Compra_Sup+Sal_PasEnsi+Sal_PasCort
	Nombre:	Area_Sem
	Definición:	10000
	Nombre:	CAli
	Definición:	IF(AliSum/ConsTot_UA<0.5,0.5,if(AliSum/ConsTot_UA>Tasa_CAli,Tasa_CAli,AliSum/ConsTot_UA))
	Nombre:	Cant_Sec
	Definición:	9
	Nombre:	Carga_UA
	Definición:	10
	Nombre:	Compra_Sup
	Definición:	(if(Sal_PasEnsi<Dif_Cons,Dif_Cons-Sal_PasEnsi,0))*Dinero_Dis
	Nombre:	ConsTot_UA
	Definición:	Req_Alim*Tam_Ani*Carga_UA
	Nombre:	Crec_Pas
	Definición:	INTSPLINE(0,0,0.2,0.05496131,0.05491296,0.05482594,0.05475986,0.05468896,0.05463094)
	Nombre:	Dias_Desc
	Definición:	30
	Nombre:	Dif_Cons
	Definición:	ConsTot_UA-Sal_PasCort
	Nombre:	Dinero_Dis
	Definición:	1
	Nombre:	Ent_P1
	Definición:	IF(PasCre<(Kg_Max_Pas),(PasCre*Crec_Pas*2),0)
	Nombre:	Ent_PasEnsi
	Definición:	if(Sal_P1>0,Retardo_1,0)
	Nombre:	Kg_Max_Pas
	Definición:	Area_Sem*Kg_Teo
	Nombre:	Kg_Pas_Ini
	Definición:	0.025
	Nombre:	Kg_Teo
	Definición:	INTPASO(0,1,1,2,2.5,4,3,3)
	Nombre:	PasCor
	Definición:	PasCorIni
	Nombre:	PasCorIni
	Definición:	0
	Nombre:	PasCre
	Definición:	Kg_Pas_Ini*Kg_Max_Pas
	Nombre:	Pas_Ensi
	Definición:	0

○	Nombre:	PerCor
	Definición:	if(T>0,if(MOD(T,Dias_Desc)=0,0,1),1)
⊖	Nombre:	PesMax
	Definición:	650
⊖	Nombre:	PesMin
	Definición:	250
↗	Nombre:	Peso_Ani
	Definición:	IF(AND(Tam_Ani>PesMin,Tam_Ani*(Var_Cre-1)<0),Tam_Ani*(Var_Cre-1),IF(AND(Tam_Ani<PesMax,Tam_Ani*(Var_Cre-1)>0),Tam_Ani*(Var_Cre-1),0))
○	Nombre:	ProCre
	Definición:	PasCre/Kg_Max_Pas
⊖	Nombre:	Req_Alim
	Definición:	0.02
⌘	Nombre:	Retardo_1
	Definición:	RETARDO(PasCor, 1, 1,PasCor)
↗	Nombre:	Sal_P1
	Definición:	if(PerCor=0,PasCre/Cant_Sec,0)
↗	Nombre:	Sal_PasCort
	Definición:	if(A1<=PasCor,A1,PasCor)
↗	Nombre:	Sal_PasEnsi
	Definición:	if(Dif_Cons<Pas_Ensi,Dif_Cons,Pas_Ensi)
■	Nombre:	Sup_Com
	Definición:	0
📈	Nombre:	Tab_VarCre
	Definición:	INTLINEAL(0,0.5,0.1,0.8,0.85,0.9,1,1.05,1.1,1.15,1.25,1.3,1.3,1.3)
■	Nombre:	Tam_Ani
	Definición:	Tam_UA
⊖	Nombre:	Tam_UA
	Definición:	450
⊖	Nombre:	Tasa_CAlI
	Definición:	1.2
⊖	Nombre:	Tipo_Pasto_Cor
	Definición:	2
○	Nombre:	Var_Cre
	Definición:	Tab_VarCre

## ANEXO B: FORMATO DE PRUEBAS DE SOFTWARE

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE SIPROBI 1.0</b>						
<b>Comprensión y Operación de la animación SIPROBI</b>						
<b>Institución:</b>						
<b>Ciudad:</b>						
<b>Nombre:</b>						
<b>Fecha:</b>						
<b>Marque con una X Si ó No y la proporción de la afirmación o negación anteriormente escogida. Si no sabe responder o no entiende la pregunta, no conteste.</b>	Si	No	Bajo (0 a 3 Puntos)	Aceptable (3 a 6 Puntos)	Bueno (6 a 8 Puntos)	Excelente (8 a 10 Puntos)
¿Permite la modificación e inclusión de datos en la interfaz de SIPROBI?						
¿Posee un diseño general, claro y atractivo de la pantalla?						
¿La información que se presenta es apropiada para los usuarios a la cual está dirigido el software?						
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?						
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?						
¿La Inactividad de los campos según el modelo seleccionado facilita el ingreso de los datos requeridos por la aplicación?						
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo luego de una simulación?						
¿La terminología usada es clara y está acorde con la empleada en el medio ganadero?						

¿La aplicación en general aporta al aprendizaje de los procesos ganaderos y es útil para la toma de decisiones?						
¿El software presenta errores cuando se está ejecutando?						
¿El software despierta y mantiene la curiosidad e interés del usuario?						
¿El software permite tener acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?						
¿El software permite que el usuario tenga la posibilidad de decidir que información y en que orden trabajar?						
¿El software puede ser utilizado varias veces sin salirse, o una vez recorrido ya no es nuevamente utilizable si no se ingresa de nuevo al sistema?						
¿Los nombres de los menús son los adecuados según su funcionalidad?						
¿El software establece una relación de interactividad (comunicación) con el usuario?						
¿El software guía al usuario en el proceso de simulación?						
¿Los íconos empleados ilustran de forma clara su funcionalidad en el software?						
¿Promueve el desarrollo de la iniciativa y el aprendizaje autónomo y significativo de los usuarios?						
¿Fomenta el desarrollo de estrategias de aprendizaje en los usuarios, que les permitan planificar, regular y evaluar su propia actividad de aprendizaje?						
¿El módulo de Ayuda permite al usuario solucionar por si mismo las dudas que tenga referentes al manejo y funcionamiento del software?						
¿Se pueden ejecutar las simulaciones bajo diferentes condiciones, variando parámetros como: área, tipo de sistema de producción, valores de parámetros, etc.?						
¿Los resultados obtenidos luego de la simulación permiten sacar conclusiones para la situación planteada?						

## ANEXO C. MANUAL DEL USUARIO “SIPROBI 1.0”

A continuación, se muestra en forma fácil y concreta el uso de la interfaz software SIPROBI 1.0, sus opciones de funcionamiento y permisibilidad.

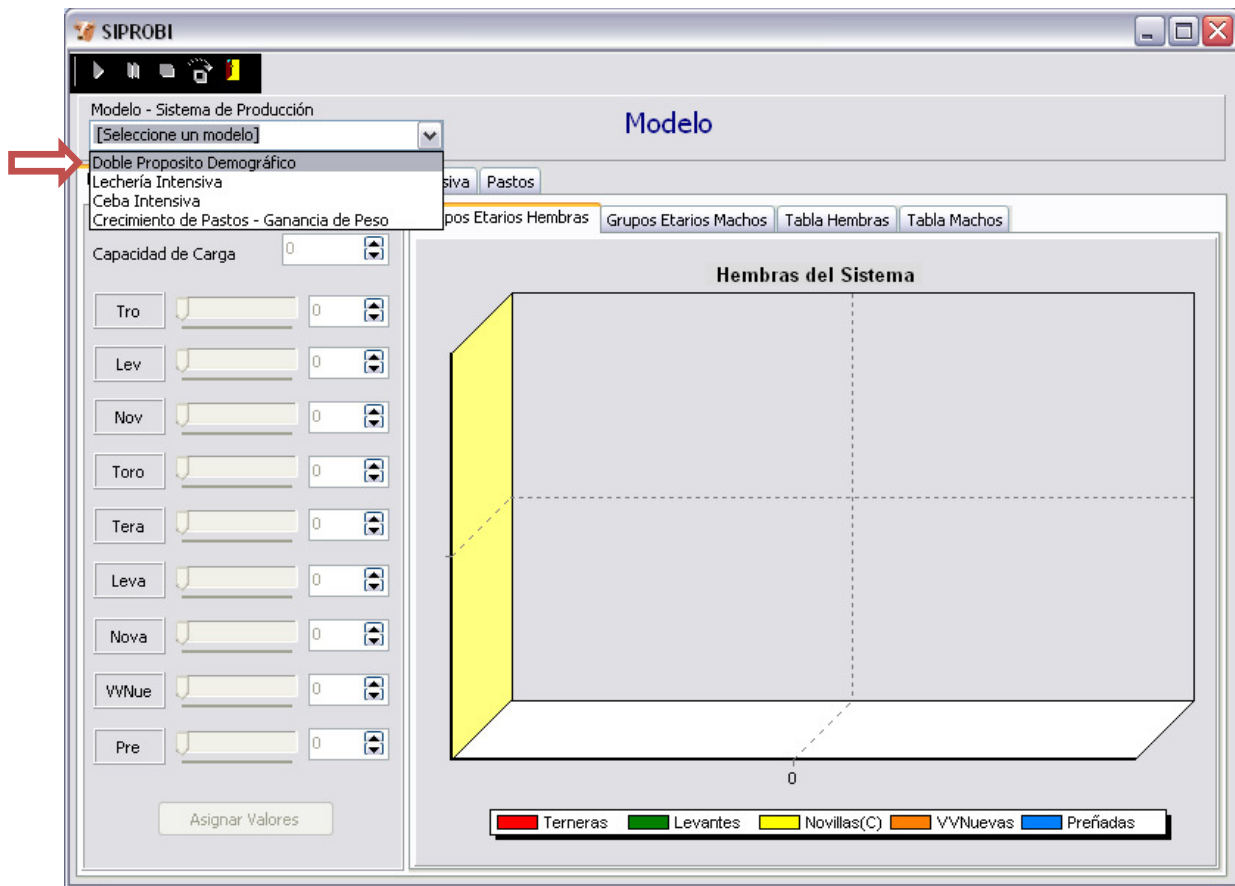
Al ejecutar SIPROBI 1.0, se mostrará en la pantalla el siguiente entorno:



Observe que todos los controles se encuentran deshabilitados excepto el combo que muestra los diferentes modelos que pueden ser cargados.

Se describen a continuación, los pasos a seguir luego de ejecutar la interfaz:

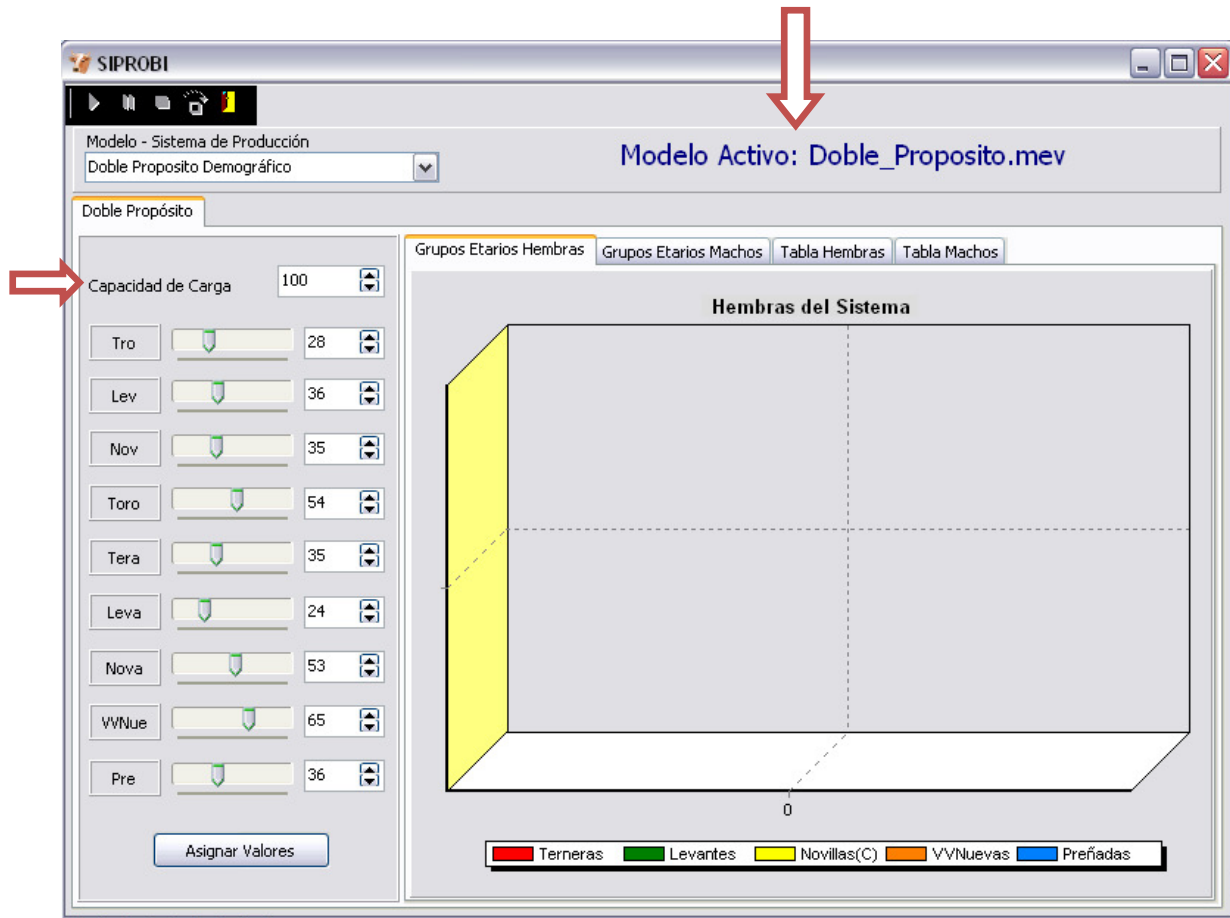
1. Elija el modelo con el cual desea realizar la simulación. Para ello, haga click sobre el menú desplegable que se encuentra activo al ejecutar Siprobi y seleccione el modelo deseado o presione las flechas de desplazamiento del teclado  $\uparrow$  ó  $\downarrow$ , realizará la misma acción.



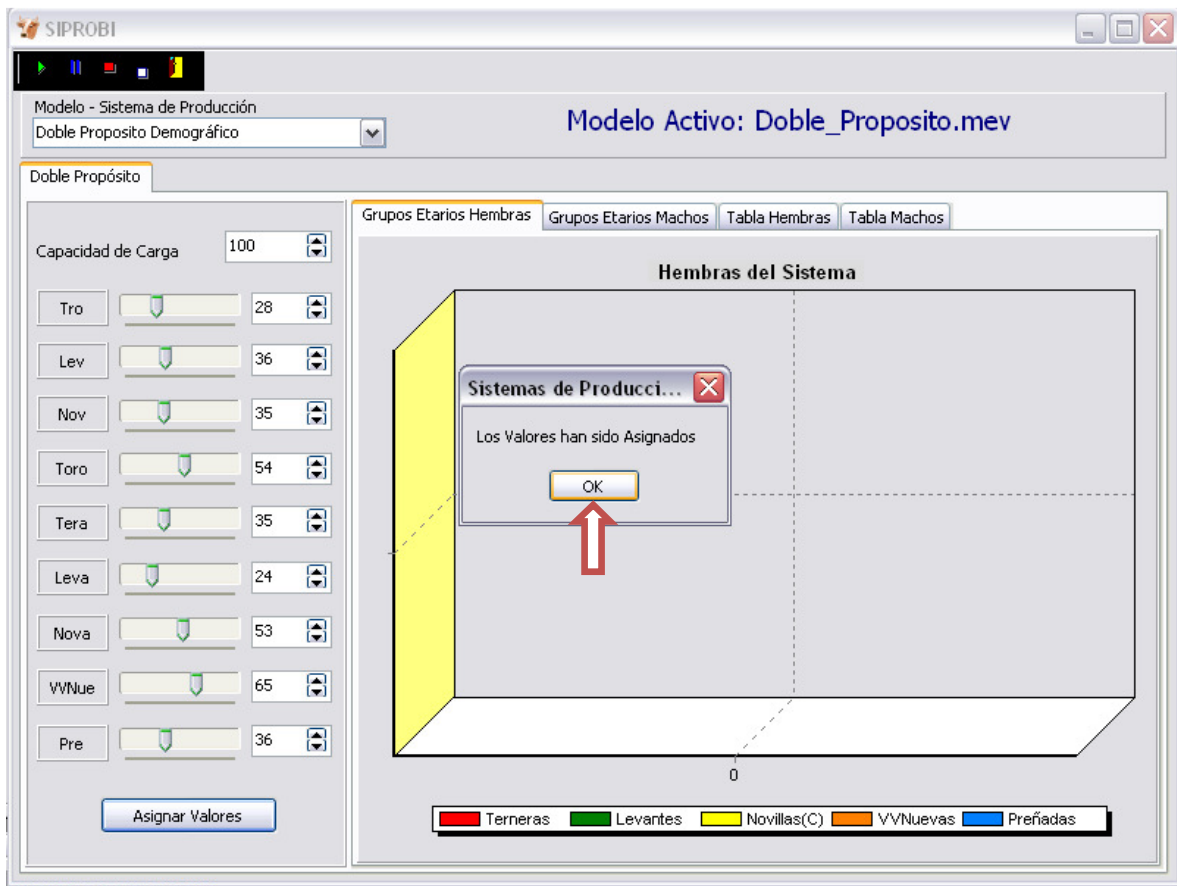
2. Una vez elegido el modelo, se mostrarán únicamente las pestañas con las cuales la interfaz visualizará los resultados de simulación del modelo seleccionado. De igual forma, se activarán los controles de las variables con las que el modelo puede ser manipulado y los cuadros de edición en los cuales podrá asignar valores a dichas variables. Asigne los valores deseados.

En la figura siguiente, se muestra un ejemplo de lo expuesto en el numeral 2, si se selecciona el modelo Doble Propósito Demográfico. Observe como los controles

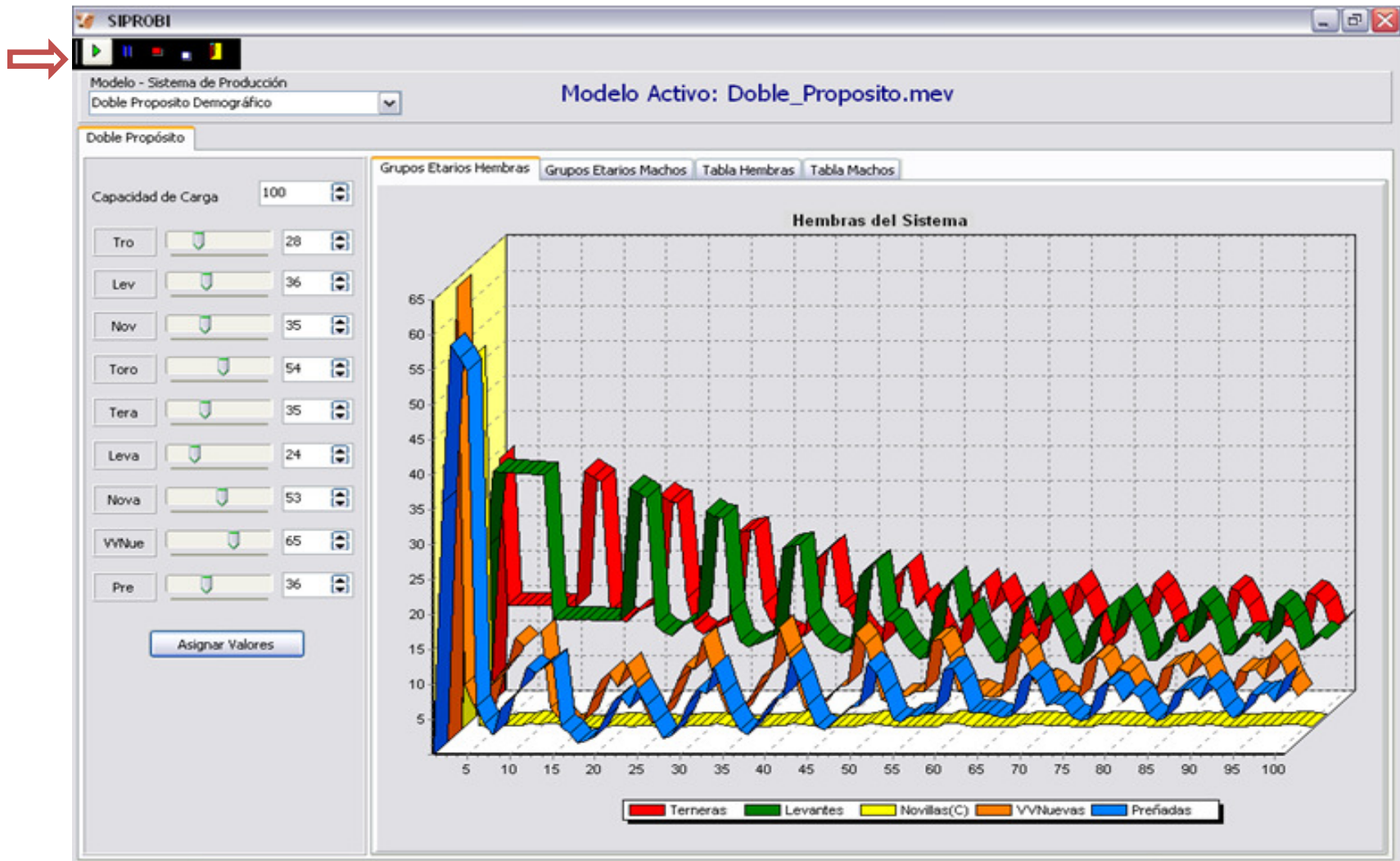
han sido modificados con respecto a su posición inicial y como se ha introducido un valor en la capacidad de carga.



3. Asigne ahora los valores deseados a las variables del modelo, haciendo click sobre el botón “Asignar Valores”. Los nuevos valores serán los que se tengan en cuenta para la simulación.
4. Al momento de presionar el botón Asignar Valores, se mostrará de inmediato un mensaje de alerta, el cual le indicará que los valores han sido asignados, presione OK en éste mensaje. De inmediato otro mensaje será desplegado, indicándole que debe hacer click en el botón iniciar, presione nuevamente OK. En la siguiente figura se muestra lo descrito.



5. Finalmente, haga click en el botón iniciar ubicado en la parte superior izquierda de la ventana. Se mostrarán en las pestañas los resultados de la simulación. A continuación se muestra lo descrito:



6. Para iniciar una nueva simulación con valores diferentes, repita los pasos de 2 a 5. Puede visualizar valores tabulares en las respectivas pestañas del modelo activo haciendo click sobre ellas.