

**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**

**FANNY YADIRA RUIZ GARCÍA
RUBIELA SILVA OLIVARES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2008**

**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**

**FANNY YADIRA RUIZ GARCIA
RUBIELA SILVA OLIVARES**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero de Sistemas**

**Director
HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA
Ingeniero de Sistemas Msc.**

**Codirector
CARLOS ANIBAL VASQUEZ CARDOZO
Médico Veterinario**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA
2008**

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta y ser mi sentido de mi vida.

A mis padres por enseñarme a nadar en contra de la corriente para lograr lo que me propongo, a mis hermanos por su compañía incondicional,

A mi esposo por su amor y apoyo en cada etapa del camino, aún en los momentos difíciles,

A mis hijos por su inmenso cariño, paciencia y comprensión y

A todas las personas que de una u otra forma han creído en mí.

YADIRA RUIZ GARCÍA

A Dios, el único ser capaz de crear amor de la nada, por
la inmensa paciencia y generosidad para conmigo
A mi esposo, mi complemento, el regalo con el que Dios
me ha bendecido
A mis padres y hermanos, quienes formaron la persona
que soy y siempre están dispuestos a ayudarme
A mis amigos, que me conocen, corrigen y comprenden
Y a quienes han hecho esto posible.

RUBIELA SILVA OLIVARES

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Hugo Hernando Andrade Sosa, Msc. en Informática y Director del grupo de investigación SIMON y de esta tesis de grado, por su orientación, visión, comprensión y confianza durante todo el desarrollo del proyecto.

Carlos Aníbal Vásquez Cardozo, Médico Veterinario, docente del Instituto de Educación a Distancia (INSED) de la Universidad Industrial de Santander, asesor en temas referentes al área agropecuaria y codirector de este proyecto de grado, por su aporte activo en la definición de los componentes de este proyecto, y por compartirnos sus experiencias en ganadería bovina.

Mario Cuellar y Emiliano Lince, Ingenieros de Sistemas, por el desarrollo de la herramienta de apoyo al modelado y el soporte prestado.

Urbano Eliécer Prada y Omar Augusto Barragán, Ingenieros de sistemas y autores de SIPROB 1.0, por incursionar en esta área de investigación y darnos la base fundamental para nuestro trabajo.

A nuestra institución universitaria, que nos dio los elementos necesarios para nuestra formación integral como ingenieras.

A Alfonso Mendoza Castellanos y Eliécer Pineda Ballesteros, docentes de la Universidad Industrial de Santander, por sus recomendaciones para mejorar este proyecto.

A todos a quienes de una u otra forma colaboraron y mostraron interés en el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

pág.

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 19 |
| CONCEPTOS PRELIMINARES | 22 |
| 1. OBJETIVOS..... | 23 |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL | 23 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 23 |
| 2. JUSTIFICACION..... | 24 |
| 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 24 |
| 2.2. SOLUCIÓN PROPUESTA..... | 27 |
| 2.3. VIABILIDAD..... | 31 |
| 2.4. IMPACTO..... | 32 |
| DEFINICIÓN DEL MODELO Y DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE SIPROB 2.0..... | 33 |
| 3. MARCO CONCEPTUAL..... | 34 |
| 3.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE GANADERÍA BOVINA EN COLOMBIA | 34 |
| INTRODUCCIÓN | 34 |
| 3.1.1. Tipos de sistemas de producción de ganadería bovina en Colombia | 34 |
| 3.1.1.1. Cría..... | 34 |
| 3.1.1.2. Leche | 35 |
| 3.1.1.3. Doble Propósito..... | 35 |
| 3.1.1.4. Ceba..... | 35 |
| 3.1.1.5. Ciclo Completo..... | 35 |
| 3.2. RAZAS Y CONDICIONES GENÉTICAS..... | 35 |
| 3.3. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL | 46 |
| 3.3.1. Fisiología digestiva del ganado..... | 46 |
| 3.3.2. Alimentación con forrajes..... | 47 |
| 3.3.2.1. Valor Nutritivo de los Forrajes..... | 47 |
| 3.3.2.2. Factores que afectan la producción de pastos..... | 48 |
| 3.3.2.3. Pastos de Pastoreo..... | 50 |
| 3.3.2.4. Pastos de Corte | 56 |
| 3.3.2.5. Otros Productos de Suplementación..... | 62 |
| 3.3.2.6. Especies no deseadas | 64 |
| 3.4. SANIDAD ANIMAL..... | 66 |
| 3.4.1. Cuidados del ternero recién nacido..... | 66 |
| 3.4.1.1. Cuidados durante el crecimiento..... | 66 |
| 3.4.1.2. Enfermedades más comunes..... | 68 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5. DOS PROYECTOS NACIONALES EN CURSO QUE FOMENTAN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR CÁRNICO Y LECHERO | 71 |
| 3.5.1. Programa: Agro Ingreso Seguro (AIS). | 72 |
| 3.5.1.1. Adecuación de tierras y manejo del recurso hídrico sistemas de riego, drenaje y control de inundaciones. | 72 |
| 3.5.1.2. Equipos pecuarios y acuícolas. | 72 |
| 3.5.1.3. Adquisición de Ganado Bovino Puro. | 72 |
| 3.5.1.4. Fortalecimiento Sanitario Pecuario. | 72 |
| 3.5.1.5. Asistencia Técnica. | 73 |
| 3.5.2. Apuesta exportadora agropecuaria del ministerio de agricultura y desarrollo rural (2006-2020). | 73 |
| 3.5.2.1. Ganado Bovino de Carne. | 73 |
| 3.5.2.2. Ganado Bovino de Leche. | 76 |
| 3.6. DINÁMICA DE SISTEMAS Y ENFOQUE SISTÉMICO | 79 |
| 3.6.1. Dinámica de sistemas. | 79 |
| 3.6.2. Modelamiento con enfoque sistémico. | 81 |
| 3.6.3. Lenguajes de representación del modelo. | 82 |
| 3.6.4. Simulación por computadora. | 84 |
| 3.7. MYSQL COMO SISTEMA MANEJADOR DE BASE DE DATOS | 85 |
| GENERALIDADES. | 85 |
| 3.7.1. Características principales. | 86 |
| 3.7.1.1. Interioridades | 86 |
| 3.7.1.2. Tipos de Columnas | 87 |
| 3.7.1.3. Sentencias y Funciones | 87 |
| 3.7.1.4. Seguridad | 87 |
| 3.7.1.5. Escalabilidad y Límites | 87 |
| 3.7.1.6. Conectividad | 87 |
| 3.7.1.7. Localización | 88 |
| 3.8. DESARROLLO SOFTWARE CON DELPHI | 88 |
| GENERALIDADES. | 88 |
| 3.8.1. Características. | 88 |
| 3.8.2. Elementos de programación. | 89 |
| 3.8.3. Componentes. | 89 |
| 3.8.3.1. Propiedades. | 89 |
| 3.8.3.2. Métodos. | 89 |
| 3.8.3.3. Eventos. | 89 |
| 3.8.4. Base de datos. | 89 |
| 4. METODOLOGIA: PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO SOFTWARE (RUP) | 91 |
| 4.1. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN | 91 |
| 4.2. PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO SOFTWARE | 91 |
| GENERALIDADES. | 91 |
| 4.2.1. Características. | 92 |
| 4.2.1.1. Proceso Dirigido por Casos de Uso. | 92 |
| 4.2.1.2. Proceso Centrado en la Arquitectura. | 93 |
| 4.2.1.3. Proceso Iterativo e Incremental. | 94 |

| | |
|---|------------|
| 4.3. ESTRUCTURA DEL PROCESO | 95 |
| 4.3.1. Eje horizontal. | 96 |
| 4.3.2. Eje vertical..... | 96 |
| 4.4. FASES DEL CICLO DE DESARROLLO RUP | 97 |
| 4.4.1. Fase de inicio..... | 97 |
| 4.4.1.1. Metodología de Definición de Requerimientos..... | 98 |
| 4.4.1.2. Consulta de Herramientas Software relacionadas con el Sector Ganadero Bovino. | 100 |
| 4.4.2. Fase de elaboración. | 103 |
| 4.4.2.1. Arquitectura Modelo Cliente-Servidor | 104 |
| 4.4.2.2. Elementos de una Aplicación con la Arquitectura Cliente/Servidor..... | 106 |
| 4.4.2.3. Aspectos de la Arquitectura de SIPROB 2.0. | 107 |
| 4.4.2.4. Ventajas del Modelo Cliente/Servidor..... | 109 |
| 4.4.2.5. Inconvenientes del Modelo Cliente/Servidor | 110 |
| 4.4.2.6. Definición del Modelo de Datos para la Base de Datos Relacional. | 110 |
| 4.4.3. Fase de construcción. Los objetivos concretos incluyen:..... | 110 |
| 4.4.4. Fase de transición. | 111 |
| 4.5. FLUJOS DE TRABAJO..... | 112 |
| 4.5.1. Modelado del negocio. | 112 |
| 4.5.2. Requisitos. | 113 |
| 4.5.3. Análisis y diseño. | 113 |
| 4.5.4. Implementación. | 114 |
| 4.5.5. Pruebas. | 114 |
| 4.5.6. DESPLIEGUE. | 115 |
| 5. MODELADO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO BOVINO CON DINÁMICA DE SISTEMAS | 116 |
| 5.1. MODELADO EN EL LENGUAJE EN PROSA: DESCRIPCIÓN DEL MODELO | 116 |
| 5.1.1. Variables demográficas.. | 119 |
| 5.1.2. Variables biofísicas. | 123 |
| 5.1.3. Variables socioeconómicas. | 126 |
| 5.1.3.1. Ingresos. | 126 |
| 5.1.3.2. Egresos. | 126 |
| 5.2. MODELO EN EL LENGUAJE DE INFLUENCIAS..... | 130 |
| 5.2.1. Variables demográficas. | 132 |
| 5.2.2. Variables biofísicas. | 133 |
| 5.2.3. Variables socioeconómicas. | 134 |
| 5.3. MODELO EN EL LENGUAJE DE FLUJO-NIVEL | 134 |
| 5.3.1. Variables demográficas. | 136 |
| 5.3.2. Variables biofísicas. | 137 |
| 5.3.3. Variables socioeconómicas. | 138 |
| 5.4. MODELO EN EL LENGUAJE DE LAS ECUACIONES..... | 138 |
| 5.5. MODELO EN EL LENGUAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS SIMULADOS | 139 |
| 5.6. PRUEBAS Y VALIDACIÓN DEL MODELO..... | 142 |
| 5.6.1. Suficiencia de los límites..... | 142 |

| | |
|--|------------|
| 5.6.2. Evaluación de la estructura..... | 143 |
| 5.6.3. Consistencia dimensional. | 143 |
| 5.6.4. Condiciones extremas.. | 143 |
| 5.6.4.1. Pruebas Realizadas a Niveles de las Variables Demográficas..... | 143 |
| 5.6.4.2. Pruebas realizadas a auxiliares de las Variables Biofísicas..... | 146 |
| 5.6.4.3. Pruebas realizadas a auxiliares de las Variables Socioeconómicas..... | 149 |
| 5.6.5. Error de integración. | 151 |
| 5.6.5.1. Simulación utilizando el Método de Integración Euler..... | 152 |
| 5.6.5.2. Simulación utilizando el Método de Integración de Runge Kutta 2..... | 153 |
| 5.6.5.3. Simulación utilizando el Método de Integración de Runge Kutta 3..... | 154 |
| 5.6.5.4. Simulación utilizando el Método de Integración de Runge Kutta 4..... | 155 |
| 5.6.6. Análisis de sensibilidad. | 156 |
| 5.6.6.4. Variación de la Producción Inicial de Leche para una vaca que ha tenido de 1 a 3 partos. | 156 |
| 5.6.6.2. Variación del Sistema de Producción seleccionado para observar la cantidad total de hembras..... | 158 |
| 5.6.6.3. Variación del Área existente de un tipo de Pasto de Corte y comportamiento de la proteína producida..... | 160 |
| 6. CONCLUSIONES | 162 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 163 |
| BIBLIOGRAFÍA | 164 |
| ANEXOS..... | 166 |

LISTADO DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Ejemplar de la raza blanco orejinegro | 36 |
| Figura 2. Ejemplar de la raza angus | 37 |
| Figura 3. Ejemplar de la raza normando..... | 38 |
| Figura 4. Ejemplar de la raza cebú | 39 |
| Figura 5. Ejemplar de la raza lucerna | 40 |
| Figura 6. Ejemplar de la raza chino santandereano | 41 |
| Figura 7. Ejemplar de la raza romosinuano | 42 |
| Figura 8. Ejemplar de la raza pardo suizo | 43 |
| Figura 9. Ejemplar de la raza holstein | 44 |
| Figura 10. Ejemplar de la raza jersey | 45 |
| Figura 11. Fisiología de la digestión de un rumiante | 46 |
| Figura 12. Pasto brachiaria decumbens | 50 |
| Figura 13. Pasto brachiaria radicans | 51 |
| Figura 14. Pasto estrella | 51 |
| Figura 15. Pasto brachiaria brizantha | 52 |
| Figura 16. Pasto guinea..... | 53 |
| Figura 17. Pasto mulato..... | 54 |
| Figura 18. Pasto angleton..... | 55 |
| Figura 19. Pasto king grass | 56 |
| Figura 20. Pasto morado..... | 57 |
| Figura 22. Pasto taiwan | 59 |
| Figura 23. Pasto guatemala..... | 59 |
| Figura 24. Pasto elefante..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| Figura 25. Pasto imperial | 61 |
| Figura 26. Factores que influyen en la producción animal | 64 |
| Figura 27. El enlace entre la estructura y el comportamiento. | 80 |
| Figura 28. Proceso de modelado con dinámica de sistemas | 83 |
| Figura 29. El rup en la estructura formal de la ingeniería del software | 92 |
| Figura 30. Los casos de uso como un elemento integrador y guía de trabajo..... | 93 |
| Figura 31. Evolución de la arquitectura del sistema en las cuatro fases del rup..... | 94 |
| Figura 32. Una iteración en el rup..... | 95 |
| Figura 33. Estructura estática y dinámica del rup..... | 96 |
| Figura 34. Ciclo de vida de una aplicación desarrollada con rup | 97 |
| Figura 35. Interfaz software infotambo | 100 |
| Figura 36. Interfaz software tauruswebs..... | 101 |
| Figura 37. Interfaz software sw+ ganadero | 103 |
| Figura 38. Arquitectura cliente servidor | 105 |
| Figura 39. Aplicaciones cliente/servidor | 107 |
| Figura 40. Peticiones del cliente al servidor | 108 |
| Figura 41. Estilo de bases de datos con arquitectura cliente/servidor | 109 |
| Figura 42. Diagrama de influencias general | 131 |
| Figura 43. Diagrama de influencias variables demográficas | 132 |
| Figura 44. Diagrama de influencias variables biofísicas..... | 133 |
| Figura 45. Diagrama de influencias variables socioeconómicas..... | 134 |
| Figura 46. Elementos de representación de un modelo en lenguaje de flujo-nivel..... | 135 |
| Figura 47. Diagrama flujo-nivel para un grupo etario | 136 |
| Figura 48. Diagrama flujo-nivel de los pastos de corte y pastoreo..... | 137 |
| Figura 49. Diagrama flujo-nivel para el flujo de capital..... | 138 |
| Figura 49. Resultados de entrada y salida de terneros | 139 |

| | |
|--|-----|
| Figura 50. Variación del peso total y ugg totales (ugg = 540 kg) | 140 |
| Figura 51. Tabla de variación del peso total y ugg totales (ugg = 480 kg) | 141 |
| Figura 52. Gráfica de variación del peso total y ugg totales (ugg = 480 kg) | 142 |
| Figura 53. Resultados obtenidos con valores de entradas negativas | 144 |
| Figura 54. Resultados obtenidos luego de validar valores de entradas negativas | 145 |
| Figura 55. Resultados obtenidos con valores de entradas muy grandes..... | 146 |
| Figura 56. Resultados obtenidos con valores de tasa de consumo muy grandes | 147 |
| Figura 57. Resultados obtenidos con una tasa de consumo negativa | 148 |
| Figura 58. Resultados obtenidos con una tasa de consumo con valores muy pequeños | 149 |
| Figura 59. Resultados obtenidos con costos de personal para pocos animales..... | 150 |
| Figura 60. Resultados obtenidos con costos de personal para muchos animales..... | 151 |
| Figura 61. Condiciones de simulación. | 152 |
| Figura 62. Tabla de resultados utilizando el método euler de integración. | 152 |
| Figura 63. Condiciones de simulación. | 153 |
| Figura 64. Tabla de resultados utilizando el método runge kutta 2 de integración. | 153 |
| Figura 65. Condiciones de simulación. | 154 |
| Figura 66. Tabla de resultados utilizando el método runge kutta 3 de integración. | 154 |
| Figura 67. Condiciones de simulación. | 155 |
| Figura 68. Tabla de resultados utilizando el método runge kutta 4 de integración. | 155 |
| Figura 69. Análisis de sensibilidad para la producción leche. | 156 |
| Figura 70. Resultados análisis de sensibilidad para la producción leche. | 157 |
| Figura 71. Análisis de sensibilidad para total hembras. | 158 |
| Figura 72. Resultados análisis de sensibilidad para el total de hembras..... | 159 |
| Figura 73. Análisis de sensibilidad para la proteína pasto de corte. | 160 |
| Figura 74. Resultados análisis de sensibilidad para la proteína pasto de corte..... | 161 |
| Figura 74. Símbolos utilizados en un diagrama de casos de uso | 170 |

| | |
|---|-----|
| Figura 75. Caso de uso acceso al sistema | 171 |
| Figura 76. Diagrama de caso de uso administración | 172 |
| Figura 77. Diagrama de caso de uso crear finca | 172 |
| Figura 78. Diagrama de caso de uso crear municipio | 173 |
| Figura 79. Caso de uso crear departamento | 173 |
| Figura 80. Diagrama de caso de uso abrir archivo evolución..... | 173 |
| Figura 83. Símbolos para los mensajes en un diagrama de secuencias | 175 |
| Figura 84. Diagrama de secuencias acceso al sistema | 175 |
| Figura 85. Diagrama de secuencia modificación de datos iniciales | 176 |
| Figura 86. Diagrama de secuencia modificar la base de datos..... | 177 |
| Figura 87. Diagrama de secuencias simular..... | 178 |
| Figura 88. Simbología del diagrama de actividades..... | 179 |
| Figura 89. Representación de puntos de decisión en un diagrama de actividades | 179 |
| Figura 90. Representación de una división y reincorporación..... | 180 |
| Figura 91. Indicaciones de actividad..... | 180 |
| Figura 92. Diagrama de actividades para siprob 2.0 | 181 |
| Figura 93. Formulario presentación | 188 |
| Figura 94. Formulario de ingreso al sistema..... | 189 |
| Figura 95. Formulario principal | 190 |
| Figura 96. Menú de administración..... | 191 |
| Figura 97. Submenú de mantenimiento..... | 191 |
| Figura 98. Formulario de actualización de variable modelo para el administrador | 192 |
| Figura 99. Formulario de actualización de usuarios para el administrador | 193 |
| Figura 100. Formulario de actualización de departamentos..... | 194 |
| Figura 101. Formulario de actualización de municipios..... | 195 |
| Figura 102. Submenú producción..... | 195 |

| | |
|--|-----|
| Figura 103. Formulario de actualización de fincas | 196 |
| Figura 104. Formulario de actualización de sistemas de producción para el administrador..... | 197 |
| Figura 105. Formulario de actualización de los tipos de pasto para el administrador | 198 |
| Figura 106. Formulario de actualización de pastos para el administrador | 199 |
| Figura 107. Formulario de actualización de grupos etarios para el administrador..... | 200 |
| Figura 108. Formulario de actualización de razas para el administrador | 201 |
| Figura 109. Formulario de actualización de variables socioeconómicas para el administrador | 202 |
| Figura 110. Formulario de actualización de variables auxiliares para el administrador | 203 |
| Figura 111. Formulario de actualización de metas para el administrador | 204 |
| Figura 112. Submenú relaciones | 204 |
| Figura 113. Formulario de actualización de la relación entre etario y sistema de producción para el administrador | 205 |
| Figura 114. Formulario de actualización de la relación entre raza ganado y sistema de producción para el administrador | 206 |
| Figura 115. Formulario de actualización de la relación entre meta y sistema de producción para el administrador | 207 |
| Figura 116. Menú archivo | 207 |
| Figura 118. Formulario de ingreso de variables biofísicas iniciales | 209 |
| Figura 119. Formulario de ingreso de variables socioeconómicas iniciales..... | 210 |
| Figura 120. Formulario de selección de variables a simular | 211 |
| Figura 121. Formulario presentación de resultados en gráfica | 212 |
| Figura 122. Formulario presentación de resultados en tabla | 213 |
| Figura 123. Cuadro de diálogo para abrir un archivo | 214 |
| Figura 124. Cuadro de diálogo para guardar un archivo | 215 |
| Figura 125. Formulario para abrir un modelo de evolución..... | 216 |
| Figura 126. Menú administración..... | 216 |

| | |
|---|-----|
| Figura 127. Menú simulación..... | 217 |
| Figura 128. Formulario para editar las condiciones de simulación..... | 217 |
| Figura 129. Condiciones de simulación usuario modelador | 218 |
| Figura 130. Menú reportes..... | 219 |
| Figura 131. Formulario para generar reportes..... | 219 |
| Figura 133. Menú ayuda | 220 |
| Figura 134. Formulario inicial de la ayuda. | 220 |
| Figura 135. Presentación de un tema de ayuda..... | 221 |
| Figura 136. Uso del buscador en la ayuda | 222 |
| Figura 137. Presentación de un tema de ayuda..... | 223 |
| Figura 138. Formulario de créditos | 224 |

LISTADO DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Clases de nutriente, función y compuesto..... | 62 |
| Tabla 2. Nutrientes y sus fuentes | 62 |
| Tabla3. UGG promedio por grupo etario | 119 |
| Tabla 4. Política de salida de los tro_1 y tra_1..... | 119 |
| Tabla 5. Política de salida de los tro_3 y tra_3..... | 120 |
| Tabla 6. Política de salida de los levo_1 y leva_1..... | 120 |
| Tabla 7. Probabilidad de preñez para las nv. | 121 |
| Tabla 8. Tasa de natalidad según grupo etario. | 122 |
| Tabla 9. Tasa de mortalidad según grupo etario..... | 123 |
| Tabla 10. Tipos de pasto..... | 123 |
| Tabla 11. Metas a alcanzar según sistema de producción..... | 124 |
| Tabla 12. Grupos etarios a comprar según sistema de producción | 125 |
| Tabla 13. Tasa de producción de leche según partos..... | 125 |
| Tabla 14. Porcentaje de ordeño según sistema de producción..... | 126 |
| Tabla 15. Personal requerido por cantidad de animales | 127 |

TÍTULO:

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

AUTORES:

RUIZ GARCÍA, Fanny Yadira
SILVA OLIVARES, Rubiela**

PALABRAS CLAVE:

Dinámica de Sistemas, Ganadería Bovina, Modelado, Aprendizaje, Sistemas de Producción de Ganadería Bovina.

DESCRIPCIÓN:

Este documento describe el proceso de investigación realizado para obtener la Herramienta Software SIPROB 2.0, objeto de este Proyecto de Grado. Resume la información teórica y práctica, que se estudió como requisito para comprender el entorno en que iba a ser aplicada la Dinámica de Sistemas, describe el método y los medios de desarrollo, tanto del modelado como del software, y presenta los resultados del mismo proceso. Partiendo del trabajo conjunto de los autores y del usuario con la intención de identificar falencias y proponer mejoras, se dio continuidad al Trabajo de Grado presentado por el grupo SIMON en el año 2002, SIPROB 1.0, revisándolo y construyendo un nuevo modelo y una nueva herramienta software.

Siguiendo la metodología del Proceso Unificado de Desarrollo (RUP) se construyó una interfaz gráfica de usuario que permitió la interacción del usuario con el modelo, recibiendo los parámetros de entrada y mostrando los resultados de la simulación. Del trabajo de modelo e interfaz gráfica se obtuvo la herramienta software SIPROB 2.0, como instrumento de apoyo para reforzar los procesos de aprendizaje y la toma de decisiones de los usuarios del sector ganadero bovino.

Este proyecto muestra que existen instrumentos al alcance de los profesionales del medio, que aumentan las posibilidades para aportar en el desarrollo de sistemas especializados en la educación, asesoría y toma de decisiones. Sistemas que por sus costos generalmente no son de fácil acceso a los usuarios a nivel nacional.

* Proyecto de grado en la modalidad de Investigación.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.

ANDRADE SOSA, Hugo Hernando.

TITLE:

SOFTWARE TOOL FOR LEARNING ABOUT HANDLING OF A BOVINE CATTLE RAISING PRODUCTION SYSTEM, BY MEANS OF SIMULATION WITH DYNAMICS OF SYSTEMS AND A SYSTEMIC FOCUS– SIPROB 2.0^{*}

AUTHORS:

RUIZ GARCÍA, Fanny Yadira
SILVA OLIVARES, Rubiela^{**}

KEY WORDS:

Dynamics of Systems, Bovine Cattle Raising, modeling, learning, Bovine Cattle Raising Production System.

DESCRIPTION:

This document describes the investigation process to get the software tool SIPROB 2.0, object of this Graduation Project. It summarizes theoretical and practice information, which was studied as requirement to understand the application environment of Dynamics of Systems and of the Systemic Focus in the definition of model; it presents method and development means; and the results (both model and software) of same process. Authors and users worked together with the intention of identifying lacks and to propose improvements to the Graduation Project presented by the SIMON group at 2002, SIPROB 1.0, this way was given revising it and building a new model and a new software tool.

Graphical User Interface (GUI) was built by following the Rational Unified Process (RUP) methodology. GUI allows interaction user-model receiving entrance parameters and shows simulation results. From model and graphic interface work was created SIPROB 2.0 as an instrument to support and reinforce bovine cattle raising sector user learning process and facilitate taking of decisions.

This Project shows existence instruments to the reach of professionals, which increase possibilities to contribute in development specialized systems in the education, consultant ship and taking of decisions. Systems for their costs generally don't have easy access to national level users.

^{*} Graduation project in the category of investigation.

^{**} Physical – Mechanical Engineering's Department, Systems and Informatics Engineering School, ANDRADE SOSA, Hugo Hernando.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de grado es un esfuerzo por dar continuidad a trabajos de grado investigativos con propuestas interesantes, como es la aplicación de la Dinámica de Sistemas a los Sistemas de Producción de Ganadería Bovina Colombiana. Es precisamente el deseo de retomar el modelo ya planteado en SIPROB 1.0^{*}, de comprenderlo, de analizarlo y sintetizarlo, para redefinirlo y hacerlo interactuar con el usuario, a través de una herramienta software, esto es lo que ha propiciado el desarrollo de SIPROB 2.0.

En el documento aquí presentado se muestra lo más relevante de proceso de desarrollo de SIPROB 2.0, como es un resumen de las referencias teórico-prácticas necesarias para comprender el campo en que el modelado con Dinámica de Sistemas iba a ser aplicado, la metodología para la construcción tanto de modelo como del producto software, los medios empleados, los resultados obtenidos de su implementación y finalmente las conclusiones a lo largo del el mismo proceso se produjeron.

Con SIPROB 2.0 se pretendió aprovechar la labor investigativa de los autores de SIPROB 1.0 para ofrecer un nuevo producto, que mediante la revisión, identificación y mejora de sus aspectos desfavorables en un trabajo conjunto con el técnico especializado^{**} en el área de aplicación, aporte su totalidad en los procesos de aprendizaje de una comunidad^{***} del sector agropecuario en lo referente al comportamiento y manejo de los Sistemas de Producción de Ganadería Bovina en Colombia.

* Trabajo de Grado presentado por el grupo SIMON en el año 2002

** Codirector del Proyecto de Grado: Carlos Anibal Vásquez. Coordinador de Gestión Agropecuaria del Instituto de Educación a Distancia INSED- UIS Bucaramanga

*** Estudiantes, asesores, productores y administradores.

CONCEPTOS PRELIMINARES

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta software útil a la comunidad* del área agropecuaria, utilizando el modelado con Dinámica de Sistemas y un enfoque sistémico, para facilitar la toma de decisiones y apoyar los procesos de comprensión y aprendizaje** en el manejo de un Sistema de Producción de Ganadería Bovina.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Revisar y evaluar la propuesta de un Modelo de Simulación de Producción de Ganadería Bovina para la Investigación Integral¹ (SIPROB 1.0), asumida como modelo base del presente proyecto, para identificar sus deficiencias y limitantes, y especificar los requerimientos del nuevo modelo y nuevo ambiente software para su operación.

- ✓ Diseñar un nuevo modelo, producto de la redefinición de los subsistemas del modelo base, al desagregar los módulos que requieran mayor análisis, incluir nuevos parámetros o eliminar los que no sean relevantes para alcanzar el objetivo general.

- ✓ Desarrollar una herramienta software que permita el manejo de datos a diferentes tipos de usuarios con una interfaz que facilite el almacenamiento de datos, la experimentación y simulación en diferentes sistemas de producción** : Cría, Leche, Doble Propósito, Ceba y Ciclo Completo*** ; para el aprendizaje del manejo de un sistema de producción de ganadería bovina.

* Entiéndase comunidad como estudiantes, asesores, productores y administradores.

** El aprendizaje se relaciona estrechamente con “el proceso de reformulación de un modelo mental en el individuo. Este es precisamente el propósito del modelado con la Dinámica de Sistemas”. ANDRADE SOSA, Hugo Hernando; DYNER, Isaac; ESPINOSA, Ángela; LOPEZ GARAY, Hernán; SOTAQUIRA, Ricardo. “Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad” Bucaramanga, 2001. Pág. 236.

¹ BARRAGÁN, Omar Augusto y GÓMEZ, Urbano Eliécer. Propuesta de un Modelo de Simulación de Producción de Ganadería Bovina para la Investigación Integral - Un Enfoque Sistémico, UIS. Bucaramanga, 2002.

* Usuario1: Sólo observa la simulación sin modificar sus parámetros, Usuario2: Modifica parcialmente los parámetros de la simulación, Usuario3: Puede modificar la totalidad de los parámetros.

** Los diferentes Sistemas de Producción serán representados en la simulación con diferentes escenarios.

*** Ciclo Completo: Cría, Venta de crías y de leche, y Ceba.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país con una privilegiada ubicación geográfica y provisto de valiosos recursos naturales: grandes extensiones de tierra, innumerables afluentes hidrográficas y diversidad de climas, esto hace que los Sistemas de Producción de Ganadería Bovina cuenten con las condiciones apropiadas para su explotación. Pero la falta de recursos y de tecnificación ha hecho que los procesos de aprendizaje en el manejo de estos sistemas sean reemplazados por la transmisión de conocimientos meramente tradicionales y basados en las experiencias vividas de los pioneros en incursionar en el sector, dejando grandes espacios a la incertidumbre, a la toma de decisiones no muy adecuadas para las condiciones del caso particular (demografía, estacionalidad, mantenimiento, alimentación), y a seguir aleccionándose de la experiencia, que en la mayoría de situaciones va de la mano con pérdidas económicas por mala presupuestación, desconocimiento de riesgos y/o menosprecio de oportunidades.

El Instituto de Estudios a Distancia de la Universidad Industrial de Santander, INSED, en su programa de Tecnología y Gestión Agropecuaria forma profesionales en esta área con conocimientos y habilidades para que sean aplicados en el sector de la economía, mediante la utilización racional de los recursos. En el INSED surge la preocupación por afianzar los conocimientos teóricos mediante herramientas que le permitan al estudiante probar su actuación frente a situaciones reales.

La propuesta de un modelo de simulación de Sistemas de Producción de Ganadería Bovina para la investigación integral, presentada y aprobada como proyecto de grado en el año 2002, ofrece una buena representación de los Sistemas de Producción de Ganadería Colombianos para el micro mundo del Magdalena Medio. Sin embargo es necesario realizar una evaluación de fondo en todo el modelo para detectar sus falencias y mejorar la aplicación software SIPROB 1.0.

Se considera de gran importancia ampliar el modelo mediante la desagregación de cada uno de los tres prototipos que abarca el proyecto, enfatizando en los módulos que requieran mayor análisis, y la inclusión o eliminación de parámetros, para abarcar la representación de un Sistema de Explotación de Ciclo Completo, que no sólo maneje Sistemas de Producción para Doble Propósito: venta de crías y leche; sino que además dé la posibilidad de manejar producción de Leche y Ceba.

Según esto y luego de haber realizado la revisión mencionada en el primer objetivo específico, se pueden señalar los siguientes aspectos por mejorar en cada uno de los tres prototipos referentes respectivamente a las Variables Demográficas, Biofísicas y Socioeconómicas del modelo ya desarrollado:

Variables Demográficas (Primer Prototipo)

- ✓ No se maneja el Sistema de Producción de Ceba, uno de los fuertes en el micro mundo del Magdalena Medio, por lo que tampoco es posible manejar uno de Ciclo Completo.

- ✓ Existen variables que representan grupos etarios innecesarios, como es el caso de las Vacas Vacías luego de que han terminado su ciclo de producción de leche, que no son realmente relevantes para el ganadero, y si le generan elevados costos.

- ✓ La diferenciación entre machos y hembras se hace a partir de los levantes. Para algunos Sistemas de Producción es indispensable esta diferenciación desde el momento del nacimiento para así tomar decisiones referentes a descartes, en caso de que los animales no le sean útiles para la actividad económica.

- ✓ El modelo asume que para la reproducción siempre se compran toros, y limita la posibilidad de que llevándose un control de información en la finca puedan realizarse cruces entre animales de la misma.

- ✓ Durante el ciclo de vida de las hembras se carece de variables que definan estados importantes en el animal, como son: Novillas de Reemplazo, Vaca Parida, Vacas Vacías de Primer Parto y Vacas Vacías Lactantes con problemas para volver a quedar preñadas. Sin éstas no hay claridad en el proceso que siguen las hembras, ni en las posibles decisiones que se puedan tomar con ellas, como: vender, dar más atención, dar más plazo para la preñez, descartar, pasar a engorde, etc.

Variables Biofísicas (Segundo Prototipo)

- ✓ El usuario debe tener un amplio conocimiento técnico para poder ingresar los datos que requiere el software para la simulación.

- ✓ La unidad de energía que se utiliza son los Kilo Julios, que en el sector agropecuario nacional es poco usual y no puede dar al usuario una idea que pueda relacionar con las demás condiciones que posee.

- ✓ La unidad del parámetro Capacidad de Carga es el Kilogramo, la utilizada por los ganaderos es la Unidad de Gran Ganado [UGG].

- ✓ Se permite que el usuario realice compras en cualquier momento, en la mayoría de los casos éstas resultan innecesarias.

- ✓ La energía generada por suplementación alimenticia es asumida como un dato de entrada que se fija a criterio del usuario, que en el caso de quien no tenga experiencia en el sector, podrá tomarse como un valor al azar. Esto desconoce que lo realmente útil al usuario es saber cuánto de ese suplemento debe adquirir para alcanzar sus metas.
- ✓ Se desconocen las características, ventajas y desventajas que pueden presentar los diferentes tipos de pasto: de Pastoreo y de Corte, éste último considerado también como suplemento en el caso de contar con el primero.
- ✓ No ofrece al usuario la posibilidad de realizar siembras dentro de la finca, de pasto de pastoreo ni de corte.

Variables Socioeconómicas (Tercer Prototipo)

- ✓ La herramienta software pregunta al usuario costos generados por la finca como gastos de personal, sanidad, suplementos, etc., que mediante la desagregación y ampliación del modelo pueden ser calculados por el mismo.
- ✓ El usuario debe conocer los precios en el mercado de los productos finales, como son leche en litros y ganado en pie en kilogramos, para con estos valores calcular su utilidad, sin tener en cuenta en qué costos incurre para obtener dichos productos y con ello de qué manera puede conseguir mejores utilidades y menores pérdidas.
- ✓ El dinero requerido para adquirir nueva maquinaria y equipos o construir instalaciones, se maneja como un costo de implantación, que no puede ser cargado como tal a la producción, sino que más bien representa una inversión.
- ✓ Variables como: sanidad, mantenimiento, gastos de personal, costos de implantación, etc., sólo pretenden mostrar que existen esos aspectos, pero no permiten hacer un análisis más profundo para comparar los comportamientos del sistema ante modificaciones, pues carecen de complejidad.

Interfaz de Usuario SIPROB 1.0

Por otra parte, se han encontrado aspectos por mejorar en la aplicación software SIPROB 1.0, gracias a la intervención del Codirector Carlos Aníbal Vásquez, quien como profesor del INSED del programa de Tecnología y Gestión Agropecuaria, ha revisado la herramienta y ha expresado su deseo de fortalecerla convirtiéndola en un instrumento de apoyo para el aprendizaje. Estos son:

- ✓ El objetivo de la herramienta SIPROB 1.0 es mostrar que un modelo debidamente analizado y desarrollado mediante dinámica de sistemas, puede ser usado para la creación de una herramienta software de simulación. El objetivo de SIPROB 2.0 va más allá de comprobar la utilidad de la

dinámica de sistemas en los sistemas sociales. Al dar continuidad al proyecto se busca mejorar la elaboración de modelo y herramienta software, en conceptualización, diseño y funcionamiento para hacer de ellos (modelo y herramienta), una aplicación que mediante la simulación sea de utilidad, al reforzar los procesos de aprendizaje de un sector social específico como es el agropecuario.

- ✓ Presenta la misma funcionalidad para cualquier tipo de usuario, sin tener en cuenta restricciones referentes a modificación de variables y parámetros.
- ✓ El diseño de interfaces no facilita el manejo de la aplicación software a usuarios con poca capacitación técnica, ya que demanda datos de entrada que sólo son conocidos por técnicos del sector, para poder realizar la simulación. SIPROB 2.0 busca disminuir el número de datos pedidos al usuario y en lo posible, hacer que la misma aplicación los calcule a partir de la información almacenada en su base de datos y del enlace con el modelo.
- ✓ Presenta listados extensos de variables que hacen dispendiosa y tediosa la interacción con el software.
- ✓ Carece de una secuencia que guíe al usuario en la navegación para el aprovechamiento de la herramienta.
- ✓ Presenta accesos en sus menús que aunque están habilitados, no permiten llevar a cabo las funciones para las que fueron creados.
- ✓ Su instalación presenta problemas para el usuario final.
- ✓ La animación que presenta no le aporta al usuario en comprensión del modelo, funcionamiento y resultados.

A nivel internacional no se conoce otra experiencia que utilizando Dinámica de Sistemas apoye un ambiente de aprendizaje y toma de decisiones en los Sistemas de Producción Bovina. Existen herramientas técnico económicas que muestran informes luego de procesar datos utilizados en actividades que son realizadas en una situación real, pero no permiten simular a través del tiempo. Las pocas existentes que utilizan simulación tienen costos muy elevados por lo que son de difícil implantación en nuestro medio. Todo esto y el interés que ha mostrado la comunidad nacional y latinoamericana en SIPROB 1.0, lleva a darle continuidad a este proyecto para mejorarlo.

2.2. SOLUCIÓN PROPUESTA

La herramienta software que se desarrollará (SIPROB 2.0), depende de las revisiones^{*} y modificaciones del modelo base, el cual proporcionará, junto con el usuario, los requerimientos

^{*} Que fueron realizadas con el profesor Carlos Aníbal Vásquez Cardozo, codirector del proyecto, y con un trabajo de investigación en el sector buscando la mejor información de las fuentes más adecuadas:

iniciales del sistema. Pretende que la comunidad del área agropecuaria tenga acceso a la simulación de esos sistemas, ya que se considera de gran importancia que cuente con ayudas interactivas en su proceso de aprendizaje, para que mediante la experimentación en escenarios virtuales, adquiera las habilidades que apoyen el progreso y tecnificación del sector.

De manera global se puede decir que SIPROB 2.0:

- ✓ Considera tres tipos de usuarios, cada uno con un contexto diferente que le ofrece funciones de operación y permisos especiales.

- ✓ Es una herramienta software de fácil uso para el usuario que le permitirá mediante sus interfaces, interactuar y explorar a través de la simulación los posibles comportamientos de un Sistema de Producción de Ganadería Bovina ante modificaciones en los parámetros que constituyen el modelo.

- ✓ Muestra mediante reportes, informes de los resultados de la simulación con relación a variables demográficas, productivas, reproductivas, socioeconómicas y tecnológicas, así como los costos que genera el Sistema de Producción considerado. Con esto el usuario descubre las mejores alternativas para el máximo aprovechamiento de los recursos existentes y se prepara para la toma de decisiones.

De manera más específica y siguiendo el esquema del PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, del numeral 2.1, estos son algunos rasgos que dan sentido al presente proyecto:

Variables Demográficas (Primer Prototipo)

- ✓ Inclusión del Sistema de Producción de Ceba, ampliando las posibilidades de simulación de los cinco Sistemas de Producción de Ganadería Bovina.

- ✓ Diferenciación de sexo en los terneros inmediatamente después de su nacimiento, para darles el adecuado tratamiento según el sistema de producción de la finca.

- ✓ Inclusión de niveles como: Novillas de Reemplazo, que contiene las hembras que aunque serán destinadas para la reproducción, aún no son aptas; Vacas Vacías de primer parto, por la posibilidad de que sean compradas en la finca; y Vaca Parida, que permita conocer en el momento deseado su cantidad, además de verse necesario para clarificar el incremento en el número de nacimientos y el paso entre Vaca Preñada y (las opciones) Vaca Vacía Lactante o Vaca Preñada Lactante. Otros niveles incluidos en este prototipo son: Vaca Lactante Problema, para controlar los tiempos de espera de la preñez de las vacas y con ello dar soporte a la toma de decisiones, que en

instituciones como el ICA, CORPOICA, URPA; seminarios y ponencias de actualidad y tablas de datos recopilados como las tablas NCR, etc.

este caso puede ser: engorde o descarte; y Total de Animales para facilitar la agregación de otros parámetros en la construcción de los demás prototipos.

✓ Consideración de que en caso de que la finca tenga un adecuado manejo de historial fenotípico de sus animales, puede utilizar sus propios novillos como toretes y posteriormente como toros para la reproducción, sin que sea estrictamente necesaria la compra de toretes o pajillas.

Variables Biofísicas (Segundo Prototipo)

✓ Consideración de la Capacidad de Carga en Unidades de Gran Ganado, UGG, por ser éstas las realmente utilizadas en el sector. Este cambio de unidades implica más que la conversión mediante un factor. Cambia la concepción en el manejo de los animales en pie que puede llegar a tener una finca, considerando la presencia de los diferentes grupos etarios con sus características particulares (como el peso). La UGG no puede ser expresada en número de animales, ni en cantidad de kilogramos. Es precisamente la relación entre estos dos aspectos, y depende en gran medida de las razas de ganado presentes.

✓ Redefinición en el funcionamiento del modelo en la manera como el usuario interactúa con la aplicación. Se propondrá que el usuario fije unas metas relacionadas con el aumento en su producción, ya sea de carne, de leche o ambas. A partir de estas metas y de las condiciones actuales de la finca, como: extensión de terrenos, maquinaria y equipos, instalaciones, tipos de pastos (de pastoreo) con que cuenta, y del mismo Sistema de Producción que posea, el sistema debe calcular la energía requerida para alcanzar tales metas, y por supuesto la energía con que cuenta realmente la finca. Dependiendo de estos resultados, se puede obtener la energía "faltante", que debe ser la suministrada por suplementos alimenticios y/o por los diferentes pastos de corte que sean aptos para sembrar. Esta suplementación obedece a la requerida para aumentar la producción de carne y leche, sin buscar el aumento en la cantidad de animales que pueda soportar la finca.

✓ Modificación en el cálculo de la Energía Total, por:

- Inclusión de los parámetros Energía Requerida, Proteína Requerida y Tasa de Aumento de Producción.

- Creación de submodelos para la obtención de los parámetros: Energía Requerida y Proteína Requerida. Esto para evitar que el usuario deba conocer las cantidades de energía que obtiene su finca con pasto de corte y/o productos de suplementación alimenticia, para alcanzar la proteína necesaria, y que sea el mismo modelo quien calcule y sugiera al usuario: cuánta energía puede obtener con las condiciones actuales que presenta y cuánta proteína debe conseguir (por medios diferentes al pastoreo) para lograr el aumento que desea en su producción.

✓ Control de las compras de animales (sólo de grupos etarios necesarios) mediante la verificación de la Capacidad de Carga de la finca.

✓ Desagregación de la cantidad Real de Pasto, por considerar varios tipos de pasto, cada uno con características como: área, factor de desperdicio, cantidad teórica, cantidad de energía que produce, entre otros.

✓ Manejo de la energía en unidades de Kilo Calorías y no en Kilo Julios, por ser las primeras las de real aplicación en el sector.

Variables Socioeconómicas (Tercer Prototipo)

✓ Relación de la cantidad de animales con costos generados por: sanidad, personal de trabajo, mantenimiento, entre otros, ya que estos costos no pueden ser asumidos como un valor ajeno a la población del sistema de producción de la finca.

✓ Desagregación de cada uno de los factores que generan costos variables en el hato:

- La Sanidad abarcará lo correspondiente a: baños, vermífugos, tratamientos preventivos (vacunas) y tratamientos correctivos (de control de enfermedades).

- Los costos de Mantenimiento corresponderán al mantenimiento de los terrenos, de las instalaciones y de la maquinaria. El primero estará afectado por el área de la finca y por las actividades habituales como: macanear, abonar, fertilizar, regar, resembrar, desyerbar, subsolar y control de plagas. El mantenimiento de las instalaciones se referirá a lo correspondiente por establos, cercas y vivienda. Por su parte el mantenimiento de la maquinaria con que cuenta la finca dependerá de la vida útil, costo de adquisición y depreciación de los mismos equipos.

- Los costos de Personal deberán ser distribuidos entre costos de Personal dedicado a la producción de leche, Personal de producción de carne y en el caso de que el sistema de Producción de la finca sea el de Ciclo Completo, algunos trabajadores podrán realizar funciones de ambos sistemas. Otro importante costo de Personal es del de quienes están dedicados al mantenimiento de los terrenos y predios del hato. Estos últimos trabajadores, a diferencia de los dedicados al Sistema de Producción, según asesorías de personas del sector, no permanecen de manera continua en la finca, por lo que no son remunerados por un salario producto de su jornada laboral legal y sus prestaciones sociales, sino que son contratados mediante órdenes de prestación de servicios, para labores específicas.

✓ Los bienes adquiridos por implantación, al igual que las siembras generales de pasto y el mismo predio, serán manejados como activos, pues pueden considerarse como inversiones que no deben ser cargadas en su totalidad en el periodo de producción inmediatamente siguiente a la misma inversión.

En tal sentido, ponemos en consideración la propuesta SIPROB 2.0, una herramienta que busca dar solución a los problemas planteados anteriormente, y que con base en un trabajo de investigación, busca obtener resultados de simulación muy aproximados a los reales para permitir que el usuario conozca, comprenda y aprenda los aspectos relevantes en el funcionamiento de los

sistemas de producción de ganadería bovina. Esto con el ánimo de que sea un aporte para el desarrollo de la actividad de ganadería bovina, y que pueda traducirse en una valiosa herramienta software que contribuya al desarrollo de un sistema de producción bovina planificado, ordenado, rentable y sostenible, que se incorpore a una dinámica de competitividad y reconversión económica de la región.

2.3. VIABILIDAD

Para abordar este proyecto se ha notado necesario disponer de ciertos conocimientos y recursos básicos:

- Para la elaboración del Modelo se requiere contar con información referente a Ganadería Bovina y con una continua comunicación con el usuario para quien se realizará la aplicación software. En éste área de aplicación (Ganadería Bovina) se tiene varias fuentes de información: textos, instructivos, artículos, ponencias, sitios en Internet y la asesoría del codirector y personas relacionadas con el tema. Además para utilizar el paradigma del modelado con Dinámica de Sistemas se cuenta con: los conocimientos básicos en modelado, la asesoría del Director del Proyecto, el Software Evolución 3.5 desarrollado por el grupo SIMON de Investigaciones y el apoyo del mismo grupo.

- ✓ Para desarrollar la herramienta se requiere tener: conocimientos básicos en Ingeniería del Software, software de desarrollo y equipos de trabajo. Para ello la Universidad brinda: la información bibliográfica conveniente para apoyar los conocimientos de Ingeniería del Software en su Biblioteca Central, un espacio de trabajo en el Grupo SIMON de investigaciones con equipos de trabajo y acceso a Internet, y las licencias del software de desarrollo a utilizar (Borland Delphi y del Sistema Operativo).

- ✓ Por su parte el INSED ha manifestado interés en apoyar el desarrollo, implementación y pruebas de la herramienta para obtener un producto que satisfaga al usuario.

- ✓ El equipo requerido para un buen funcionamiento de la herramienta debe contar con las siguientes especificaciones:

- Procesador de mínimo 400 Mhz
- Disco duro de 15 GB o superior
- Memoria RAM 256 Mb o superior
- Monitor color SVGA .28
- Unidad de CD ROM/RW 52X o superior

Esta institución cuenta con los equipos necesarios (como el anteriormente descrito) para el buen funcionamiento del software, y por ser una dependencia de la UIS, puede utilizar los demás

* Quien a su vez es Director del grupo SIMON de Investigaciones.

laboratorios de la Universidad, con acceso a equipos bien dotados como es el caso de los instalados en el Laboratorio Pesados.

✓ Los autores además de poseer los conocimientos básicos en Dinámica de Sistemas y Desarrollo de Software, disponen de sus propios equipos de trabajo, del tiempo requerido y muestran interés en el desarrollo del proyecto.

Por todo lo anterior, se puede decir que la realización de este proyecto es viable.

2.4. IMPACTO

La herramienta software se constituirá en un elemento de apoyo para la comunidad del sector agropecuario, ya que permitirá que se realicen con mayor eficiencia las actividades relacionadas con el manejo de un sistema de producción de Ganadería Bovina. Una vez que la comunidad agropecuaria se familiarice con la herramienta, podrá decirse que adquirirá cierta experiencia "virtual" para tomar decisiones en su entorno productivo. Esto puede proyectarse de manera favorable como un impacto social, económico y técnico, puesto que al mejorar la comprensión del funcionamiento del sistema de producción en el individuo, mejorarán también sus actuaciones frente a situaciones reales; mejorará la productividad y condiciones de todo un sector y con ello la calidad de vida de quienes conforman el sector, y de sus familias.

El trabajo de los autores para el desarrollo de este proyecto, permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante la vida universitaria, y será el medio para consolidar la formación profesional en el programa de pre-grado de Ingeniería de Sistemas e Informática. A su vez, aportará al progreso del grupo SIMON dando lugar a avances en investigación y desarrollo de herramientas para la toma de decisiones, apoyadas en el modelamiento y la simulación, y en la integración de disciplinas y dependencias de la UIS.

El fortalecimiento en los procesos de aprendizaje emanará de la identificación por parte del usuario de sus modelos mentales y de la observación del comportamiento de las presunciones que implican esos modelos mentales al realizar la simulación*, utilizando para ésta la interacción con el computador.

* Simulación entendida como la utilización de un computador para el estudio de la evolución de un fenómeno, del cual se ha procedido previamente a su modelización.

DEFINICIÓN DEL MODELO Y DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE SIPROB 2.0

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE GANADERÍA BOVINA EN COLOMBIA

Para la comprensión de los Sistemas de Producción de Ganadería Bovina en Colombia, fue necesario recurrir a diversas fuentes bibliográficas que presentan los temas claves para tener la capacidad de plantear y aportar a la definición de un modelo que represente el comportamiento de tales Sistemas Dinámicos. Cabe resaltar las asesorías constantes del Codirector para la aclaración y el direccionamiento en los requerimientos del sistema. A su vez para la definición e implementación del modelo de datos, y para la construcción de la herramienta software fue necesario el refuerzo y consulta de conceptos de ingeniería del software, de bases de datos y del lenguaje de programación en que se programó la aplicación. A continuación se presentan las descripciones de los temas más relevantes y que fueron necesarios para la realización del proyecto: Sistemas de Producción Bovina, Pensamiento Sistémico y Dinámica de Sistemas, MySQL como gestor de Bases de Datos y Delphi como lenguaje de programación.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina del país genera dos productos fundamentales en la nutrición de la población humana: carne y leche. La producción de estos alimentos se realiza con base en diferentes sistemas de producción ganadera con características específicas. Se considera que un sistema de producción agropecuaria es una combinación de factores que actúan como un todo y que interactúan entre sí para obtener de manera consistente uno o más productos viables y armónicos con la sociedad y el ambiente (Ruiz M. E. 1987). En el caso de la ganadería bovina, los factores que actúan como un todo son los socioeconómicos y agro ecológicos. Los productores en la búsqueda de maximización de sus ingresos, venden el producto; a partir de estas salidas del sistema, el ganadero crea una base de infraestructura y de recursos económicos y bióticos que permiten alcanzar su objetivo. Por eso, la clasificación de sistemas de producción es realizada con el criterio del producto que sale a la venta.

Desde su origen la ganadería bovina de Colombia se caracterizó por el doble propósito de sus animales, los cuales llegaban al país sin selección previa que les orientara hacia carne o hacia leche generando de manera indiscriminada estos productos a la población humana. Posteriormente la importación de razas selectas al país, incrementó la variabilidad genética y propició la mejora del ganado con orientación a sistemas de producción especializados.

3.1.1. Tipos de sistemas de producción de ganadería bovina en Colombia. Esta clasificación de sistemas de Ganadería Bovina, se efectuó con base en el producto que se obtiene luego de la cadena de producción. Por eso se tituló a este apartado como Tipos de Sistemas de Producción.

3.1.1.1. Cría. El objetivo de este sistema es la crianza de terneros. Las crías son vendidas al momento del destete o antes. No hay extracción de leche.

3.1.1.2. Leche Las características raciales de este sistema, permite en alto grado la extracción de leche. Las crías se comercializan unas semanas después del parto, conservando algunas hembras para reemplazo.

3.1.1.3. Doble Propósito. En este sistema, el mayor porcentaje de animales esta representado por hembras aptas para la reproducción, un alto porcentaje de las hembras son destinadas para el ordeño, algunas de las crías, especialmente los machos, se comercializan al destete, otras durante el levante, a excepción de algunas que se dejan como animales de reemplazo y una que otra para la ceba. Los principales productos del Sistema son los terneros destetos y la leche ordeñada a lo largo de la lactancia, la cual se obtiene con el propósito de proporcionar alguna idea al productor para mitigar el impacto de la inversión a largo plazo, propio de las actividades de cría sin ordeño. La flexibilidad que este sistema otorga a los productores, hace que en Colombia sea el más prevalente.

3.1.1.4. Ceba. Los animales en este sistema corresponden al final del proceso de transformación de carne, y esta representado por un modelo que adquiere animales en proceso de levante y los lleva hasta la fase de engorde final, para su venta en la industria cárnica.

3.1.1.5. Ciclo Completo. Integra los cuatro primeros sistemas, se obtiene indicadores de producción de leche, aunque no todas las vacas se ordeñas, algunas crías se comercializan al destete, algunas animales se destinan para la reproducción, otros para ceba.

3.2. RAZAS Y CONDICIONES GENÉTICAS

Se consideraron las razas bovinas: Blanco Orejinegro, Angus, Normando, Cebú, Lucerna, Chino Santandereano, Romosinuano, Pardo Suizo, Holstein y Jersey, por ser éstas las de mayor tradición en la región del Magdalena Medio, según observaciones del Codirector del Proyecto. Éstas son sus principales características:

✓ Blanco Orejinegro (Bon)

Figura 1. Ejemplar de la Raza Blanco Orejinegro



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

Su población inicial predominó en el clima cálido y medio de la Región Andina lo que produjo un animal de tamaño mediano con gran habilidad de pastoreo y desplazamiento en regiones quebradas y de ladera.

Se caracteriza por un pelaje blanco, con las orejas negras, la piel y mucosas bien pigmentadas, que le confiere tolerancia a la radiación solar y ectoparásitos. También se presentan variantes en el color del pelo como el Blanco Orejimono "Dos pelos" y "Azul pintado".

La conformación del BON es la de un bovino eumétrico, constitución atlética, cabeza con cuernos medianos, aunque resultan algunos topos, anca caída y estrecha, dorso recto o ensillado, desprendimiento alto de la cola, excelentes aplomos y cañas de hueso delgado pero fuertes.

Algunas vacas presentan moderada producción de leche y para la zona cafetera se convierte en un animal valioso para la producción de carne y leche en forma pura y en cruzamiento. En zonas de ladera cálida es sobresaliente la heterosis en cruce con Cebú, por incrementos en fertilidad y precocidad.

✓ Angus

Figura 2. Ejemplar de la Raza Angus.



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

Los ejemplares de la raza poseen buenas masas musculares y producen carne de buena calidad (veteada, tierna, jugosa, sabrosa, etc.). Son voluminosos, de buena profundidad y con un buen balance o armonía de conjunto. Sus formas son suaves, de contornos redondeados, con facilidad de terminación y sin acumulaciones excesivas de grasa. La piel es medianamente fina, elástica, cubierta de un pelaje suave, corto y tupido de color negro o colorado. El peche temprano es indicativo de una buena funcionalidad hormonal y por lo tanto de alta fertilidad.

Su temperamento es activo, pero no agresivo, y ágil en sus desplazamientos. Posee alta fertilidad, facilidad de parto, buena producción lechera, gran habilidad materna, resistencia a enfermedades y elevada ganancia de peso. Las vacas muestran ubres bien conformadas y sanas, que garantizan una buena cría y destetes con buen peso, son excelentes madres. Su longevidad permitirá que tenga dos o tres crías más que otras razas.

✓ Normando

Figura 3. Ejemplar de la Raza Normando



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

La raza Normando, originaria de la península de Normandía en el norte de Francia, es una raza de doble utilidad apta para producir leche y carne de alta calidad. Por su fácil adaptación, la Raza pura se ha desarrollado en una gran variedad de climas y altitudes de la geografía Colombiana.

Los principales nichos de Normando se encuentran en Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima, Huila, Cauca, Valle del Cauca y los Santanderes. Así mismo en ganaderías de clima cálido que han cruzado los ganados cebuinos con la raza Normando, obteniendo excelentes resultados en lo referente a la precocidad en el desarrollo, la producción lechera y la aptitud maternal.

La fortaleza de sus aplomos le permite recorrer terrenos diversos para buscar alimentos, especialmente en explotaciones extensivas de montaña, en tierras pobres y escarpadas. Además, poseen una gran resistencia a las enfermedades, lo que unido a lo anterior le confiere a la raza un gran poder de adaptación a nuestro medio. Su piel es pigmentada, el pelaje es fino y abundante en tres colores principalmente: rubio, castaño y claro. Su cabeza es blanca y presenta coloración oscura alrededor de los ojos, dicha pigmentación adsorbe los rayos ultravioleta del sol, proporcionando protección a los ojos, cara cóncava con cuernos cortos. Lomo pigmentado y cuello corto y macizo.

El carácter mixto de doble propósito (producción de carne y leche), le ha dado a la raza Normanda una gran capacidad de ingestión y de conversión de los alimentos bastos, con una mayor eficiencia en su transformación. Con una producción lechera equivalente, necesita menos cantidad de alimentos concentrados que las razas especializadas en la producción de leche. La raza bovina Normando hace parte de las razas denominadas "doble propósito". Los ganaderos que la utilizan obtienen ingresos tanto por la producción lechera como por la producción de carne.

✓ Cebú

Figura 4. Ejemplar de la Raza Cebú



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

El Cebú (especie *bos indicus*), originario de India y Pakistán, cuenta actualmente con 33 razas, de las cuales se destacan la guzerat, nelore, gyr y brahman, esta última la más difundida en el país.

Se adapta con facilidad a nuestro medio tropical, a zonas de temperatura elevada y extrema sequía. Es resistente a plagas y enfermedades reduciendo la alta mortalidad, y tiene el privilegio de transformar pastos secos y de baja calidad en carne de primera.

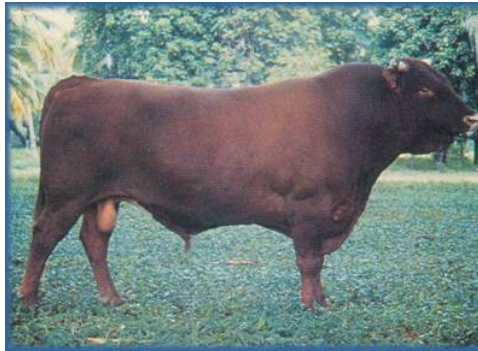
La experiencia ha demostrado, que la única forma de explotar las razas europeas en el trópico es por medio de cruces Cebú, obteniéndose así el vigor híbrido y la capacidad de adaptación necesarias. Gracias a su rusticidad física, su fácil adaptación y productividad, la raza cebú se empezó a expandir a lo largo y ancho de todo el país. Estos animales, que vagan por los potreros de las fincas, son “todoterreno”, es decir, están perfectamente adaptados a la topografía del país. Similar a los camellos del desierto, pueden recorrer amplios territorios en busca de agua y alimento, soportan largos periodos de invierno y sequía e igualmente los cambios bruscos de temperatura.

La habilidad materna es otra de las características de esta raza. Las vacas levantan terneros en excelentes condiciones con muy buenos pesos. Su crecimiento y desarrollo es rápido, y su conformación les permite producir más carne, aumentando considerablemente su rendimiento en canal.

Físicamente se caracteriza por la presencia de giba o joroba sobre los hombros, orejas muy largas, encartuchadas y pendulosas, patas largas, fuertes y cornamenta grande. Presencia de gola o papada y repliegues muy abundantes en el cuello. Colores claros, ancas caídas y temperamento nervioso.

✓ Lucerna

Figura 5. Ejemplar de la Raza Lucerna



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

Se originó del cruzamiento entre las razas criollo Hartón del Valle y las europeas Holstein y Shorthorn. El aporte del criollo fue esencialmente su alta fertilidad y tolerancia al ambiente cálido tropical. El mayor aporte de las 2 razas Europeas fue el incremento en la producción de leche, por ende la raza Lucerna es prototipo de producción doble propósito en el trópico: leche y carne.

El fenotipo característico es un bovino con cuernos, pelaje que varía de color rojo cereza a bayo, conformación intermedia a los tipos leche y carne, toros de tamaño mediano a grande y vacas con ubre de abundante tejido glandular.

Los animales de esta nueva raza Colombiana son de temperamento tranquilo, tolerantes al calor, precoces y fecundidad sobresaliente. Otra cualidad especial es su alta producción de leche diaria y por lactancia.

✓ Chino Santandereano

Figura 6. Ejemplar de la Raza Chino Santandereano



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

Se considera que el ganado Chino Santandereano (Chino) tiene sus estirpes en las razas ibéricas, en orden de mayor a menor prevalescencia tenemos: la Gallega, la Tudanca y la Pirenaica; pero no solo estas razas conformaron el Chino pues se adhirieron otros ganados como lo fueron el Casanareño, formado en los Llanos Orientales, el Venezolano hoy conocido como el Limonero y el Costeño Con Cuernos proveniente de la Costa Atlántica. Evolucionó en regiones quebradas de temperaturas media y cálida.

Las características fenotípicas del Chino se derivan de sus ancestros, selección natural y adaptación al ambiente tropical de la Montaña Santandereana. Presenta conformación similar a las razas Costeño Con Cuernos y Hartón, con aptitud a producciones moderadas de leche.

El color del pelo es colorado con tonalidades bayo a hosco, piel, mucosas y pezuñas bien pigmentadas, miembros fuertes de hueso fino y pelaje negruzco, cabeza con cuernos delgados, tronco de buena capacidad corporal, cola de inserción alta, delgada y escasa borla, especialmente en los machos.

Como en las otras razas criollas, el proceso de adaptación al ambiente tropical, durante unos 400 años, desarrolló características fisiológicas especiales; tolerancia a fuertes variaciones climáticas, capacidad de pastoreo, sobresaliente fertilidad y habilidad de cría.

✓ Romosinuano

Figura 7. Ejemplar de la Raza Romosinuano



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

La formación esta raza ocurrió en el Valle del Sinú, probablemente por cruce de la raza Costeño Con Cuernos y Angus o por mutación genética. El ganado Romo se encuentra dotado de una mansedumbre natural, cualidad que se acentúa por la ausencia de cuernos.

Las características externas son de un animal con cabeza armoniosa, mirada apacible, orejas pequeñas, pelaje de color que varía del amarillo claro a rojo cereza, línea dorsal fuerte, cuerpo cilíndrico, cola delgada que se desprende alto y termina en borla con escaso pelo.

La conformación general del macho Romosinuano lo identifica como el criollo más tipo carne, de extremidades con hueso fino y relativamente cortas que le confieren tamaño mediano. Las vacas presentan índices de fertilidad entre las más prolíficas de las razas bovinas, factor determinante en la cría del ganado.

El Romosinuano tiene una apariencia general atractiva, y tanto sus detalles externos como su comportamiento fisiológico revelan una completa adaptación al medio tropical y buena aptitud para producir carne en esas condiciones.

Su cuerpo es tubular, largo y de excelente desarrollo muscular; el tren posterior exhibe una musculatura larga, profunda y bien delineada, hueso fino y extremidades fuertes. Su color es variable dentro del rojo, pero la generalidad de los ejemplares muestra un color bayo anaranjado, pero también se encuentran bayos claros, rojos, castaños y hoscos. La piel es pigmentada de negro, gris o amarillo, y las mucosas, negras, grises o anaranjadas. El pelo, corto y ralo, deja ver perfectamente la piel; en los animales de piel negra, algunos adultos parecen depilados o calvos en costados y dorso, prueba de su excelente adaptación al clima tropical.

✓ Pardo Suizo

Figura 8. Ejemplar de la Raza Pardo Suizo



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

En el mundo, todo el ganado “Suizo” desciende del ganado BRAUNVIEH’ de Suiza. ‘BRAUNVIEH’ es una palabra alemana que significa ‘GANADO CAFÉ’. También es conocida como Pardo Alemán y/o Brown Swiss.

El ganado BRAUNVIEH es muy dócil, de cuerpo largo y musculoso, con excelentes patas y pezuñas debido a generaciones de selección natural en los Alpes Suizos. Resistentes y longevos. El color de su pelaje pasa por todas las tonalidades del marrón. El pelo de esta raza puede ser de varias tonalidades de café, desde el café claro pasando por gris, hasta el café oscuro; predominando el café ratón. El morro es de color negro intenso y el pelo que forma el borde alrededor de éste es muy claro, formando una especie de ‘bigote’. Hay una decoloración del pelaje alrededor de los párpados, papada y periné. Las mucosas son negras y son muy rústicas. Las pezuñas son de color negro y de gran dureza. Estas características le confieren al ganado BRAUNVIEH una gran habilidad para pastorear en zonas de difícil acceso.

Los ejemplares de esta raza provenientes de Europa son principalmente de doble propósito al contrario de las provenientes de Norteamérica donde han venido seleccionándose sobre la base exclusivamente de su producción lechera. Su leche, es elegida por superioridad en componentes y el equilibrio de los mismos, obtiene un altísimo rendimiento quesero reconocido en todo el mundo. Por ser un animal equilibrado, dotado de una configuración corporal ideal para el rendimiento fisiológico óptimo está causando un gran impacto en la producción de carne, pues ninguna raza como ésta le ofrece las condiciones de consistencia, uniformidad y calidad que reclama el mercado.

✓ Holstein

Figura 9. Ejemplar de la Raza Holstein



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

Es originaria de Holanda, grande, elegante y fuerte. Presenta dos variantes en cuanto a color de pelaje: el pinto blanco con negro, y el blanco con rojo. La variante dominante es el pinto blanco y negro, siendo de carácter recesivo la variante con rojo. Dentro de la variante pinto de negro, la cantidad de negro presenta un gran espectro, encontrándose así animales muy negros con algunas manchas blancas o viceversa, animales casi blancos con algunas pintas negras; sin embargo, un porcentaje elevado de animales muestra un equilibrio en el color. No hay animales enteramente blancos ni enteramente negros. La coloración blanca con roja es muy apetecible pues representa adaptabilidad a climas cálidos. Su vientre, patas y cola son de color blanco. Los cuernos están siempre presentes aunque el descorne es práctica común.

Su cuerpo es anguloso y amplio, con un cuello largo, descarnado y bien implantado. Tiene una capacidad corporal relativamente grande en proporción al tamaño: barril profundo, medianamente ancho y cinchera grande; su ubre de gran capacidad y buena forma, pezones medianos y colocación en cuadro, aplomada e irrigada.

Aunque desde sus orígenes la Holstein se ha distinguido por su sobresaliente producción de leche, en virtud de la permanente selección para buscar acentuar aquellos rasgos que determinan una mayor producción lechera, se ha ido especializando cada día más. Dicha selección se ha dirigido igualmente hacia la definición de una conformación en la que la reproducción sea también una característica importante de la raza.

Así, se está trabajando para que el anca del animal tenga una ligera inclinación y sea más amplia con el objeto de que el parto y el posparto sean más fáciles.

El pie de cría de las lecherías tropicales en Colombia lo constituye un ganado con alto porcentaje de sangre cebú con total adaptación al medio, rusticidad y muy bajo potencial lechero. Esta última condición (de la cebú) se mejora considerablemente mediante el cruzamiento con razas *Bos taurus* especializadas como la Holstein. El ganado media sangre Holstein x cebú no tiene problemas de

adaptación a climas cálidos; es de buena producción cuando las hembras se han seleccionado por su potencial lechero.

✓ Jersey

Figura 10. Ejemplar de la Raza Jersey



Fuente: www.unaga.org.co/asociados/asociollo.htm

La Jersey es una raza orientada en forma exclusiva hacia la producción de leche. 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. Además de esto, sus formas angulosas y la perfección de sus rasgos indican su alta eficiencia transformando el alimento en leche.

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.

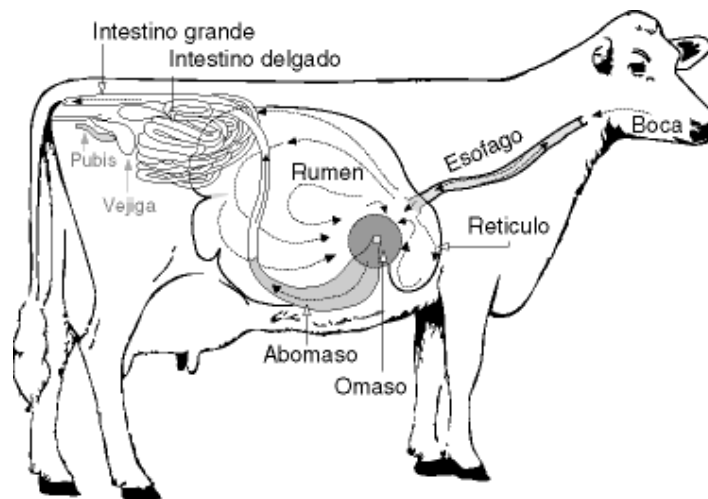
Debido a sus cualidades, entre las cuales se destacan rusticidad, tamaño, precocidad, facilidad de parto, longevidad y calidad de leche, se adapta muy fácilmente al trópico. En el país pueden encontrarse animales de esta raza perfectamente adaptados en regiones como la zona cafetera, los llanos orientales, valle del cauca, Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santanderes, Nariño, Tolima y Cauca en altitudes que van desde los 400 hasta los 3.000 metros sobre el nivel del mar.

A lo largo del territorio se han realizado cruces con holstein, Cebú (gyr, shiwal, brahman) normando, pardo suizo, simmental y ayrshire. Igualmente, se ha mezclado con animales de nuestras razas criollas, habiéndose mejorado ostensiblemente, entre otros aspectos, la producción.

3.3. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL

3.3.1. Fisiología digestiva del ganado. Los bovinos son animales llamados ruminantes o poligástricos, porque tienen un estómago dividido en cuatro compartimientos. En los primeros tres compartimientos de los ruminantes, una flora microbiana se encarga de convertir la comida fibrosa (pasto, caña, paja) y las fuentes de nitrógeno, en fuentes de energía (ácidos grasos volátiles) y proteína, necesaria para el animal. El cuarto compartimiento funciona muy parecido al de los monogástricos (animales con el estómago sin divisiones como los cerdos, gallinas, patos y humanos).

Figura 11. Fisiología de la Digestión de un Ruminante



Fuente: www.infocarne.com/bovino/digestion_vaca.asp

En el ganado los estómagos tienen diferentes nombres; el primero, que es grande, se llama Panza o Rumen, el de una vaca lechera puede tener una capacidad de 100 litros, que es donde cae todo lo que come el animal, allí revuelve y fermenta la comida y después es devuelta la parte fibrosa del alimento (pasto, paja) a la boca varias veces para masticarlo otra vez, esto se llama rumiar. Luego está el Bonete o Reticulo, allí se separan las piedras y otros objetos extraños que los animales tragan, luego está el Librillo u Omaso en el que se acaba de triturar la fibra. En esos estómagos, pero sobre todo en la panza, hay microorganismos (bacterias, hongos, protozoarios) que se encuentran en gran cantidad flotando en el líquido que llena estos compartimientos y se encargan de descomponer la fibra que hay en la comida. Así su uso será fácil en el estómago verdadero o Abomaso, que es donde se acaba de digerir la comida con los jugos ácidos para que después, en el intestino (tripas), sean aprovechados los nutrientes. Éste último estómago funciona muy parecido en todos los animales ruminantes y monogástricos.

En el estómago verdadero (Cuajar o Abomaso) la comida ya masticada es molida y mezclada con los jugos gástricos para “ablandarla” y separar los diferentes nutrientes de la comida para que sean fácilmente aprovechados. Del estómago verdadero, la comida pasa al intestino delgado, donde los

nutrientes son filtrados para vaciarlos a la sangre. Los materiales que no son filtrados pasan al intestino grueso y luego al recto. Finalmente los desechos salen por el ano en forma de estiércol.

Para todo este proceso digestivo requiere que el animal tome bastante agua fresca y limpia para que el paso de la comida por cada sitio sea fácil y al mismo tiempo pueda aprovecharla.

3.3.2. Alimentación con forrajes.

3.3.2.1. Valor Nutritivo de los Forrajes. Una forma de medir el valor nutritivo de los forrajes para rumiantes es a través de su eficiencia potencial para crecimiento y producción de carne, leche o lana cuando lo consume como fuente alimenticia.

Por lo tanto un pasto se considera de buena calidad si reúne las siguientes condiciones:

- Posee todos los nutrimentos esenciales de buena calidad en proporciones balanceadas.
- Tiene alta digestibilidad.
- Es gustoso o agradable para el animal.

El animal extrae del forraje vitaminas, minerales, proteína y energía. A diferencia de los concentrados, en el forraje la mayor parte de la energía se encuentra en forma de fibra y no en forma de carbohidratos solubles como en aquéllos. El rumiante tiene la capacidad de utilizar esta fuente de energía mediante las reacciones que ocurren en el rumen, pero su eficiencia de utilización varía grandemente. Cuanto mayor es el grado de utilización de la fibra, mayor es el grado de digestibilidad del forraje.

El sistema de pastoreo y la fertilización influyen en gran medida en la calidad del forraje. El pastoreo determina la edad de la planta al momento de ser cosechada. Cuando la planta se cosecha frecuentemente, se obtiene un forraje de mayor digestibilidad, pues los tejidos jóvenes tienen mayor cantidad de proteína y carbohidratos solubles y menos fibra.

Cuando el pastoreo se hace a intervalos prolongados se obtiene mayor cantidad de forraje pero su calidad decrece por la edad debido a una disminución en el contenido celular y un aumento en las paredes celulares, constituidas por elementos menos digeribles como la celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales al aumentar en la planta con la edad, producen el fenómeno llamado lignificación.

La fertilización en general aumenta el contenido de proteína y minerales de los pastos, aumentando por consiguiente su valor nutritivo. En algunos casos la fertilización tiene como consecuencia un aumento en la cantidad de forraje producido pero no en el contenido porcentual de los elementos. En este caso se mejora el factor cantidad pero no el factor calidad del forraje.

3.3.2.2. Factores que afectan la producción de pastos.

✓ Edáficos

Son los relacionados con el suelo y que tienen que ver con la rapidez de crecimiento y rendimiento de los forrajes por hectárea. En Colombia los suelos varían de región a región no solo en la misma zona climática, sino también dentro de una misma serie de suelos. El país se ha zonificado por regiones y la fertilidad de los suelos varía de baja a alta.

Se tienen en cuenta las características del suelo; el pH, (concentración del ión H) que es un indicativo de la disponibilidad de los nutrientes del suelo y comportamiento de algunos pastos al grado de acidez. Nutrientes; se refiere a macroelementos principalmente N, P, K y Ca y algunos microelementos presentes en el suelo y su disponibilidad está afectada por el pH y CIC. Topografía; determinante en la preparación y manejo de suelos, así como en las necesidades de agua, esto influye en la estabilidad de los suelos a través del tiempo y por lo tanto en el establecimiento de pastos. Drenajes; importante en la resistencia en el mayor o menor grado de humedad. Estas características son las que nos permiten determinar la fertilidad de los suelos.

✓ Bióticos

Son aquellos representados por otros seres vivos que conviven con los pastos en el mismo medio. Los agentes bióticos pueden ser favorables o desfavorables para la producción de los pastos. Los principales factores bióticos que influyen en el crecimiento y producción de los pastos son los microorganismos, los animales y otras plantas.

Los microorganismos pueden ser benéficos o perjudiciales; son benéficos aquellos que intervienen en reacciones del suelo que conducen a la liberación de nutrientes contenidos en la materia orgánica, o los que fijan nitrógeno del aire ya sea simbiótica o autotróficamente. Pueden ser perjudiciales si son patógenos como los virus, bacterias y hongos, que causan enfermedades. Los animales pueden también favorecer o perjudicar el desarrollo de los pastos. Algunos animales como las lombrices ayudan a mejorar las condiciones de aireación e infiltración del suelo y transportan material de un sitio a otro; los insectos en muchos casos ayudan a la polinización y son en ese aspecto necesarios para completar el ciclo reproductivo de muchas especies. Otros insectos son perjudiciales, y a veces ocasionan daños graves. Los animales superiores en su mayor parte son perjudiciales para los pastos pues o se alimentan de ellos o simplemente los destruyen por pisoteo; los animales devuelven al suelo parte de los nutrientes que toman de los pastos en forma de excrementos y residuos orgánicos, que posteriormente pueden ser utilizados por el mismo pasto.

Algunas plantas superiores como las leguminosas forman mezclas útiles con los pastos, en las cuales la leguminosa mejora la calidad del forraje y proporciona al pasto parte del nitrógeno fijado simbióticamente de la atmósfera. Otras plantas, por el contrario, compiten con los pastos por espacio, agua, luz y nutrimentos; éstas son las malezas que en algunos casos pueden incluso desplazar a las especies útiles si no se controlan y se da al pasto un manejo adecuado.

✓ Climáticos y Ambientales

Para el cultivo de pastos los factores ambientales y climáticos que lo afectan con mayor importancia son la temperatura, la luz, la humedad, las lluvias, los vientos y la altitud. El clima en el país está afectado por la altitud, los vientos alisios y locales, la extensión y situación del mar Caribe y del océano Pacífico. El relieve influye en la distribución de lluvias. Los aspectos más importantes son la precipitación y la temperatura.

La temperatura óptima es distinta para las diferentes especies, estados de desarrollo y partes de la planta. Para el cultivo de pastos el país se divide en dos pisos térmicos: el cálido y el frío, en ellos se incluyen la zona media y el páramo.

Las características de la luz que influyen en el crecimiento de las plantas se pueden separar en tres factores: intensidad, calidad y duración. Las plantas responden de diferente manera a los aumentos de intensidad de la luz, mientras algunas especies aumentan la tasa de la fotosíntesis al aumentar la intensidad de la luz, otras muestran una rápida saturación y como consecuencia una ausencia de respuesta a dichos aumentos. La calidad de la luz se refiere a la longitud de onda de los rayos luminosos. Plantas que se desarrollan bajo condiciones de luz infrarroja crecen continuamente, lo mismo que las que permanecen en la oscuridad, mientras que las que reciben únicamente luz ultravioleta se pueden retrasar en su crecimiento e inclusive pueden morir. La duración del día (fotoperíodo) influye en el desarrollo vegetativo y la floración.

La distribución sobre la superficie de la tierra está controlada por la disponibilidad de humedad más que por cualquier otro factor ecológico individual. La manera como el agua afecta el crecimiento de las plantas es a través de su efecto en los procesos fisiológicos internos. Dentro de ciertos límites la actividad metabólica de las células y plantas está estrechamente relacionada con su contenido de agua.

Para una producción estable de pastos es importante que las lluvias se distribuyan lo más ampliamente a través del año, sin que sean demasiado prolongadas las estaciones excesivas, secas y húmedas.

En zonas donde la velocidad de los vientos sea fuerte se corre el riesgo con forrajes de alto crecimiento. El clima cálido tiene temperaturas superiores a 26° C y su altitud oscila entre los 0 y 1.000 metros sobre el nivel del mar; el clima frío tiene temperaturas inferiores a 17° C y una altitud superior a 2.200 metros sobre el nivel del mar. El clima medio se considera con temperaturas entre 17° y 25° C y a una altitud de 1.100 a 2.200 metros sobre el nivel del mar. Para esta zona media los forrajes se pueden cultivar tanto en clima frío como de clima cálido, aunque sus rendimientos no son los mismos.

A continuación se presentan las características más relevantes de algunos de los pastos tanto de pastoreo o como de corte, que por su presencia en el país, especialmente en la Región del Magdalena Medio fueron considerados para el este proyecto.

3.3.2.3. Pastos de Pastoreo.

✓ *Brachiaria Decumbens*

Figura 12. Pasto *Brachiaria Decumbens*



Fuente: www.ceba.com.co

El pasto braquiaria se comporta muy bien en alturas entre el nivel del mar y los 2.200 metros sobre el nivel del mar, en zonas con temperaturas entre 18 y 28 °C y 1.000 a 4.000 mm de precipitación anual. Resiste la sequía y crece bien en suelos bien drenados. Nativa de África Tropical, está muy bien adaptada a las condiciones del piedemonte llanero colombiano.

Es una gramínea perenne rastrera, con estolones largos que arraigan en los nudos y forman un césped denso. En Colombia, los tallos emergen de una corona central, algunos crecen postrados y otros semierectos, frondosos; alcanzan alturas de 50 a 70 cm. Las hojas son brillantes y muy verdes. La inflorescencia es una panícula con tres a cinco racimos ramificados.

Su uso más común es en pastoreo aunque puede utilizarse como pasto de corte, ensilaje o heno, preferiblemente mezclado con leguminosas.

Normalmente produce abundante semilla de bajo poder germinativo. La semilla es producida principalmente en los meses de Agosto a Octubre, durante el verano. En Colombia no se cosecha semilla para fines comerciales.

- ✓ *Brachiaria Radicans*

Figura 13. Pasto *Brachiaria Radicans*



Fuente: www.ceniap.gov

Es un pasto de pastoreo Perenne. Originario de África. De clima tropical, de suelos arcillosos con poco drenaje y de fácil adaptación a regiones inundadas como bajíos y esteros. La inflorescencia es una panícula alargada, produce de 8 a 10 espiguillas, los racimos son de 2 a 5.5 cm de largo. Los racimos inferiores son más alargados que los de arriba, dando la forma de un cono. Tiene buena resistencia al pastoreo y combate las malezas de manera similar al Pasto Alemán.

- ✓ Estrella (*Cynodon nlemfuensis*, Vanderyst)

Figura 14. Pasto Estrella



Fuente: CORPOICA, Alternativas de Alimentación Bovina. CD Memorias.

Muy bien adaptado a climas cálidos y medios, no prospera bien en elevaciones superiores a 2.200 metros sobre el nivel del mar. Tolera el calor y resiste la sequía; crece bien en suelos infértiles y pH bajo; originario de África oriental.

Es una gramínea perenne de tallos extensos y entrenudos largos; desarrolla numerosos estolones superficiales o subterráneos de 5 metros o más; las raíces crecen de los nudos. Los tallos florales alcanzan hasta 1 metro y poseen de 4 a 5 ramificaciones. El pasto Estrella tiene hojas exfoliadas e hirsutas.

Se usa primordialmente para pastoreo; en algunos casos para heno y ensilaje. Puede usarse para prevenir la erosión de suelos infértiles y pendientes; ocasionalmente puede usarse para corte. Crece bien en mezcla con Centrosema y Kudzú. La calidad del forraje producido en general es bajo.

✓ *Brachiaria Brizantha*

Figura 15. Pasto *Brachiaria Brizantha*



Fuente: CORPOICA, Alternativas de Alimentación Bovina. CD Memorias.

Es una gramínea riomatosa, perenne, más o menos erecta de 80 a 150 cm de altura. Nativa de África Tropical. La más común es la "Marandú" procedente del Brasil.

Resistente a la sequía, forma un césped basto y crece muy bien en suelos bajos y húmedos. Se propaga por semilla, pero mejor aún, por segmentos de rizoma. En las condiciones de Colombia el brachiaria, especialmente la brizantha tiende a desplazar las otras especies, ya sean leguminosas o malezas.

✓ Guinea (*Panicum maximum*, Jacq)

Figura 16. Pasto Guinea



Fuente: www.dpi.qld.gov.au

En Colombia el pasto guinea prospera bien en las tierras calientes y templadas desde el nivel del mar hasta 1.800 metros. Tolera más fácilmente la falta de humedad que otros pastos tropicales. Se desarrolla muy bien en las regiones secas y resiste los veranos prolongados debido a que tiene raíces muy profundas. Prospera en una serie de suelos bien drenados. No resiste inundaciones prolongadas. Figura entre las yerbas más comunes y útiles en las regiones tropicales. Crece espontáneamente en muchos lotes abandonados y a lo largo de las carreteras, caminos y canales.

Las plantas son perennes y crecen en grupos aislados o en matojos largos con muchas macollas; posee tallos erectos que pueden alcanzar 2,5 metros de altura; de los tallos se desprenden ramificaciones. Los nudos de la parte baja son por lo general densamente hirsutos; tallos gruesos que llegan a ser muy firmes y leñosos. Las hojas glabras o hirsutas alcanzan 25 a 80 cm de largo y 8 a 35 mm de ancho y son planas, erectas en la superficie próxima a la base.

El pasto Guinea se emplea especialmente para pastoreo, pero también puede utilizarse como pasto de corte o para ensilaje. Es muy bien aceptado por los animales, especialmente cuando está tierno. Se aconseja la rotación con períodos de ocupación de una semana y períodos de descanso de cinco a seis semanas.

✓ Mulato

Figura 17. Pasto Mulato



Fuente: www.ciat.cgiar.org

Es pasto mulato es una gramínea perenne híbrida del género *brachiaria*, que se originó mediante cruces realizados en 1988 en el CIAT, en Cali Colombia, entre *brachiaria ruziziensis* y *brachiaria brizanta*. De crecimiento inicial macollado que puede alcanzar hasta 1.0 m de altura. Produce tallos cilíndricos vigorosos, algunos con hábito semi-decumbente capaces de enraizar a partir de los nudos cuando entran en estrecho contacto con el suelo, bien sea por efecto del pisoteo animal o por compactación mecánica, lo cual favorece el cubrimiento total del suelo en potreros bajo pastoreo. Las hojas son lanceoladas con alta pubescencia y alcanzan hasta 40 cm de longitud y entre 2.5 a 3.5 cm de ancho. La inflorescencia es una panícula de 30 a 40 cm de longitud, generalmente con 3 a 8 racimos con hilera doble de espiguillas, que presentan durante la antesis estigmas de color cardenal oscuro.

El Mulato crece bien desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m. en trópico húmedo con altas precipitaciones y períodos secos cortos, y en condiciones subhúmedas con 5 a 6 meses secos y precipitaciones anuales mayores de 700 mm. Aparentemente la baja disponibilidad de luz solar afecta el desarrollo de las plantas. No sobrevive en suelos pesados con pobre drenaje interno o que se inunden periódicamente.

✓ Angleton (*Dichanthium aristatum*, Benth)

Figura 18. Pasto Angleton



Fuente: www.tropicalforages.info

Crece desde el nivel del mar hasta los 2.200 metros sobre el nivel del mar. Es resistente a la humedad, el pisoteo y la sequía. Se adapta a distintos tipos de suelos, pero los mayores rendimientos se obtienen en suelos francos y fértiles. Es originario de África Oriental.

Las plantas crecen en matojos, pero forma césped cuando se emplean densidades altas de semilla; emite numerosos tallos que ascienden de una base, frondosos, bastante ramificados muy cerca de la base se extienden hasta un metro; nudos ensanchados, pedículo piloso debajo de la inflorescencia; espigas con dos a cinco racimos; espiguillas con esterilidad bastante acentuada y que ofrece una apariencia plana; aristas delgadas, retorcidas y dobladas, racimos de 15 a 20 cm de longitud.

Se emplea principalmente en pastoreo, pero en épocas en que se presenta exceso de forraje puede cortarse para ensilar o henificar. Se recomienda la rotación sobre este pasto.

3.3.2.4. Pastos de Corte

- ✓ King Grass (*Pennisetum hybridum*)

Figura 19. Pasto King Grass



Fuente: www.agronomia.com.br

Es un forraje nativo de África del Sur. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 2.100 metros sobre el nivel del mar. Se adapta bien a casi todo tipo de suelos, desde los livianos hasta los pesados, pero no soporta encharcamiento prolongado.

Es una especie que crece en matorros y produce gran número de tallos por planta que puede alcanzar un diámetro entre 13 y 15 mm. Posee hojas anchas y largas con vellosidades suaves y cortas. La semilla sexual es fértil y puede tener entre 10 y 18 % de germinación.

Es tal vez la especie de corte más empleada en Colombia y otros países tropicales. Se utiliza para suministrar picado verde al ganado o para ensilar, debido al gran volumen de producción. No se acostumbra pastorear ni henificarlo.

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

✓ Morado

Figura 20. Pasto Morado



Fuente: www.conabio.gob.mx

Es una hierba perenne. Originaria de Estados Unidos a Argentina incluyendo las Antillas. Crece en terrenos mal drenados y pantanosos, en áreas húmedas abiertas, pantanos alcalinos, orillas de zanjas y depresiones inundadas. En suelos arcillosos, húmedos y alcalinos. Es sensible a heladas.

De tallos de hasta 1 m de largo, ascendentes, delgados, ramificados, sin pelos y forman estolones. Sus hojas alternas están dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina, envuelve al tallo, la parte superior de la hoja llamada lámina es larga, angosta, puntiaguda y a veces con algunos pelillos; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una prolongación membranosa, de color café, llamada lígula. La Inflorescencia se presenta de 3 a 10 espigas, cada una compuesta de numerosas espiguillas densamente dispuestas de color púrpura oscuro (rara vez verde).

✓ Maralfalfa

Figura 21. Pasto Maralfalfa



Fuente: soloalimentacion.solostops.com/lotos/comprar

El origen del pasto Maralfalfa permanece aún confuso pero los estudios preliminares realizados en el Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, indican que puede tratarse de *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. o de un híbrido (*Pennisetum hybridum*) entre el *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum* Schum comercializado en el Brasil como pasto Elefante Paraíso. Se requiere, sin embargo, estudios más detallados para esclarecer su clasificación taxonómica por lo que se sugiere identificarlo de manera genérica como *Pennisetum* sp.

Se da en alturas comprendidas desde el nivel del mar hasta 3000 metros. Se adapta bien a suelos con fertilidad media a 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 a una altura aproximada de 1.750 m.s.n.m. se han obtenido cosechas a los 75 días con una producción promedio de 28,5 kilos por metro cuadrado, con una altura promedio por caña de 2,50 mts. Los cortes se deben realizar cuando el cultivo alcance aproximadamente un 10 % de espigamiento.

Las raíces del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas, son de crecimiento rápido y de alta capacidad de profundizar en el suelo. La longitud y el ancho de las hojas pueden variar ampliamente dentro de una misma planta. La presencia de pelos en el borde de las hojas es otro elemento fundamental en la descripción de esta especie. (Correa et al 2002). La Maralfalfa es altamente palatable y dulce, más que la caña forrajera, sustituye la Melaza.

✓ Taiwan

Figura 22. Pasto Taiwán.



Fuente: www.american.edu

Esta gramínea forrajera de corte suele aparecer como un cultivar del pasto Elefante, *Pennisetum purpureum* Schumach, el taiwan A-146. Crece en regiones desde el nivel del mar hasta cercano a 3.000 metros de altura y presenta un rápido crecimiento siempre que cuente con grandes cantidades de agua. Es de buena relación hoja-tallo, alto rendimiento, buena persistencia y velocidad de recuperación. Sus tallos son delgados de color verde con vainas de color púrpura, estos tallos se lignifican a edad avanzada y sus hojas son erectas y sólo se doblan en la punta a finales de su madurez fisiológica. Es un pasto con el que se practica con éxito la técnica de conservación de ensilaje.

✓ Guatemala (*Tripsacum laxum*, Nash)

Figura 23. Pasto Guatemala



Fuente: www.fao.org

Es un pasto que se adapta a climas cálidos y medios y crece desde el nivel del mar hasta 2,00 metros. Se ha observado un desarrollo satisfactorio en regiones cuya precipitación varía de 800 a 2.000 mm anuales, y con temperatura promedio de 18 a 28°C. Presenta buen desarrollo en suelos pobres y es más resistente que el Elefante a la sequía, pero los mejores rendimientos se obtienen en suelos fértiles y con humedad adecuada. Es muy persistente.

Especie perenne. Las plantas crecen en grandes matorros. Muchos tallos crecen erectos y alcanzan alturas de 2,5 a 3,0 metros. Los tallos son gruesos (2 a 6 cm de diámetro) y sólidos; desarrolla muchas hojas, las cuales son anchas (5 a 12 cm) y alargadas (0,50 a 1,0 m de longitud), de color verde oscuro. Existen muchas variedades y algunas semejantes al maíz. Se emplea como pasto de corte y ensilaje. Sólo algunas variedades florecen en Colombia, pero las semillas no se usan para la propagación por ser infértiles.

✓ Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumach)

Figura 24. Pasto Elefante



Fuente: CORPOICA, Alternativas de Alimentación Bovina. CD Memorias.

Esta gramínea crece bien desde el nivel del mar hasta 2.200 metros, pero su mejor desarrollo se obtiene hasta los 1.500 metros; crece bien bajo temperaturas de 18 a 30°C., pero la más adecuada es alrededor de 24°C. En alturas superiores a los 2.200 metros y temperaturas inferiores a 18°C., también se puede sembrar pero su desarrollo es más lento y la producción es inferior. Resiste condiciones de sequía y humedad alta. Se comporta bien en suelos de pH bajo y fertilidad baja, pero como es lógico, los mayores rendimientos se obtienen si las condiciones del suelo son óptimas. Es originario del África.

Especie perenne alta, crece en matorros, los tallos pueden alcanzar hasta 2 a 4 cm de diámetro y alturas de 2 a 3 metros. Algunas variedades pueden alcanzar de 3,5 metros si se les deja envejecer. Las hojas tienen de 2 a 3 cm de ancho y de 30 a 70 cm de largo; la superficie y los márgenes son rugosas. La panícula es parecida a una espiga, dura, cilíndrica y densamente

pubescente, comúnmente de 30 cm de largo, muy florecida. Las espiguillas crecen en racimos con un callo peludo en la base y con cerdas escabrosas.

Pasto de corte esencialmente, pero en algunas zonas es utilizado en pastoreo, aunque no muy resistente al pisoteo. También se le puede usar para ensilar. Se sobre madura pronto, especialmente cuando carece de humedad suficiente, durante la época de sequía. Para obtener un forraje tierno y de calidad satisfactoria, es preferible cosecharlo con frecuencia de 50 a 70 días y cuando alcanza alturas de 1,00 a 1,20 metros.

✓ Imperial (*Axonopus scoparius* (Fluegge) Hitch)

Figura 25. Pasto Imperial



Fuente: agrkb.angrin.tlri.gov.tw

Se adapta muy bien a la zona comprendida entre 600 y 2.200 metros sobre el nivel del mar, pero puede encontrarse en zonas más bajas donde la temperatura no es muy alta. También se encuentra en alturas superiores a los 2.200 metros donde la temperatura no es muy baja, pero su desarrollo es muy lento. Requiere buenas condiciones de humedad y no prospera bien en suelos muy secos o muy húmedos. Está muy bien adaptado en los climas medios y cálidos moderados del país (17-25°C).

Su crecimiento es de tipo erecto, con numerosos tallos frondosos, sólidos y alcanza una altura de 1,5 metros o más. Se emplea como pasto de corte y para ensilaje. Es el principal pasto de corte que se cultiva en la zona cafetera colombiana.

Puede cosecharse al momento de la floración para obtener mayor rendimiento, ya que este pasto no pierde la gustosidad con la madurez fisiológica de la planta. El corte se debe hacer a ras de tierra y da de tres a cuatro cortes al año en clima medio y dos en clima frío moderado. Es posible

que con riego y fertilización se pueda aumentar el número de cortes. En algunas partes se pastorea cuando alcanza una altura de 50 a 70 cm.

Produce buena cantidad de semilla sexual pero es poco viable, por lo cual se usa normalmente la semilla vegetativa (tallos y/o cepas) para la propagación.

3.3.2.5. Otros Productos de Suplementación. Más de la mitad de la digestión se realiza en los tres primeros estómagos, lo que permite dar al animal comida fibrosa para aprovechar los microorganismos que se encuentran allí. Con ayuda de los microorganismos, los rumiantes extraen de la fibra parte de la energía que necesitan en forma de gases de fermentación llamados Ácidos Grasos Volátiles (ácido acético, butírico y propiónico). Pero para que esa energía sea bien usada por el cuerpo del animal, éste necesita comer otros materiales que contengan nitrógeno (proteínas), minerales y vitaminas. Dar estas fuentes nutritivas al animal se conoce como suplementación, y se recurre a ella cuando el animal no logra obtener las fuentes de: energía, proteína, minerales o vitaminas de su ración de alimento.

Tabla 1. Clases de Nutriente, función y compuesto

| Clase de Nutriente | Función | Compuesto |
|--------------------|---|--|
| Energía | Para actuar como combustible en las actividades musculares, nerviosas, reproductivas y respiratorias entre otras. | Azúcares, lactosa, almidón (glucosa), gases de fermentación. |
| Proteínas | Para formar órganos, músculos, sangre y productos (leche). | Nitrógeno no proteico, proteína sobrepasante, aminoácidos, péptido. |
| Vitaminas | Para regular funciones vitales (visión, piel, mucosas, reproducción, lactancia). | Se disuelve en agua: B1, B2, B6, B12, C (hidrosolubles). Se disuelve en aceite: A, D, E, K (liposolubles). |
| Minerales | Para formar estructuras (huesos) y regular funciones vitales (sentidos, reproducción y otros). | Sal (sodio y cloro), potasio, calcio, fósforo, magnesio, cobre, zinc. |

Fuente: TAPIA CANO, Martha Nury. ZULETA JURADO, James Farid. El Desarrollo de la Ganadería Doble Propósito. FUNDAEMPRESA. Colombia, 2004

Tabla 2. Nutrientes y sus Fuentes

| Clase de Nutriente | Fuentes |
|--------------------|---|
| Energía | Caña de Azúcar (Azúcares y fibras de rápida y lenta digestión), Bagazo y cogollo de caña (Azúcares y fibras de rápida y lenta digestión), Miel de purga (Azúcares), Tallos verdes de yuca |

| | | |
|------------------|-----------------------|---|
| | | (Fibra de rápida digestión), vástagos, hojas y tallos de plátano (Fibras de rápida y lenta digestión), frutos de palma (Fibras de rápida y lenta digestión y Grasas), Pastos: pastoreo y de corte (Azúcares y fibras de rápida y lenta digestión), Bore (Almidones, azúcares y fibras de rápida y lenta digestión). |
| Proteínas | Origen Animal | Harina de carne, sangre y pescado, gallinaza, vísceras de animales, lombrices. |
| | Origen Vegetal | Canavalia, guamo, matarratón, cachimbo, leucaena, ramio, guandul, kudzú, nacedero, pringamosa. |
| Vitaminas | | Todos los materiales verdes, para consumo, tienen vitaminas y estas permanecen si el material es fresco o no se cocina. |
| Minerales | | Harina de huesos, sal mineral, cáscara de huevo, cenizas y urea. |

Fuente: TAPIA CANO, Martha Nury. ZULETA JURADO, James Farid. El Desarrollo de la Ganadería Doble Propósito. FUNDAEMPRESA. Colombia, 2004

✓ Sal Mineralizada

Produce en la vaca, más leche y en los terneros, animales que crecen más fuertes y sanos, por eso es buena para el ganado.

Cuando las tierras son pobres en fósforo y calcio, los pastos que albergan tienen poco de éstos elementos, y aunque el ganado coma mucho pasto, no alcanza a consumir las cantidades de fósforo y calcio que necesita.

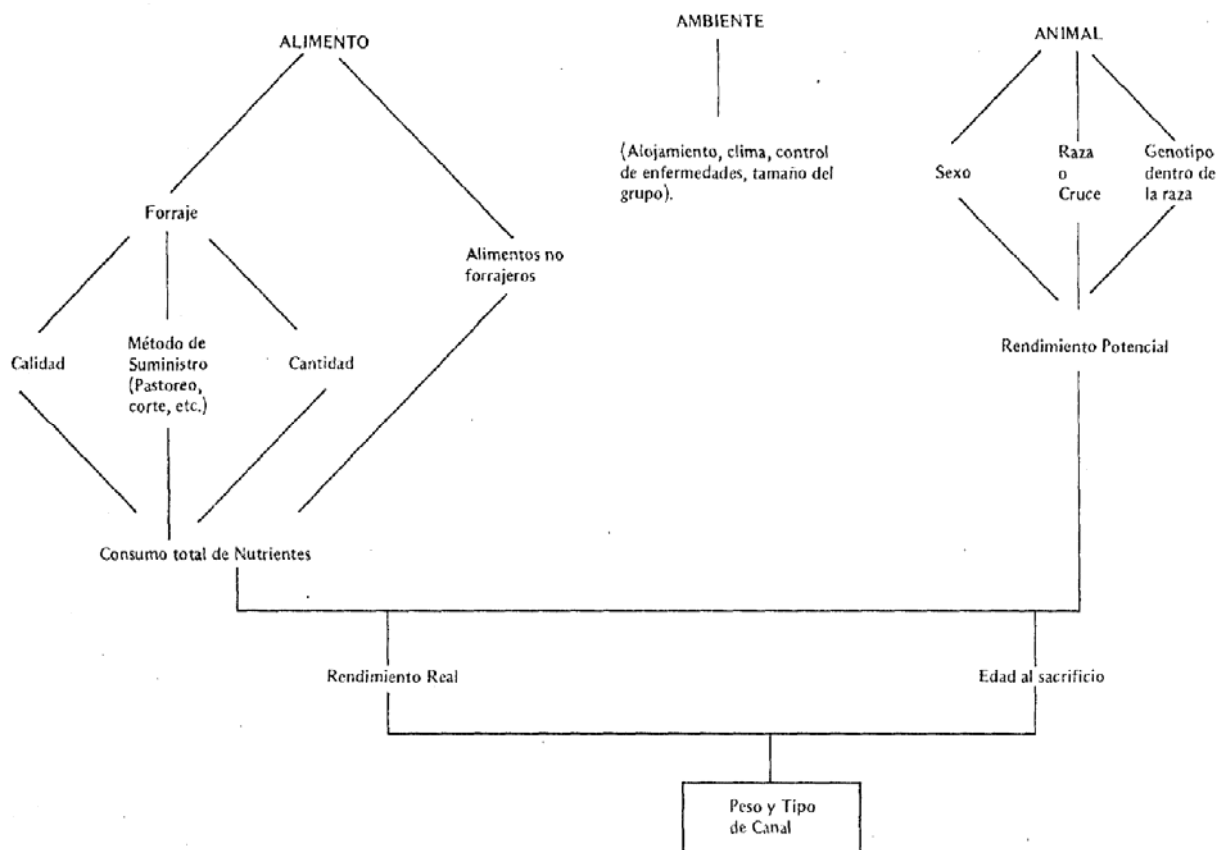
La falta de minerales, como fósforo, calcio, yodo, y sal producen pérdidas de dinero, pues los animales no se desarrollan y no producen como debieran.

✓ Bloque nutricional

Es una mezcla de varios materiales que aportan nitrógeno no proteico, energía, fibra, proteína y minerales (calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio y otros). Se utiliza para facilitar una digestión eficaz de la ración, lo cual permitirá mejorar el consumo de pastos y residuos fibrosos, especialmente en épocas de lluvia, y cuando los animales consumen vegetales muy ricos en fibras y azúcares. El bloque es una especie de ladrillo o panelón hecho de: melaza, salvado de trigo, urea, sal común o mineralizada, cal viva y harina de hojas secas de algún árbol forrajero, que los bovinos deben lamer para obtener nitrógeno, azúcares y minerales.

De los aspectos tratados hasta el momento, se puede representar los factores que influyen en la producción animal en la siguiente figura:

Figura 26. Factores que influyen en la Producción Animal



Fuente: TAPIA CANO, Martha Nury. ZULETA JURADO, James Farid. El Desarrollo de la Ganadería Doble Propósito. FUNDAEMPRESA. Colombia, 2004

3.3.2.6. Especies no deseadas.

✓ Malezas

Son plantas que causan más daño que beneficio en el lugar donde crecen. Así muchas plantas consideradas como benéficas pueden ser malezas bajo ciertas circunstancias. Las malezas compiten por espacio, agua, luz y nutrientes con los pastos, y por lo tanto en un potrero enmalezado, la producción de forrajes se disminuye notablemente. Las enfermedades y plagas pueden ser también limitantes en la producción de forraje, pero en general son menos importantes desde el punto de vista económico que las malezas.

Las condiciones climáticas y de suelos en Colombia favorecen el desarrollo de una gran variedad de malezas. En las zonas cálidas y húmedas predominan malezas leñosas de hoja ancha como

salvia y salvión, zarza, martin galviz etc. y malezas de hoja angosta como maciega, cortadera, coquito y rabo de zorro. En zonas frías prevalecen malezas herbáceas de hoja ancha como lengua de vaca y nabo.

Las malezas perjudican la ganadería de varias formas:

Compiten con los pastos por espacio, agua, luz y nutrimentos, lo cual tiene como consecuencia una disminución en la cantidad de forraje aprovechable. Causan daño a los animales directamente con sus espinas, o son urticantes o tóxicas y en algunos casos comunican mal olor a la leche.

Son hospederos de plagas y enfermedades. Obstruyen canales y zanjas de riego y drenaje. Producen dificultades en el manejo del ganado y en algunos casos le pueden causar lesiones graves. Disminuyen el rendimiento de los pastos. Disminuyen la calidad del forraje. Limitan la escogencia de especies. Aumentan los costos de producción. Provocan depreciación de tierras y el alojamiento de diferentes estados de desarrollo de ecto y endoparásitos para el ganado.

Entre las características que presentan las malezas y que les proporcionan su gran poder invasor y su persistencia se pueden mencionar las siguientes:

Alta capacidad reproductiva. Gran poder de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo. Capacidad para soportar condiciones adversas de humedad, temperatura, etc.

Conservación de la viabilidad de las semillas enterradas en el suelo por un periodo muy largo de tiempo, así como gran poder de dispersión por el viento, agua, animales, etc.

Excelente fertilidad y germinación no uniforme de la semilla y buena capacidad de propagación vegetativa por tallos, rizomas, bulbos, tubérculos, raíces, etc. Desarrollo rápido de raíces y partes aéreas. Ciclo de vida parecido al cultivo. Producción de inhibidores del desarrollo de otras plantas.

Los métodos de control de malezas pueden clasificarse en Controles Culturales y Controles Químicos. En los primeros se debe tener en cuenta: ajustar la capacidad de carga a las condiciones del pastoreo, hacer rotación del ganado, sembrar pastos adaptados a la región, combinar gramíneas y leguminosas, utilizar semillas de buena calidad, hacer una fertilización adecuada del potrero, desyerbar manualmente, usar guadañadora y usar palas. Con los Químicos se busca eliminar las maleas por medio de herbicidas, pero para esto se deben tener en cuenta algunos factores como: identificar las especies (de hoja ancha, de hoja angosta, etc.), calibrar bien la fumigadora, usar la dosis correcta y las condiciones ambientales antes, durante y después de la aplicación. Es necesario, conocer que hay tres tipos de herbicidas: los que se pueden incorporar antes de la siembra de los cultivos, los que se aplican antes de que germinen las plántulas (herbicidas premergentes) y los que se aplican una vez hayan salido las maleas (postmergentes).

✓ Plagas

Algunos insectos son considerados plagas cuando su control es muy costoso. La plaga más común en los pastos (Brachiarias), es el “Mión o Salivación”. El “Mión o Salivación” es un complejo que involucra diferentes especies de insectos chupadores. En Colombia se han identificado las especies *Aenolamia reducta*, *Aenolamia varia*, *Aenolamia Lepidiov*, *Mahanaro fimbriolata*, *Zulia colombiana* y *Zulia pubescens*. La plaga debe su nombre “Salivazo” a la espuma similar a la saliva que protege las ninfas, la cual está formada por exudados del insecto y residuos de los jugos nutritivos que extrae de la planta. La plaga se encuentra en la mayoría de áreas de trópico bajo. Las gramíneas más afectadas son algunas especies de *Brachiaria*.

3.4. SANIDAD ANIMAL

Cuando se aproxima la parición es conveniente llevar las vacas a potreros adecuados y cercanos, donde resulte fácil vigilar el momento del parto y atender el ternero para hacerle algunas prácticas de rutina necesarias.

3.4.1. Cuidados del ternero recién nacido. Cuando termine el nacimiento del ternero, se le deben limpiar las mucosidades para facilitar su respiración. Una práctica muy sencilla es soplarle las orejas para que se sacuda y empiece a respirar normalmente.

Debe cortar y amarrar de inmediato el cordón umbilical dejando un muñón de tres a cinco centímetros de largo. Desinfectar el muñón con tintura de yodo u otro desinfectante.

Aplicar en el ombligo un repelente de mosquitos que facilite la cicatrización. Estar pendiente del ternero recién nacido y si luego de dos horas no se ha parado, debe ayudarlo a levantar. Lavar bien la ubre antes de que el ternero inicie a mamar, para evitar infecciones que puedan afectar a la vaca y al ternero.

Ayudar a que el ternero mame su primera comida (calostro) directamente de la ubre lo mas pronto posible luego de que nace. Debe dejar que el ternero mame todo el calostro que quiera durante los tres o cuatro primeros días. Esta leche es muy nutritiva para el recién nacido. Si el ternero no alcanza a tomarse todo el calostro, usted debe ordeñar los sobrantes para evitar la congestión y el daño de la ubre.

3.4.1.1. Cuidados durante el crecimiento.

✓ Identificación

La vaca puede ser marcada con hierro caliente o marca fría, en la parte más baja de la pierna o en el cachete. El ternero debe marcarse a los tres o cuatro meses de edad, en los sitios anteriormente indicados.

Si el recién nacido es una ternera, observar bien sus pezones después de unas dos o tres semanas. Con frecuencia las terneras nacen con pezones supernumerarios, es decir, con más de cuatro. Cuando se presentan estos pezones, generalmente detrás de la ubre, es necesario cortarlos antes de las cinco semanas de edad. Es aconsejable pedir ayuda a un veterinario o a una persona con experiencia para realizar esta tarea.

✓ Vacunación

A los tres meses: Aplicar la vacuna Triple Viral para evitar las enfermedades de Carbón Sintomático, Septicemia Hemorrágica y Edema Maligno. Aplicar la vacuna contra el Carbón Bacteridiano. Repetir esta vacuna cada año.

A los cuatro meses: Aplicar la vacuna contra Aftosa. Repetirla cada cuatro meses.

Antes de los ocho meses: Aplicar la vacuna Cepa 19 contra la Brucelosis, vacunar solo a las hembras y por una sola vez. Se sugiere marcar el animal vacunado con una "V" en el cachete derecho, para cumplir con las normas exigidas por el ICA.

✓ Castración

Existen técnicas, a testículo abierto o a testículo cerrado, en la primera se realiza mediante el descope por medio de una navaja, dentro de la segunda técnica se agrupan las realizadas con bandas de caucho, pinzas hemasculadoras y las técnicas químicas. Los terneros deben ser castrados antes del destete y se recomienda dentro de los primeros 30 días de vida.

✓ Descorne

Los cuernos de los terneros deben ser recortados cuando están pequeños para que puedan comer y beber en el establo más cómodamente y para que sean menos peligrosos para las personas y para el resto de los animales. Debe hacerse cuando los cuernos del ternero tengan un centímetro de largo, lo cual sucede a los dos o tres meses de edad.

Dentro de las técnicas para descornar y topizar están:

- Con topizadores calientes

Se debe realizar cuando los terneros tengan dos o tres meses y el botón o pequeño cuerno tenga un centímetro de largo, con el siguiente procedimiento: Cortar el pelo alrededor de cada botón usando unas tijeras. Calentar el topizador al rojo, colocarlo sobre el botón durante quince segundos y luego darle vuelta al topizador hasta oír un chasquido. Revisar si se ha quemado totalmente. Después de hacer el descornado aplicar un desinfectante, aceite o grasa sobre la superficie quemada.

- Con pasta descornadora

Cortar el pelo alrededor de cada botón usando las tijeras. Aplicar vaselina en la piel alrededor de los cuernos para evitar quemaduras del animal cuando use la pasta. Aplicar sobre la punta del botón, la cantidad de pasta que coja en la punta de una navaja o cuchillo. Separar el ternero de la vaca, y tenerlo amarrado por tres a cuatro horas. Revisar todos los días siguientes al ternero para evitar complicaciones por alguna infección.

✓ Destete

Su duración varía según los objetivos del ganadero. Generalmente ocurre entre los siete u ocho meses de vida.

✓ Vermifugación

La primera se realiza de los tres a los seis meses, sin embargo los parasitismos internos se deben controlar con medidas profilácticas como aseo de la ubre al mamar, corrales de alojamiento limpios, agua de bebida limpia y control de charcos de agua. En lo posible exámenes coprológicos para identificar los parásitos, lo cual permite controles más específicos.

3.4.1.2. Enfermedades más comunes.

✓ Enfermedades Parasitarias o Verminosas

Son las producidas por gusanos redondos que viven en el intestino, estómago y pulmones, se producen por huevos que llegan con las materias fecales al suelo. Los animales enfermos no comen, son anémicos, enflaquecen y padecen fuertes diarreas.

Los animales nuevos en la finca deben ser desparasitados. Al desparasitar los animales de un lote, debe asegurarse que no quede ninguno sin purgar pues éste puede dejar huevos de parásitos con la materia fecal, que volverían a infectar a los animales sanos.

Es importante evitar la formación de pantanos en la finca porque pueden ser un criadero de larvas y gusanos. El agua suministrada al ganado debe ser limpia y pura. Se recomienda desparasitar a los terneros tres veces hasta el destete, cada dos o tres meses; las novillas de levante cada tres meses y las vacas dos veces por año.

✓ Fiebre de Garrapatas

Las garrapatas y nuches son los parásitos externos que más pérdidas producen en la ganadería. Las garrapatas son parásitos que chupan la sangre, afectan al animal con unos parásitos muy pequeños que producen Babesiosis o Ranilla Roja y Anaplasmosis o Ranilla Blanca, enfermedades que producen muchas muertes y por lo tanto, pérdidas económicas.

- Anaplasmosis (Ranilla Blanca o Secadera)

Es producida por un parásito que ataca los glóbulos rojos, se transmite por garrapatas y moscas picadoras y ataca animales de todas las edades. Sus síntomas son: fiebre, anemia, debilidad general, pelo erizado, enflaquecimiento y respiración rápida.

- Babebiosis (Ranilla Roja)

Es una enfermedad similar a la Anaplasmosis, también es transmitida por garrapatas y se diferencia por el examen diagnóstico. Sus principales síntomas: fiebre, debilidad general, pelo erizado, enflaquecimiento, dificultad para respirar y orina rojiza.

-Tripanosomiasis (Renguera)

Causada por el hemoparásito Tripanosoma Vivax, transmitida por tábanos. Sus síntomas son: fiebre, depresión, debilidad general, inflamación del pecho y vientre con presencia de líquidos, incoordinación del tren posterior, parálisis y muerte. En las hembras gestantes puede producir abortos.

✓ Mastitis

Es la inflamación de la ubre donde pueden estar afectados uno o varios pezones. Es producida por bacterias y algunos hongos, debido a un mal manejo del ordeño como mal escurrido de la ubre, infecciones transmitidas por la mano del ordeñador y mala desinfección de la ubre.

Entre los factores que favorecen la aparición de mastitis están: susceptibilidad hereditaria, estrés, cambio de clima, ordeño incompleto o excesivo, golpes, medio ambiente contaminado, falta de higiene de las instalaciones y durante el ordeño.

✓ Abortos

Consiste en la expulsión del feto muerto cuando está a término de la gestación o antes. Puede ocurrir por la presencia de enfermedades bacterianas como Brucelosis, Leptospirosis y Virales como Rinotraqueitis bovina infecciosa, diarrea viral Bovina, o puede ser resultado indirecto de enfermedades carenciales o nutricionales, fiebre aftosa, hemoparásitos, otras enfermedades bacterianas o por golpes y traumatismos con otros animales. Las causas más comunes son: Brucelosis y deficiencias nutricionales.

✓ Diarrea de los terneros

El término diarrea significa heces fecales en forma líquida. Hay muchas causas que originan la diarrea, como pueden ser los virus, los parásitos, las bacterias y la alimentación. La diarrea de los recién nacidos, vista en terneros en los primeros ocho días, se debe particularmente a la infección del intestino por el microbio *Escherichia coli*.

Se ha comprobado técnicamente que los terneros más sensibles son aquellos que no beben suficiente calostro en las primeras veinticuatro horas de vida, ya que en él, se encuentran los anticuerpos que el animal necesita para sobrevivir en los primeros meses de vida. La absorción de los anticuerpos en el ternero en las primeras doce horas de vida, va disminuyendo paulatinamente, hasta las cuarenta y ocho horas.

Los principales síntomas observados en los terneros son: heces (materias fecales) líquidas, que se presentan en forma continua; cólico, pelo áspero, sin brillo, debilidad, boca seca, ojos hundidos. En los casos de mucha debilidad el ternero permanece echado.

✓ Fiebre Aftosa

Es una enfermedad viral que afecta a los animales de pezuña hendida, los cuales se infectan por contacto directo o indirecto con enfermos o a través de orina, heces agua, leche, alimentos, pastos, cantinas, lazos, ropa, aperos, etc.

El animal presenta ampollas en la lengua, los labios, fosas nasales, boca, pezones y pezuñas. Los animales tienen inapetencia, no caminan, no beben agua y presentan salivación; las hembras preñadas pueden abortar y los terneros morir.

✓ Carbón Sintomático (Pierna Negra)

Se presenta generalmente en terneros, la infección ocurre a través de heridas en castraciones, vacunaciones incorrectas o con alambres, palos, vidrios, etc.

Se presenta fiebre, hinchazón o tumoración en el miembro afectado, al tocar esta hinchazón crepita por el cúmulo de gas bajo la piel.

✓ Carbón Bacteridiano (Peste Rayo o Ántrax)

Causado por la bacteria *Bacillus anthracis*. Es una enfermedad rápida donde los animales mueren sin mostrar mayores síntomas. Se presenta por heridas en los animales que luego se infectan o por consumo de agua y forraje contaminado.

Cuando se observan los síntomas los animales están decaídos, con fiebre, respiración rápida y dificultosa, presencia de espuma en la nariz y la boca, y mueren en pocas horas.

✓ Parásitos Externos

Son los que se encuentran sobre la piel de los animales. Los más comunes son las garrapatas y las moscas.

- Garrapatas

Es el parásito externo más común en las explotaciones ganaderas. Chupan la sangre y transmiten enfermedades como Ranilla o Secadera.

- Moscas

Se convierten en un problema para la ganadería por el estrés que producen a los animales, impidiendo el consumo normal de forrajes, llevando a una baja producción por problemas como enflaquecimiento, anemia, transmisión de enfermedades, bajo peso al nacer y al destete, disminución de la producción de leche, etc.

✓ Parásitos Internos

Los bovinos sin desparasitar se ven flacos, peludos, barrigones, con poco apetito, deshidratados y en ocasiones con diarrea, siendo más propensos los jóvenes.

Se pueden presentar dos tipos de parasitosis, dependiendo del sitio donde se encuentre el parásito: Gastrointestinal y pulmonar.

3.5. DOS PROYECTOS NACIONALES EN CURSO QUE FOMENTAN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR CÁRNICO Y LECHERO

En la preocupación por los resultados que la producción de los sectores agropecuarios: poco crecimiento, utilidades y endeudamiento de los productores, el gobierno nacional ha incluido programas de fomento del campo dentro de sus planes de desarrollo. Aquí se consideró importante mencionar dos de ellos y hacer de cada uno, una pequeña descripción en pro de resaltar la importancia del aporte que los sectores Carne y Leche hacen al crecimiento económico del país.

3.5.1. Programa: Agro Ingreso Seguro (AIS). El programa “Agro, Ingreso Seguro - AIS” creado a través de la Ley 1133 de 2007, se enmarca dentro de las acciones previstas por el Gobierno Nacional para enfrentar el proceso de internacionalización de la economía colombiana, y tiene como objetivos principales mejorar la competitividad del sector agropecuario nacional, y proteger los ingresos de los productores que resulten afectados ante las distorsiones derivadas de los mercados externos.

El sector agropecuario se ve beneficiado con este programa a través de sus componentes* y más concretamente mediante estos instrumentos de apoyo:

3.5.1.1. Adecuación de tierras y manejo del recurso hídrico sistemas de riego, drenaje y control de inundaciones. Inversiones dirigidas a asegurar de manera duradera el adecuado suministro de agua y posibilitar el uso del potencial productivo del suelo en la producción agropecuaria.

3.5.1.2. Equipos pecuarios y acuícolas. Proyectos de inversión orientados a la adquisición de equipos requeridos en los procesos de producción pecuaria y acuícola, ejecutados por pequeños productores.

3.5.1.3. Adquisición de Ganado Bovino Puro. Proyectos de inversión dirigidos a apoyar la mejora genética del pie de cría de ganado comercial, aumentar los parámetros de rendimiento por unidad animal, y mejora de la calidad de la producción ofrecida en las cadenas láctea y cárnica. El Incentivo a la Capacitación Rural (ICR) se reconocerá para proyectos ejecutados exclusivamente por pequeños productores para la compra de hembras y machos puros con edades entre 18 y 36 meses a criadores debidamente registrados en las respectivas asociaciones.

3.5.1.4. Fortalecimiento Sanitario Pecuario. Uno de los principales obstáculos al comercio de productos agropecuarios, son las barreras sanitarias y fitosanitarias que implementan los países con el fin de restringir el comercio. En este sentido el fortalecimiento del sistema sanitario y la implementación de sistemas de información, el registro e identificación de la producción agropecuaria, sus derivados o subproductos, en cualquier punto y en cualquier momento de la cadena productiva, hasta el consumidor final es fundamental para sortear dichas barreras.

Gracias a la inversión de los recursos del Programa AIS, en el año 2008 se espera poner en marcha el Sistema de Identificación e Información del Ganado Bovino (SINIGAN), principal herramienta para el proceso de trazabilidad. Con la implementación de este sistema, los consumidores, el Gobierno, los productores y los empresarios, se podrán beneficiar en los siguientes aspectos:

- ✓ Confianza en los alimentos de origen bovino.
- ✓ Disponibilidad de la información del origen de los productos bovinos.

* Los dos grandes componentes del programa AIS: APC (Apoyos Económicos para la competitividad) y APS (Apoyos Económicos Sectoriales). Del portal: www.ais.gov.co/MinAgricultura/web/03_programas.html

- ✓ Respuesta rápida de los problemas sanitarios de productos de origen bovino.
- ✓ Diferenciación entre los productores trazados y los no trazados.
- ✓ Inocuidad de los alimentos de origen bovino.
- ✓ Aseguramiento de la sanidad animal.
- ✓ Optimización de recursos en políticas de salud humana y animal.
- ✓ Garantía al consumidor el origen y la calidad de los productos de origen bovino.
- ✓ Fomento de la productividad en el sector.
- ✓ Apoyo en el cumplimiento de medidas sanitarias.
- ✓ Apoyo al seguimiento de la calidad.

3.5.1.5. Asistencia Técnica. Dentro del marco del Programa AIS, por medio de la Resolución 00140 del 13 de junio de 2007, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ha implementado el Incentivo a la Asistencia Técnica, a través del cual se pretende financiar una parte del monto total de los gastos en que incurra un productor por razón de la contratación del servicio de asistencia técnica.

Este Incentivo cubrirá hasta el 80% del valor total del crédito que contraiga el beneficiario para financiar los gastos relacionados con la contratación del servicio de asistencia técnica, y será otorgado a través de la realización de un abono al saldo del crédito correspondiente.

3.5.2. Apuesta exportadora agropecuaria del ministerio de agricultura y desarrollo rural (2006-2020). La Apuesta Exportadora es resultado de un proceso de concertación liderado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el cual participaron los diferentes actores del sector: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Corporación Colombia Internacional (CCI), Banco Agrario, Bolsa Nacional Agropecuaria, Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO), Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Instituto Interamericano de Cooperación Agropecuaria (IICA), Secretarías de Agricultura, Departamento Nacional de Planeación (DNP) y gremios de la producción.

Producto de esta concertación son: la selección de los productos promisorios exportables, la priorización de regiones para el desarrollo de núcleos productivos, el establecimiento de metas por producto a 5, 10 y 15 años, expresadas en área y/o producción; y la identificación de los instrumentos de política necesarios para aumentar la competitividad de los productos seleccionados.

3.5.2.1. Ganado Bovino de Carne.



FUENTE: CORPOICA

REGIONALIZACIÓN

1. **REGIÓN CARIBE**
Valle del Cesar, Bajo Magdalena, Sabana del Cesar, Sur del Cesar, Depresión Momposina, Faja Litoral, Sabanas de Córdoba, Sucre y Bolívar, Golfo de Morrosquillo, Valle del Sinú, Bajo Cauca
2. **VALLES INTERANDINOS**
Norte y Centro del Magdalena Medio, Sur del Magdalena Medio, Norte y Sur del Alto Magdalena, Valle del Río Cauca, Valle del Río Patía
3. **ORINOQUIA Y AMAZONIA**
Pie de Monte Araucano, Pie de Monte Casanareño, Altillanuras del Meta, Pie de Monte Caquetense

■ Concentración actual del inventario bovino

COMERCIO EXTERIOR

OFERTA Y CONSUMO MUNDIAL DE CARNE BOVINA

| | | | | Participación % | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| Producción | | Exportaciones | | Importaciones | |
| Estados Unidos | 18,7% | Alemania | 20,1% | Italia | 18,7% |
| Brasil | 12,9% | Francia | 15,1% | Rusia | 12,9% |
| China | 11,6% | Países Bajos | 11,0% | Francia | 9,7% |
| Argentina | 5,0% | España | 8,2% | Países Bajos | 7,6% |
| Australia | 3,6% | Bélgica | 6,6% | Reino Unido | 5,9% |
| Rusia | 3,2% | Ucrania | 6,2% | Grecia | 4,8% |
| Otros | 45,1% | Otros | 32,9% | Otros | 40,4% |
| TOTAL | 100,0% | TOTAL | 100,0% | TOTAL | 100,0% |

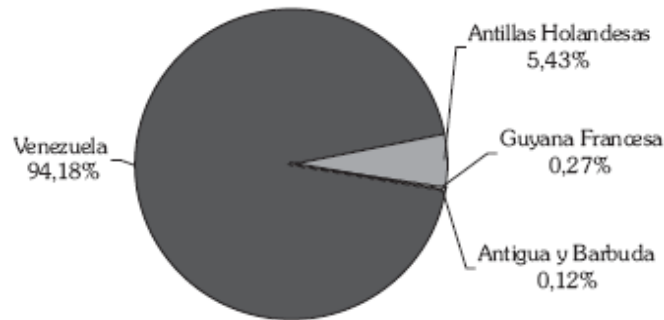
FUENTE: FAO. Incluye carne de vaca y ternera. Datos obtenidos a partir de volúmenes 2005

EXPORTACIONES COLOMBIANAS POR PAÍS DE DESTINO CARNE BOVINA

| PAÍS | Toneladas |
|---------------------|--------------|
| Venezuela | 8.199 |
| Antillas Holandesas | 473 |
| Guyana Francesa | 23 |
| Antigua y Barbuda | 11 |
| TOTAL | 8.706 |

FUENTE: DANE-DIAN. 2005

PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES COLOMBIANAS POR PAÍS DE DESTINO



FUENTE: DANE - DIAN, 2005

BALANZA COMERCIAL

| | Miles de dólares | | | | |
|---|------------------|-------|--------|--------|------------------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | |
| CARNE | | | | | |
| Exportaciones ^{1/} | 1.701 | 3.707 | 26.344 | 24.754 | 1.355,3 |
| % en Exportaciones Agropecuarias sin Café | 0,08 | 0,18 | 1,25 | 1,17 | |
| Importaciones | 182 | 3 | 87 | 381 | 109,3 |
| % en Total Importaciones | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | |
| Balanza Comercial | 1.519 | 3.704 | 26.257 | 24.373 | 22.854,0 ^{2/} |
| % en Total Balanza Comercial Agropecuaria | 0,13 | 0,30 | 1,63 | 0,94 | |
| Exportaciones USD\$/Ton | 422 | 564 | 433 | 352 | -16,6 |
| Importaciones USD\$/Ton | 330 | 667 | 161 | 247 | -25,2 |

1/ Corresponde a carne de res fresca o refrigerada

2/ Corresponde a la variación absoluta entre 2005 y 2002 en dólares

FUENTE: Observatorio de Competitividad - DIAN - DANE

CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCIÓN

| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | (%) Var. 2005/2002 |
|---|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| GANADO BOVINO | | | | | |
| Crecimiento Anual del PIB ^{1/} | -0,92 | 1,00 | 7,33 | -0,99 | -0,08 |
| % en PIB Agropecuario sin Café | 15,04 | 14,75 | 15,04 | 14,59 | -0,45 |

1/ DANE-SISAC: Cabezas de ganado en pie (macho y hembra)

FUENTE: DANE - Cuentas Nacionales

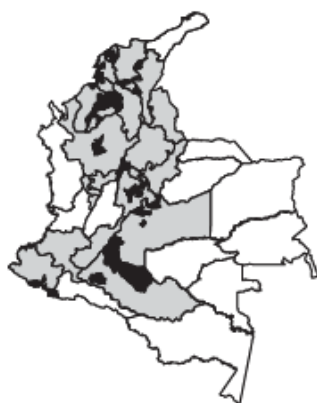
METAS EN AREA Y PRODUCCIÓN

| PRODUCCIÓN BOVINA (t) | 2006 | 2010 | 2015 | 2020 | 2020/2006 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Inventario Ganadero | 25.677.121 | 27.711.995 | 37.191.954 | 51.478.184 | 25.801.063 |
| Producción de carne | 827.220 | 926.370 | 1.230.071 | 1.731.880 | 904.660 |

La capacidad de carga aumentará de 0,65 animales por hectárea en 2006 a 1,3 animales por hectárea en 2020

FUENTE: MADR -Dirección de Cadenas Productivas

3.5.2.2. Ganado Bovino de Leche.



FUENTE: FEDEGÁN. Observatorio de Agro cadenas. 2005

REGIONALIZACIÓN

CUENCAS LECHERAS DEL TRÓPICO ALTO

1. Altiplano Cundiboyacense (Valle de Ubaté y Chiquinquirá), Santander, N. De Santander
2. Nariño y Cauca, Oriente Antioqueño y Alto Putumayo

CUENCAS LECHERAS DEL TRÓPICO BAJO

1. Cesar, Magdalena, Córdoba, Atlántico, Sur de la Guajira, Sucre y Bolívar
2. Antioquia, Caldas, Caquetá, Huila, Quindío, Risaralda y Piedemonte Llanero-Caqueteño

- Departamentos Priorizados
- Concentración actual del inventario bovino. Lechería especializada y doble propósito

COMERCIO EXTERIOR

OFERTA Y CONSUMO MUNDIAL DE LECHE EN POLVO

| Producción | | | | Exportaciones ¹ | | Importaciones ¹ | | Participación % |
|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|--|-----------------|
| Nueva Zelandia | 14,3% | Nueva Zelandia | 23,6% | Argelia | 7,0% | | | |
| EE UU | 11,1% | Australia | 8,3% | Países Bajos | 6,1% | | | |
| Francia | 8,7% | Alemania | 7,9% | China | 5,4% | | | |
| Brasil | 7,1% | Estados Unidos | 7,2% | México | 4,9% | | | |
| Australia | 6,6% | Países Bajos | 6,6% | Filipinas | 4,7% | | | |
| Alemania | 5,0% | Francia | 5,1% | Indonesia | 4,2% | | | |
| Otros | 47,1% | Otros | 41,3% | Otros | 67,7% | | | |
| TOTAL | 100,0% | TOTAL | 100,0% | TOTAL | 100,0% | | | |

1/ Los datos de comercio corresponden al año 2004

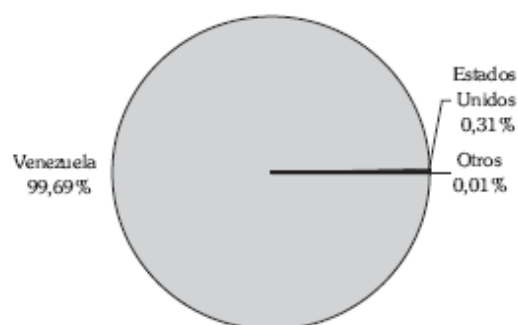
FUENTE: FAO. Datos de producción obtenidos a partir de volúmenes 2005. Incluye leche entera en polvo y leche desnatada en polvo

**EXPORTACIONES COLOMBIANAS
POR PAÍS DE DESTINO
LECHE EN POLVO**

| PAÍS | Toneladas |
|----------------|---------------|
| Venezuela | 13.807 |
| Estados Unidos | 42 |
| Otros | 1 |
| TOTAL | 13.850 |

FUENTE: DANE-DIAN, 2005

**PARTICIPACIÓN DE LAS EXPORTACIONES
COLOMBIANAS POR PAÍS DE DESTINO**



FUENTE: DANE - DIAN, 2005

BALANZA COMERCIAL

| LECHE | Miles de dólares | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|------------------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2005/2002 % |
| Exportaciones ^{1/} | 35.785 | 38.351 | 26.238 | 36.110 | 0,9 |
| % en Exportaciones Agropecuarias sin Café | 1,69 | 1,77 | 1,01 | 1,17 | |
| Importaciones | 20.750 | 318 | 5 | 508 | -97,6 |
| % en Total Importaciones | 1,24 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | |
| Balanza Comercial | 15.035 | 38.033 | 26.233 | 35.602 | 20.567,0 ^{2/} |
| % en Total Balanza Comercial Agropecuaria | 1,26 | 3,03 | 1,63 | 1,37 | |
| Exportaciones USD\$/Ton | 425 | 524 | 448 | 384 | -9,8 |
| Importaciones USD\$/Ton | 582 | 472 | 8.000 | 386 | -33,7 |

1/ Corresponde a Leche en polvo

2/ Corresponde a la variación absoluta entre 2005 y 2002 en dólares

FUENTE: Observatorio de Competitividad - DIAN - DANE

CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCIÓN

| LECHE | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | (%) Var. 2005/2002 |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| Crecimiento Anual del PIB ¹ | 3,71 | 5,25 | 15,88 | 2,22 | -1,49 |
| % en PIB Agropecuario sin Café | 13,22 | 13,52 | 14,88 | 14,91 | 1,68 |

1/ ANALAC - Consejo Nacional Lácteo: Producción trimestral de leche cruda

FUENTE: DANE - Cuentas Nacionales

METAS EN AREA Y PRODUCCIÓN

| PRODUCCIÓN BOVINA (t) | 2006 | 2010 | 2015 | 2020 | 2020/2006 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Inventario Ganadero | 25.677.121 | 27.711.995 | 37.191.954 | 51.478.184 | 25.801.063 |
| Producción de leche | 892.582 | 1.055.372 | 1.234.602 | 1.400.459 | 507.877 |

La capacidad de carga aumentará de 0,65 animales por hectárea en 2006 a 1,3 animales por hectárea en 2020

FUENTE: MADR - Dirección de Cadenas Productivas

Este proyecto beneficia en gran medida al sector agropecuario mediante el diseño de instrumentos de política financieros; de investigación, innovación y transferencia tecnológica; manejo sanitario y fitosanitario; e investigación de mercados, algunos de los instrumentos mencionados son:

- ✓ El Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) continuará apoyando inversiones en los campos de aplicación vigentes y se ampliará a inversiones de productores medianos en redes de frío y transporte de productos procesados.
- ✓ Promover la inversión a través de fondos de capital de riesgo
- ✓ Incentivo hasta del 80% del costo de la prima de coberturas de tasa de cambio y precios internacionales
- ✓ Investigación en adaptación animal, mejoramiento genético y desarrollo de nuevos materiales forrajeros
- ✓ Desarrollo de modelos regionales de producción ganadera de acuerdo con las características específicas de cada zona
- ✓ Desarrollo del Plan Nacional de Capacitación y Transferencia de Tecnología
- ✓ Desarrollo de paquetes tecnológicos para el manejo adecuado de los recursos hídricos, los suelos y los forrajes
- ✓ Estructuración y fortalecimiento institucional para mejorar las medidas fitosanitarias mediante:
 - Creación de un Comité Técnico de Sanidad e Inocuidad Animal con la participación del sector público y privado con el fin de coordinar las políticas referentes a la sanidad animal

- Mejoramiento de la capacidad operativa y la cobertura del sistema MSF mediante el desarrollo de modelos de autorización para que el sector privado realice actividades MSF
 - Ajustes normativos requeridos por el ICA para actualizar y complementar regulaciones sobre hatos libres, transporte de animales vivos, registros de materias primas e insumos agropecuarios y veterinarios
 - Adecuar la normativa del INVIMA para la consecución de registro sanitario de las plantas de sacrificio, higienización y procesamiento de derivados lácteos y cárnicos y para el transporte de productos procesados
 - Reglamentación para las cadenas lácteas y cárnica sobre: derivados, registro y uso de aditivos y coadyuvantes alimentarios, empaques, sustancias de limpieza y desinfección, límites de residuos y contaminantes químicos y niveles de microorganismos
 - Desarrollo y difusión de protocolos relativos a la aplicación de sistemas preventivos de buenas prácticas y trazabilidad
 - Desarrollo y actualización de manuales de procedimientos para las actividades de inspección, vigilancia y control
- ✓ Mejoramiento del estatus sanitario mediante el desarrollo de los siguientes planes:
- Plan nacional de erradicación de la fiebre aftosa
 - Campaña de control de la brucelosis bovina
 - Campaña de erradicación de la tuberculosis bovina
 - Programa de prevención de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB)
 - Programa nacional de control de microorganismos patógenos en carne, leche y sus derivados
 - Programa nacional de control de residuos y contaminantes químicos en leche, carne y sus derivados
 - Investigación y caracterización de enfermedades animales y desarrollo de herramientas de diagnóstico, prevención y tratamiento
 - Desarrollo, difusión y certificación de programas de Buenas Prácticas Agropecuarias y Buenas Prácticas Veterinarias para los hatos ganaderos; Buenas Prácticas de Manufactura y bioseguridad para los laboratorios productores de vacunas y Buenas Prácticas y sistema HACCP para las plantas de sacrificio e higienización y centros de acopio
 - Reglamentación y vigilancia en la adopción del sistema de trazabilidad
- ✓ Fortalecimiento de la capacidad científica y técnica
- ✓ Inteligencia de mercados: estrategias para la apertura de mercados de valor agregado, verdes y orgánicos
- ✓ Apoyos para incrementar la capacidad de almacenamiento de la leche y de pulverización

3.6. DINÁMICA DE SISTEMAS Y ENFOQUE SISTÉMICO

3.6.1. Dinámica de sistemas. La dinámica de Sistemas es una disciplina académica creada en los años 60 por el Dr. Jay Forrester del Instituto Técnico de Massachussets. La dinámica de

Sistemas originalmente se arraigó en las ciencias de administración e ingeniería, pero se ha desarrollado gradualmente como una herramienta muy útil en el análisis de los sistemas sociales, económicos, físicos, químicos, biológicos y ecológicos.

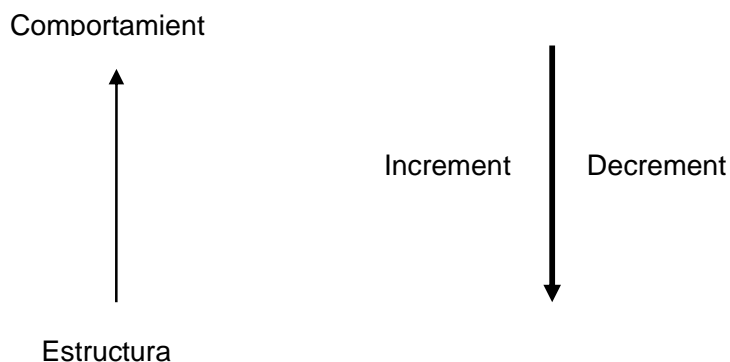
En el campo de la dinámica de sistemas, un sistema es definido como una colección de elementos que continuamente interactúan sobre el tiempo para formar todo unificado. El modelo fundamental de interacción entre los elementos de un sistema es llamado la estructura del sistema.

El término dinámico se refiere al cambio sobre el tiempo. Si algo es dinámico, está cambiando constantemente en respuesta al estímulo influyente. Un sistema dinámico es de este modo un sistema en el cual las variables interactúan para estimular cambios sobre el tiempo. Dinámica de Sistemas es una metodología utilizada para entender cómo los sistemas cambian con el tiempo. La manera como los elementos o variables que componen un sistema varían sobre el tiempo está referida al comportamiento del sistema.

Una característica que es común para todos los sistemas es que la estructura del sistema determina el comportamiento del sistema. La dinámica del sistema enlaza el comportamiento del sistema a su estructura fundamental. La dinámica de sistemas puede ser usada para analizar cómo la estructura de un sistema físico, biológico o literario, puede guiar al comportamiento que el sistema exhibe. Definiendo la estructura de un ecosistema en el tiempo, basado en su estructura.

El siguiente diagrama indica que la estructura fundamental de un sistema determina el comportamiento de ese sistema. La flecha apuntando hacia arriba en la izquierda simboliza esta relación. En la derecha, la que está apuntando hacia abajo indica el más profundo entendimiento que se consigue del análisis de la estructura de un sistema. El entendimiento completo puede únicamente venir cuando uno se sumerge en el comportamiento para entender la estructura que causa este comportamiento.

Figura 27. El enlace entre la estructura y el comportamiento.



La relación estructura-comportamiento no necesita estar limitado a los sistemas que están bien definidos histórica o analíticamente. La dinámica de sistemas puede ser utilizada también para analizar cómo los cambios estructurales en una parte de un sistema podrían afectar el comportamiento del sistema como un todo.

La dinámica de sistemas provee una herramienta de comunicación común conectando varias disciplinas académicas. La dinámica de sistemas fuerza a la gente a pensar críticamente sobre los problemas debido al proceso por el que deben seguir para desarrollar y analizar la estructura del sistema. Más importante, con la dinámica de sistemas, uno puede hacer el enlace mental entre la estructura de un sistema y el comportamiento que el sistema produce².

3.6.2. Modelamiento con enfoque sistémico. El estudio de un fenómeno cualquiera, se inicia con la observación, interpretación y generación de un modelo mental; a partir del cual se construye un modelo formal de la realidad observada.

"Un modelo es simplemente, un cuerpo ordenado de hipótesis acerca de un sistema complejo, es un intento por entender algún aspecto de la infinita variedad de ellos que presenta el mundo, seleccionando, a partir de percepciones y de experiencias pasadas, un cuerpo de observaciones generales aplicables al problema en cuestión"³

Para la elaboración de los modelos formales, se pueden seguir dos enfoques: Uno de ellos es el enfoque Conductista, el cual orienta el estudio de los fenómenos a través del análisis de sus elementos o partes componentes por separado. El otro enfoque, denominado Estructuralista guía la construcción de un modelo de la siguiente manera: "... tras un análisis cuidadoso y detenido de los distintos elementos que intervienen en el sistema observado. De este análisis cuidadoso se extrae la lógica interna (del comportamiento interno) del modelo, y a partir de la estructura así construida se intenta un ajuste con los datos históricos..., siendo el análisis de la lógica interna y de las relaciones estructurales en el modelo, las puntos fundamentales de la construcción del mismo"⁴.

La Teoría General de Sistemas, T.G.S., aporta un soporte conceptual al enfoque Estructuralista, cuando define en sus propósitos la comprensión de los fenómenos como totalidades, sin descuidar el estudio de las partes componentes o elementos de los mismos y cuando promueve el uso de los modelos formales como herramientas de interpretación y definición de las estructuras de los sistemas a estudiar. Dentro del movimiento sistémico, se adopta una perspectiva particular: la consideración de que para tratar con sistemas el útil conceptual adecuado es su modelado. Modelado que debe entenderse en un sentido formal, matemático, para lo que se requieren los útiles desarrollados en torno a la teoría matemática de los sistemas dinámicos y, muy en especial, las posibilidades que ofrece el computador para estudiar, por simulación, el comportamiento de estos modelos."⁵

Una metodología de modelado Estructural con enfoque Sistémico es la Dinámica de Sistemas, como su nombre lo indica, con esta metodología se puede realizar un modelo que represente el comportamiento dinámico, es decir, el comportamiento de un fenómeno en el tiempo, característica

² FORRESTER, Jay W. Proyecto de Educación en Dinámica de Sistemas. Road Maps 1. Instituto de Tecnología de Massachussets.1994.

³ MEADOWS, Donella H. Los límites del crecimiento, informe al club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. Fondo de Cultura Económica. México: 1.972

⁴ ARACIL, Javier. Introducción a la dinámica de sistemas. España: Alianza Editorial, 1.986. p. 25-26.

⁵ ARACIL Javier, Maquinas sistemas y modelos. Editorial Tecnos, 1986. p 33-34.

que, junto con el análisis de la estructura del fenómeno y de los ciclos de realimentación, diferencia a esta metodología de otros procesos de modelado.

La dinámica de sistemas orienta el proceso de construcción de un modelo matemático estructural de un fenómeno, y posibilita simular su comportamiento dinámico en el transcurrir del tiempo, o de otra variable independiente. En general, el proceso de simulación proporciona el conjunto de valores de las variables en cada instante; esto es posible porque el modelo matemático y estructural involucra los elementos (variable y parámetros) fundamentales del fenómeno y las interacciones entre ellos. A su vez, las interacciones y las leyes que las rigen permiten determinar la variabilidad de cada variable en función de las demás; de los parámetros, del instante y de las condiciones iniciales; y, así, observar los efectos de la realimentación, base del comportamiento dinámico del fenómeno⁶.

La dinámica de sistemas es así una metodología que, inspirada en la Teoría General de Sistemas y en la teoría de los procesos de realimentación, la cibernética, guía mediante un conjunto de pasos bien definidos el proceso de construcción formal de modelos matemáticos. Este conjunto de pasos los resume el profesor Javier Aracil en su libro "Introducción a la Dinámica de Sistemas", así: En primer lugar se observan los modos de comportamiento del sistema real para tratar de identificar los elementos fundamentales del mismo; por ejemplo los síntomas de una perturbación. En segundo lugar, se buscan las estructuras de realimentación que puedan producir el comportamiento observado. En tercer lugar, a partir de la estructura identificada, se construye el modelo matemático de comportamiento del sistema en forma idónea para ser tratado sobre un computador. En cuarto lugar, el modelo se emplea para simular, como en un laboratorio, el comportamiento dinámico implícito en la estructura identificada. En quinto lugar, la estructura se modifica hasta que sus componentes y el comportamiento resultante coincidan con el comportamiento observado en el sistema real. Por último, en sexto lugar, se modifican las decisiones que puedan ser introducidas en el modelo de simulación hasta encontrar decisiones aceptables y utilizables que den lugar a un comportamiento real mejorado⁷.

3.6.3. Lenguajes de representación del modelo. La definición de un modelo se ubica en el marco del Pensamiento Sistémico y dentro de éste la Dinámica de Sistemas. "El paradigma Dinámico-Sistémico es un paradigma de modelado, entendida esta acción como la actividad de hacer explícita en modelos formales los modelos mentales de los fenómenos, como un re-representar del fenómeno."⁸

La Dinámica de sistemas, se basa en determinar un conjunto de objetivos generales, que permitan elaborar una primera aproximación del modelo con algunas características finales. Este primer modelo constituye el primer prototipo que luego de ser evaluado por el usuario mediante la simulación en diferentes condiciones se realimenta con cambios que buscan mejorar la

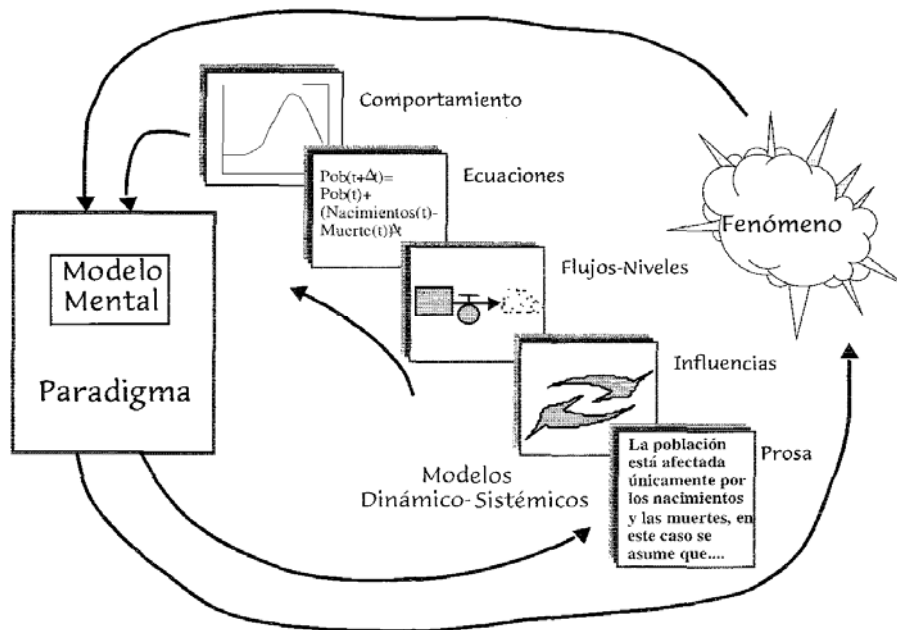
⁶ ANDRADE, Hugo Sosa y SOTAQUIRÁ Ricardo. Pensamiento de Sistemas y Dinámica de Sistemas para el modelamiento de fenómenos de diversa naturaleza.

⁷ ARACIL, Introducción a la Dinámica de Sistemas, Op cit.

⁸ ANDRADE SOSA, Hugo Hernando; DYNER, Isaac; ESPINOSA, Ángela; LOPEZ GARAY, Hernán y SOTAQUIRA, Ricardo. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. 2001

aproximación de la realidad y continúa en un proceso que va aumentando la complejidad y satisfacción del usuario hasta obtener un prototipo final.

Figura 28. Proceso de Modelado con Dinámica de Sistemas



Fuente: ANDRADE SOSA, Hugo Hernando; DYNER, Isaac; ESPINOSA, Ángela; LOPEZ GARAY, Hernán y SOTAQUIRA, Ricardo. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. 2001

La Dinámica de Sistemas proporciona un sistema de lenguajes con los cuales es posible expresar la causalidad circular del sistema considerado. Estos lenguajes son: Lenguaje en Prosa, Lenguaje de los diagramas causales (influencias), Lenguaje de los diagramas de Niveles y Flujos, Lenguaje de Ecuaciones y Lenguaje de los resultados simulados. Cada uno de ellos satisface de manera particular los requerimientos de un modelo dinámico-sistémico, esto es, la posibilidad de expresar hipótesis causales de la dinámica y la posibilidad de realizar con ellas una interacción simulada.

El modelo mental no solamente representa al fenómeno desde nuestra perspectiva, sino que también actúa como filtro en nuestra relación con el fenómeno. Es decir, condiciona tanto nuestras percepciones como nuestras acciones sobre el fenómeno.⁹ Los supuestos de este modelo mental pueden ser comunicados mediante el Lenguaje en Prosa.

Los Lenguajes de Diagramas Causales (influencias) y Diagramas de Niveles y Flujos, como lo indican sus denominaciones, tienen un carácter gráfico. En cada uno de ellos se puede dibujar y

⁹ Ibid.

apreciar visualmente la estructura causal con sus ciclos de realimentación. Para cada uno de estos diagramas existe una lógica que permite inferir comportamientos posibles del sistema a partir de las estructuras que allí aparecen, de modo que se pueden realizar simulaciones “mentales” o, lo que es lo mismo, visualizar modos de referencia.

La visión que ofrece un modelo expresado como un Diagrama de Influencias, tiene cualidades didácticas porque permite comunicar y discutir con sencillez las hipótesis causales con diferentes tipos de públicos, incluso con aquellos que no conocen la Dinámica de Sistemas.

El Diagrama de Niveles y Flujos sirve para ilustrar el modo como los niveles del sistema cambian en virtud de los flujos que los afectan. Ofrece una mirada distinta de la estructura causal en la que prima la distinción entre estado y cambio, que no era evidente en el diagrama causal. Puede ser entendido como el esqueleto del modelo en ecuaciones.

Mediante el Lenguaje de Ecuaciones puede representarse la estructura causal como un sistema de ecuaciones diferenciales. Este sistema puede resolverse mediante simulación por computador, transformándolo en un sistema de ecuaciones en diferencias. Con la representación matemática del sistema y haciendo uso de herramientas informáticas especializadas, se obtiene un modelo que se puede simular en el computador, con amplias facilidades para la interacción en un lenguaje visual de definición de escenarios de simulación y presentación de resultados numéricos y gráficos. No es un lenguaje exclusivo de la Dinámica de Sistemas, nos ofrece una posibilidad de expresión ordenada del modelo. No es muy útil para ver la estructura causal, pero abre las puertas para expresar finalmente el modelo en un lenguaje computacional de modo que podamos interactuar con él a través de simulaciones.

Mientras que el Lenguaje en Prosa cumple un papel central en la posibilidad de comunicación y divulgación de los estudios con la Dinámica de Sistemas; los lenguajes gráficos son instrumentos valiosos para lograr la comprensión de la complejidad estructural; y el lenguaje de ecuaciones permite, con el uso de herramientas informáticas, la interacción simulada con el modelo, mediante la cual se prueban alternativas de acción sobre el sistema. La variedad de lenguajes permite que la tarea de comprensión dinámico-sistémica del fenómeno, se enriquezca de diferente modo con cada representación.

Los diferentes lenguajes ofrecen posibilidades que son complementarias. Por esta razón conviene entenderlos como un sistema que en su conjunto, hace posible estudiar dinámico-sistémicamente, un fenómeno mediante modelos. Su carácter de sistema, también radica en que los lenguajes están imbricados en diferentes niveles de abstracción, desde el más bajo, en el lenguaje de prosa, pasando por el Diagrama de Influencias y luego, el Diagrama de Niveles y Flujos, hasta el más abstracto, el Lenguaje de Ecuaciones. De modo que entre un lenguaje y el siguiente, en este orden del sistema de lenguajes, hay un cambio de plano de abstracción y ésta es otra razón de su riqueza expresiva para el estudio de la causalidad.

3.6.4. Simulación por computadora. Un modelo mental es la percepción mental de uno o la representación de interacciones del sistema y el comportamiento que esas situaciones producen. A

causa de un modelo mental incompleto o incorrecto un estudiante no puede aplicar los principios enseñados en lecciones para tareas de la vida.

La dinámica de sistemas ofrece una fuente de realimentación directa e inmediata a los estudiantes para examinar suposiciones sobre sus modelos mentales de la realidad por medio de la simulación por computadora. La simulación por computadora es la imitación del comportamiento del sistema a través de cálculos numéricos ejecutados en un modelo de dinámica de sistemas. Un modelo de dinámica de sistemas es la representación de la estructura de un sistema. Una vez que el modelo de dinámica de sistemas está construido y las condiciones iniciales son especificadas, una computadora puede simular el comportamiento de las diferentes variables del modelo sobre el tiempo.

Un buen modelo intenta imitar aspectos de la vida real. Sin embargo mientras que la vida real no le permite a uno regresar en el tiempo y cambiar la estructura del sistema, la simulación le da a los estudiantes el poder de cambiar la estructura del sistema y analizar el comportamiento del sistema bajo muchas condiciones diferentes.

La simulación no es únicamente útil para modelar sistemas que son difíciles para los estudiantes de observar en la vida real, La simulación por computadora influye más poderosamente en el proceso de aprendizaje cuando se combina con una experiencia real. Un ambiente ideal de aprendizaje incluiría discusión de un tema, investigación dirigida del estudiante, experimentación en el laboratorio, construcción de modelos y las observaciones experimentales. El objetivo global es enseñar habilidades en el pensamiento crítico, y una metodología para tratar con los problemas complejos que ellos pueden usar después en la vida como administradores, presidentes de compañías, periodistas, generales, pilotos o ingenieros. El proceso de modelamiento es un compañero continuo para el mejoramiento del juicio y la toma de decisiones humanas¹⁰.

3.7. MYSQL COMO SISTEMA MANEJADOR DE BASE DE DATOS

GENERALIDADES

MySQL como SGBD relacional almacena datos en tablas separadas en lugar de poner todos los datos en un gran almacén, lo que añade velocidad y flexibilidad. La parte SQL de "MySQL" se refiere a "Structured Query Language". SQL es el lenguaje estandarizado más común para acceder a bases de datos y está definido por el estándar ANSI/ISO SQL.

MySQL software es Open Source, lo que significa que es posible para cualquiera usar y modificar el software. Cualquiera puede descargar el software MySQL desde Internet y usarlo sin tener que pagar. Si lo desea, puede estudiar el código fuente y cambiarlo para adaptarlo a sus necesidades. El software MySQL usa la licencia GPL (GNU General Public License), para definir lo que se puede y no se puede hacer con el software en diferentes situaciones. En caso de no sentirse cómodo con

¹⁰ FORRESTER, Op cit.

la GPL o necesitar añadir código MySQL en una aplicación comercial, puede comprarse una licencia comercial.

El servidor de base de datos MySQL se desarrolló originalmente para tratar grandes bases de datos mucho más rápido que soluciones existentes y ha sido usado con éxito en entornos de producción de alto rendimiento durante varios años. MySQL Server ofrece hoy en día una gran cantidad de funciones. Su conectividad, velocidad, y seguridad hacen de MySQL Server altamente apropiado para acceder bases de datos en Internet.

MySQL Server trabaja en entornos cliente/servidor o incrustados, que consiste en un servidor SQL multi-hilo que trabaja con diferentes programas y bibliotecas cliente, herramientas administrativas y un amplio abanico de interfaces de programación para aplicaciones (APIs).

3.7.1. Características principales.

3.7.1.1. Interioridades

- ✓ Está escrito en Lenguaje C y en C++
- ✓ Ha sido probado con un amplio rango de compiladores diferentes
- ✓ Usa GNU Automake, Libtool y Autoconf. Por utilizar esta última, es posible portar MySQL a todos los sistemas modernos que tengan un compilador de C++ y una implementación funcional de subprocesos (threads o hilos) POSIX.
- ✓ Funciona en diferentes plataformas: Linux (SuSE y Red Hat), FreeBSD, Sun Solaris, Windows, entre otras, siendo altamente portable. Tiene APIs disponibles para C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby, y Tcl.
- ✓ Usa tablas en disco B-tree (MyISAM) muy rápidas con compresión de índice.
- ✓ Es relativamente sencillo de añadir otro sistema de almacenamiento. Esto es útil si desea añadir una interfaz SQL para una base de datos propia.
- ✓ Proporciona sistemas de almacenamientos transaccionales y no transaccionales.
- ✓ Puede usarse fácilmente múltiples CPUs si están disponibles por poseer un uso completo de multi-hilos mediante threads del kernel.
- ✓ Tiene un sistema de reserva de memoria muy rápido basado en threads.
- ✓ Sus joins son muy rápidos usando un multi-join de un paso optimizado.
- ✓ Dispone de tablas hash en memoria, que son usadas como tablas temporales.
- ✓ Las funciones SQL están implementadas usando una librería altamente optimizada y deben ser tan rápidas como sea posible. Normalmente no hay reserva de memoria tras toda la inicialización para consultas.
- ✓ El código MySQL se prueba con Purify (un detector de memoria perdida comercial) así como con Valgrind, una herramienta GPL.
- ✓ El servidor está disponible como un programa separado para usar en un entorno de red cliente/servidor. También está disponible como biblioteca y puede ser incrustado (linkeado) en aplicaciones autónomas. Dichas aplicaciones pueden usarse por sí mismas o en entornos donde no hay red disponible¹¹.

¹¹ <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/roadmap.html>

3.7.1.2. Tipos de Columnas

✓ Cuenta con diversos tipos de columnas: enteros con/sin signo de 1, 2, 3, 4, y 8 bytes de longitud, FLOAT, DOUBLE, CHAR, VARCHAR, TEXT, BLOB, DATE, TIME, DATETIME, TIMESTAMP, YEAR, SET, ENUM, y tipos espaciales OpenGIS. Registros de longitud fija y de longitud variable.

3.7.1.3. Sentencias y Funciones

- ✓ Soporte completo para operadores y funciones en las cláusulas de consultas SELECT y WHERE.
- ✓ Soporte completo para las cláusulas SQL GROUP BY y ORDER BY. Soporte de funciones de agrupación (COUNT(), COUNT(DISTINCT ...), AVG(), STD(), SUM(), MAX(), MIN(), y GROUP_CONCAT()).
- ✓ Soporte para LEFT OUTER JOIN y RIGHT OUTER JOIN cumpliendo estándares de sintaxis SQL y ODBC.
- ✓ Soporte para alias en tablas y columnas como lo requiere el estándar SQL.

3.7.1.4. Seguridad

✓ Un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host. Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está encriptado cuando se conecta con un servidor.

3.7.1.5. Escalabilidad y Límites

- ✓ Soporte a grandes bases de datos.
- ✓ Se permiten hasta 64 índices por tabla. Cada índice puede consistir desde 1 hasta 16 columnas o partes de columnas. El máximo ancho de límite son 1000 bytes. Un índice puede usar prefijos de una columna para los tipos de columna CHAR, VARCHAR, BLOB, o TEXT.

3.7.1.6. Conectividad

- ✓ Los clientes pueden conectar con el servidor MySQL usando sockets TCP/IP en cualquier plataforma. En sistemas Windows de la familia NT (NT,2000,XP, o 2003), los clientes pueden usar pipes para la conexión. En sistemas Unix, los clientes pueden conectar usando ficheros socket Unix.
- ✓ La interfaz para el conector ODBC (MyODBC) proporciona a MySQL soporte para programas clientes que usen conexiones ODBC (Open Database Connectivity). Por ejemplo, puede usar MS Access para conectar al servidor MySQL. Los clientes pueden ejecutarse en Windows o Unix.
- ✓ La interfaz para el conector J MySQL proporciona soporte para clientes Java que usen conexiones JDBC. Estos clientes pueden ejecutarse en Windows o Unix.

3.7.1.7. Localización

- ✓ El servidor puede proporcionar mensajes de error a los clientes en muchos idiomas.
- ✓ Todos los datos se guardan en el conjunto de caracteres elegido. Todas las comparaciones para columnas normales de cadenas de caracteres son casi-insensibles.

3.8. DESARROLLO SOFTWARE CON DELPHI

GENERALIDADES

Delphi es un entorno visual de desarrollo de software, diseñado para la programación de propósito general. Fue creado por Borland Internacional para ambiente Windows, y su principal característica ha sido llamada por su fabricante Desarrollo Rápido de Aplicaciones (RAD), ya que permite obtener aplicaciones amigables, potentes y bien representadas en un corto tiempo¹².

3.8.1. Características.

- ✓ El lenguaje de programación utilizado es el Object Pascal que es una versión moderna de Pascal, es un lenguaje estructurado que permite producir archivos ejecutables para Windows, Linux y plataforma .NET. Object Pascal expande las funcionalidades del Pascal estándar en cuanto a:

-Brinda un mejor soporte para la programación orientada a objetos (POO) también existente desde Turbo Pascal 5.5, pero más evolucionada en la Encapsulación de Datos y en el manejo de Propiedades.

-Simplificación de la sintaxis de referencias a clases y punteros.

-Soporte para manejo estructurado de excepciones, mejorando sensiblemente el control de errores de usuario y del sistema.

-Programación activada por eventos. Esta técnica permite asignar el método de un objeto para responder a un evento lanzado sobre otro objeto.

- ✓ Delphi posee un Entorno Integrado de Desarrollo (IDE) que se compone por un editor de formularios, un editor de textos que resalta la sintaxis del código fuente, la paleta de componentes, el inspector de objetos (encargado de manejar los eventos y las propiedades de cada componente) y el depurador integrado, además de una barra de botones y un menú que nos permite la configuración de la herramienta y la gestión de proyectos.

- ✓ El depurador de Delphi permite establecer puntos de ruptura (breakpoints) en los programas para así ejecutarlo paso a paso, y revisar los valores que van tomando las variables en el tiempo de ejecución. De esta manera se hace mucho más fácil detectar y resolver errores lógicos dentro de la programación.

¹² ANSELMO, Fernando. Desvendando el Camino de las Piedras.1997

3.8.2. Elementos de programación. Los elementos más utilizados en el desarrollo de aplicaciones utilizando Delphi son: los proyectos, las unidades, los formularios y los componentes.

El proyecto es un conjunto de unidades con sus respectivos formularios y los componentes utilizados para el desarrollo de la aplicación. El proyecto se guarda con la extensión .dpr.

En las unidades se definen los datos, métodos e instrucciones para la programación de la aplicación, la división del programa en unidades permite hacer pruebas por separado de cada uno de los subprogramas creados. Las unidades tienen la extensión .pas.

En los formularios se pueden apreciar los componentes gráficos que serán presentados en la aplicación. El almacenamiento de estos se hace con el nombre de unidad correspondiente utilizando la extensión .frm. Cuando se diseñan los formularios que componen el programa se colocan en él los controles que se quieran utilizar (botones, etiquetas, campos de texto, etc.), y se le asignan los eventos que se puedan manejar los mismos¹³.

3.8.3. Componentes. Los componentes son partes reutilizables de código (clases), que pueden interactuar con el Entorno Integrado de Desarrollo (IDE) y representan un elemento de una aplicación, como por ejemplo: una interfaz de usuario, una base de datos o una función de la misma. Gran parte de los componentes disponibles para Delphi son controles que encapsulan los elementos de interacción con el usuario como botones, menús, barras de desplazamiento, etc.¹⁴.

Además de poder utilizar en un programa los componentes estándar (botones, grillas, conjuntos de datos, etc.), es posible crear nuevos componentes o mejorar los existentes, extendiendo la funcionalidad de la herramienta. Los componentes tienen asociados propiedades, métodos y eventos.

3.8.3.1. Propiedades. Las propiedades hacen referencia a las condiciones específicas del componente, las cuales pueden ser modificadas en cualquier momento, incluso algunas en tiempo de ejecución. Algunas de estas propiedades son: ancho, alto, color, nombre, si son visibles al usuario o no, posición en que se encuentra en el formulario, etc.

3.8.3.2. Métodos. Son pequeños trozos de código que se encuentran asociados a los eventos que ocurren en el componente mientras el programa se ejecuta y permiten realizar determinadas acciones sobre el mismo.

3.8.3.3. Eventos. Los eventos hacen referencia a las acciones que ocurren en el componente como lo son: dar clic o doble clic sobre el elemento, pasar el Mouse sobre el mismo, abrir un menú, cerrar una ventana, editar una caja de texto, etc., al detectar estos eventos se ejecuta el método asociado al mismo.

3.8.4. Base de datos. En Delphi se pueden desarrollar aplicaciones con conectividad a bases de datos de diferentes fabricantes, ya que presenta una gran cantidad de componentes para realizar

¹³ SARMIENTO, Moreno Enrique y SARMIENTO, Cleves Ricardo J. Entornos de Programación Delphi.,

¹⁴ CANTÚ, Marco. Mastering Delphi 6. San Francisco.

la conexión, manipulación, presentación y captura de los datos. Estos componentes de acceso a datos pueden enlazarse a una gran variedad de controles visuales, aprovechando las características del lenguaje orientado a objetos, gracias al polimorfismo.

Existen motores que permiten conectarse a bases de datos de diferentes fabricantes tales como BDE, DBExpress o ADO, que cuentan con manejadores para los formatos más extendidos. También hay componentes de conexión directa para un buen número de bases de datos específicas: Firebird, Interbase, Oracle, etcétera.

Este es un breve resumen de las capas de conexión disponibles para las bases de datos más populares:

- ✓ Interbase/Firebird: IBX (InterBase eXpress), IBO (IB Objects), MDO (Mercury Data Objects), DBExpress, BDE, FibPlus, Zeos
- ✓ Oracle: DOA (Direct Oracle Access), NCOci8
- ✓ dBase: BDE
- ✓ FoxPro: BDE
- ✓ Paradox: BDE
- ✓ MS-SQL: BDE, ADO, DBExpress
- ✓ MySQL: Zeos (nativo), DBExpress, BDE y ADO (usando ODBC)
- ✓ Postgres: BDE, ADO

4. METODOLOGIA: PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO SOFTWARE (RUP)

4.1. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

En el desarrollo de la herramienta software SIPROB 2.0, se utilizó la Metodología del Proceso Unificado: Rational Unified Process (RUP), por ser la que se consideró más adecuada por la complejidad de cada una de sus etapas. Cabe aclarar que fue el RUP la metodología guía, pero en algunas etapas se presentaron modificaciones de acuerdo a la particularidad del proyecto y a los resultados que se iban obteniendo. Además es preciso mencionar que aunque fue la Dinámica de Sistemas¹⁵, la tela sobre la que se definió el modelo del sistema embebido en la aplicación, fue un paradigma orientador, pero no puede mencionarse como metodología para el desarrollo de la aplicación del presente proyecto. A continuación se presenta una síntesis de lo que es el Proceso Unificado, así como la descripción de las actividades y los resultados obtenidos en cada fase del proceso. Esto para exponer la manera en que se dieron los cambios y mejoras tanto al modelo de SIPROB 1.0 como a la misma aplicación.

4.2. PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO SOFTWARE

GENERALIDADES

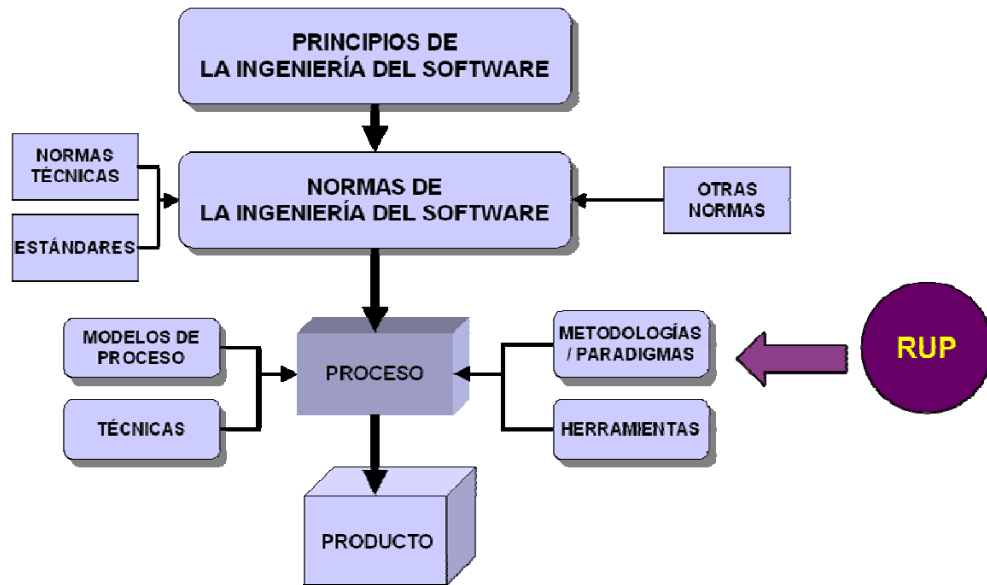
El RUP¹⁵ es un proceso de desarrollo software que busca ser una guía de cómo usar UML de la forma más efectiva, e implementar las mejores prácticas de la ingeniería del Software como: desarrollo iterativo del software, administración de requerimientos, uso de arquitecturas basadas en componentes, modelamiento visual del software, verificación de la calidad del software y el control de cambios¹⁶.

* De manera concreta el modelamiento de un sistema mediante la representación del mismo en los cinco lenguajes: prosa, influencias o de Forrester, Flujo-Nivel, ecuaciones y de comportamientos simulados; referenciados en el texto Dinámica de Sistemas

¹⁵ COLTELL, Óscar. y ARREGUI, Miguel. Grupo de Integración y Re-Ingeniería de Sistemas. Universitat Jaume. 2004.

¹⁶ Presentación IBM "Desarrollo de Software Orientado a Objetos". Universidad de Chile - Departamento de Ciencias de la Computación.

Figura 29. El RUP en la estructura formal de la Ingeniería del Software



Fuente: COLTELL, Oscar y ARREGUI, Miguel. UML y Proceso Unificado en Informática Biomédica. VII Congreso Nacional de Informática de la Salud. Madrid, 2004.

4.2.1. Características. Este proceso software se caracteriza por ser guiado por los casos de uso, centrado en la arquitectura, iterativo e incremental y además en que se basa en la programación Orientada a Objetos.

La aplicación de este proceso conlleva a que la comprensión del problema sea óptima, pues éste sucesivamente se va redefiniendo, y tiene la intención que el resultado esperado sea, el de una solución efectiva.

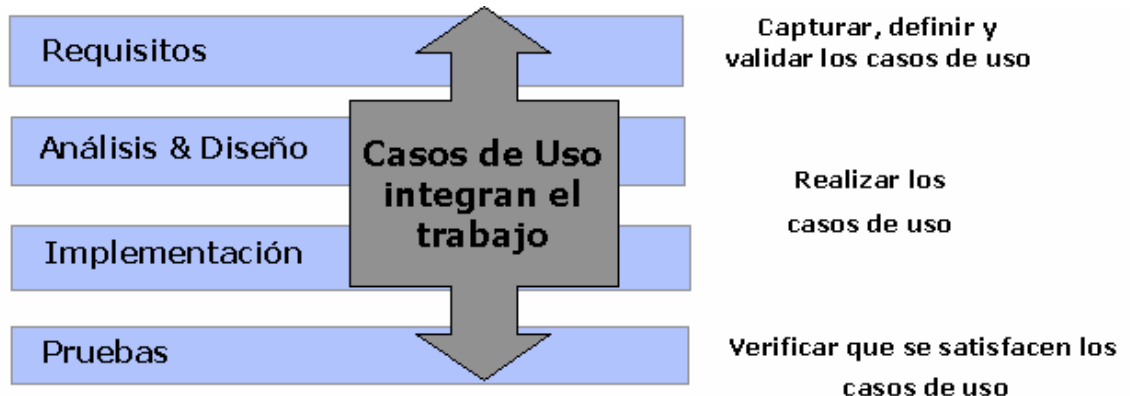
El Proceso Unificado tiene como base de aplicación el uso de UML (Lenguaje Unificado de Modelado), con el que busca aplicar diagramas y conceptos que le proporcionan mayor facilidad a la hora de comprender, modelar el sistema y crear estructuras.

4.2.1.1. Proceso Dirigido por Casos de Uso. Los Casos de Uso son una técnica de captura de requisitos que fuerza a pensar en términos de importancia para el usuario y no sólo en términos de las funciones que serían buenas contemplar. Se define un Caso de Uso como un fragmento de funcionalidad del sistema que proporciona al usuario un valor añadido. Los Casos de Uso representan los requisitos funcionales del sistema¹⁷.

¹⁷ KRUCHTEN, P., The Rational Unified Process: An Introduction, 2000 Addison Wesley.

En RUP los Casos de Uso¹⁸ no son sólo una herramienta para especificar los requisitos del sistema. También guían su diseño, implementación y prueba. Los Casos de Uso constituyen un elemento integrador y una guía del trabajo como se muestra en la siguiente figura:

Figura 30. Los Casos de Uso como un elemento integrador y guía de trabajo



Fuente: KRUCHTEN, P. The Rational Unified Process: An Introducción. Addison Wesley, 2000.

Los Casos de Uso no sólo inician el proceso de desarrollo sino que proporcionan un hilo conductor, permitiendo establecer trazabilidad entre los artefactos que son generados en las diferentes actividades del proceso de desarrollo.

Basándose en los Casos de Uso se crean los modelos de análisis y diseño, luego la implementación que los lleva a cabo, y se verifica que efectivamente el producto implemente adecuadamente cada Caso de Uso.

4.2.1.2. Proceso Centrado en la Arquitectura. La arquitectura de un sistema es la organización o estructura de sus partes más relevantes, lo que permite tener una visión común entre todos los involucrados (desarrolladores y usuarios) y una perspectiva clara del sistema completo, necesaria para controlar el desarrollo¹⁹.

La arquitectura involucra los aspectos estáticos y dinámicos más significativos del sistema, está relacionada con la toma de decisiones que indican cómo tiene que ser construido el sistema y ayuda a determinar en qué orden. Además la definición de la arquitectura debe tomar en consideración elementos de calidad del sistema, rendimiento, reutilización y capacidad de evolución por lo que debe ser flexible durante todo el proceso de desarrollo. La arquitectura se ve

¹⁸ Ibid.

* Trozo de información que es producido, modificado o usado durante el proceso de desarrollo de software: requisitos, diseños e implementaciones.

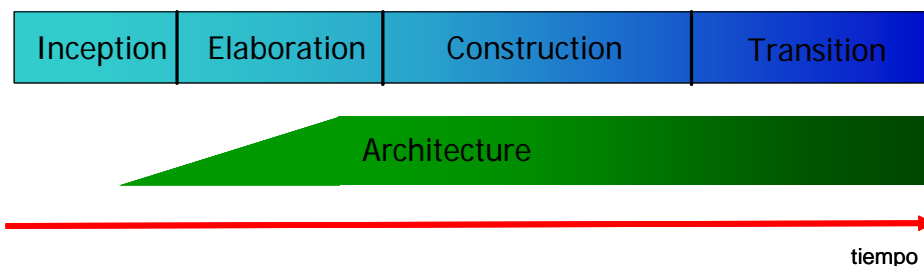
¹⁹ Ibid

influenciada por la plataforma software, sistema operativo, gestor de bases de datos, protocolos, consideraciones de desarrollo como sistemas heredados. Muchas de estas restricciones constituyen requisitos no funcionales del sistema.

En el caso de RUP además de utilizar los Casos de Uso para guiar el proceso se presta especial atención al establecimiento temprano de una buena arquitectura que no se vea fuertemente impactada ante cambios posteriores durante la construcción y el mantenimiento.

Cada producto tiene tanto una función como una forma. La función corresponde a la funcionalidad reflejada en los Casos de Uso y la forma la proporciona la arquitectura. Existe una interacción entre los Casos de Uso y la arquitectura, los Casos de Uso deben encajar en la arquitectura cuando se llevan a cabo y la arquitectura debe permitir el desarrollo de todos los Casos de Uso requeridos, actualmente y en el futuro. Esto provoca que tanto arquitectura como Casos de Uso deban evolucionar en paralelo durante todo el proceso de desarrollo de software.

Figura 31. Evolución de la Arquitectura del sistema en las cuatro Fases del RUP



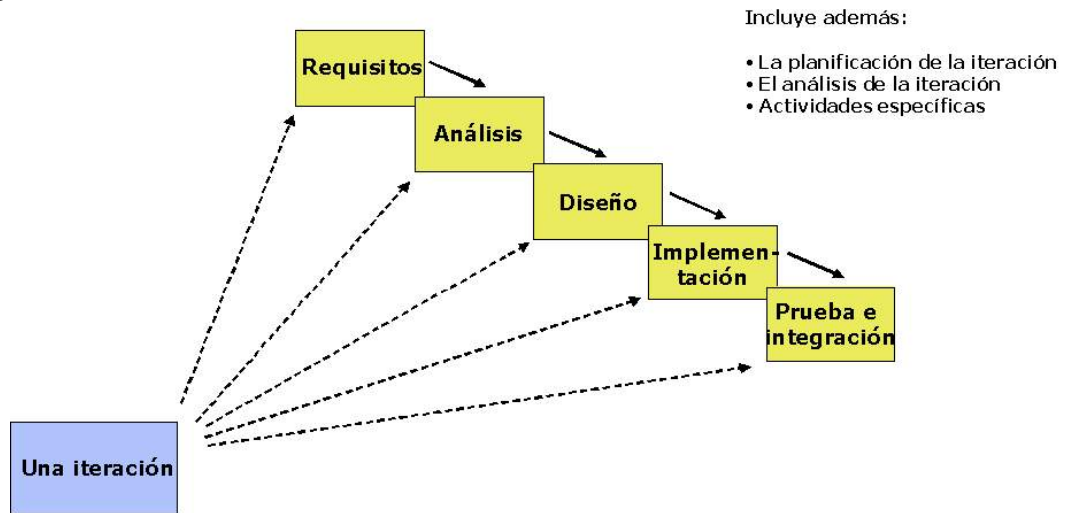
Fuente: KRUCHTEN, P. The Rational Unified Process: An Introducción. Addison Wesley, 2000.

4.2.1.3. Proceso Iterativo e Incremental. El equilibrio correcto entre los Casos de Uso y la arquitectura es algo muy parecido al equilibrio de la forma y la función en el desarrollo del producto, lo cual se consigue con el tiempo²⁰. Para esto, la estrategia que se propone en RUP es tener un proceso iterativo e incremental en donde el trabajo se divide en partes más pequeñas. Permitiendo que el equilibrio entre Casos de Uso y arquitectura se vaya logrando durante cada parte del proyecto, así durante todo el proceso de desarrollo. Cada parte es un mini proyecto y se puede ver como una iteración (un recorrido más o menos completo a lo largo de todos los flujos de trabajo fundamentales) del cual se obtiene un incremento que produce un crecimiento en el producto.

Una iteración puede realizarse por medio de una cascada. Se pasa por los flujos fundamentales (Requisitos, Análisis, Diseño, Implementación y Pruebas), también existe una planificación de la iteración, un análisis de la iteración y algunas actividades específicas de la iteración.

²⁰ JACABOSON, I., BOOCH, G., RUMBAUGH J., El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, 2000. Addison Wesley

Figura 32. Una iteración en el RUP



Fuente: KRUCHTEN, P. The Rational Unified Process: An Introducción. Addison Wesley, 2000.

El proceso iterativo e incremental consta de una secuencia de iteraciones. Cada iteración aborda una parte de la funcionalidad total, pasando por todos los flujos de trabajo relevantes y refinando la arquitectura. Cada iteración se analiza cuando termina. Se puede determinar si han aparecido nuevos requisitos o han cambiado los existentes, afectando a las iteraciones siguientes. Durante la planificación de los detalles de la siguiente iteración, también se examina cómo afectarán los riesgos que aún quedan al trabajo en curso. Toda la realimentación de la iteración pasada permite reajustar los objetivos para las siguientes iteraciones. Se continúa con esta dinámica hasta que se haya finalizado por completo con la versión actual del producto²¹.

El RUP divide el proceso en cuatro fases, dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable según el proyecto y en las que se hace un mayor o menor hincapié en las distintas actividades.

4.3. ESTRUCTURA DEL PROCESO

El proceso puede ser descrito en dos dimensiones o ejes²²:

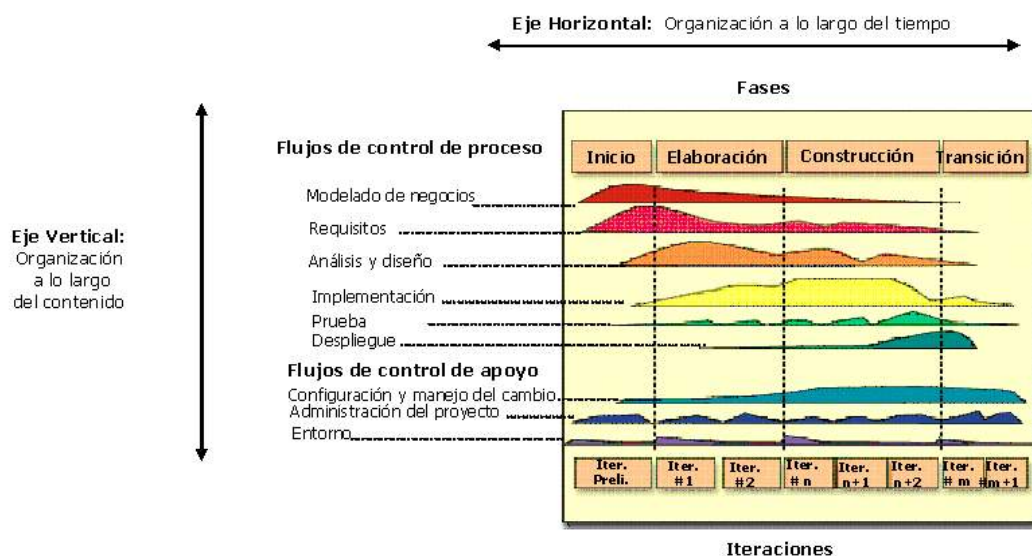
²¹ KRUCHTEN, P., The Rational Unified Process: An Introduction, 2000 Addison Wesley.

²² Rational Software Corporation, Rational Unified Process. Best Practices for Software Development. Teams, 1998

4.3.1. Eje horizontal. Representa el tiempo y es considerado el eje de los aspectos dinámicos del proceso. Indica las características del ciclo de vida del proceso expresado en términos de fases, iteraciones e hitos. RUP consta de cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Como se mencionó anteriormente cada fase se subdivide a la vez en iteraciones.

4.3.2. Eje vertical. Representa los aspectos estáticos del proceso²³. Describe el proceso en términos de componentes de proceso, disciplinas, flujos de trabajo, actividades, artefactos y roles.

Figura 33. Estructura estática y dinámica del RUP



Fuente: Rational Software Corporation, Product: Rational Software Corporation, 2002

Las primeras iteraciones (en las fases de Inicio y Elaboración) se enfocan hacia la comprensión del problema y la tecnología, la delimitación del ámbito del proyecto, la eliminación de los riesgos críticos, y al establecimiento de una línea base (baseline) de la arquitectura.

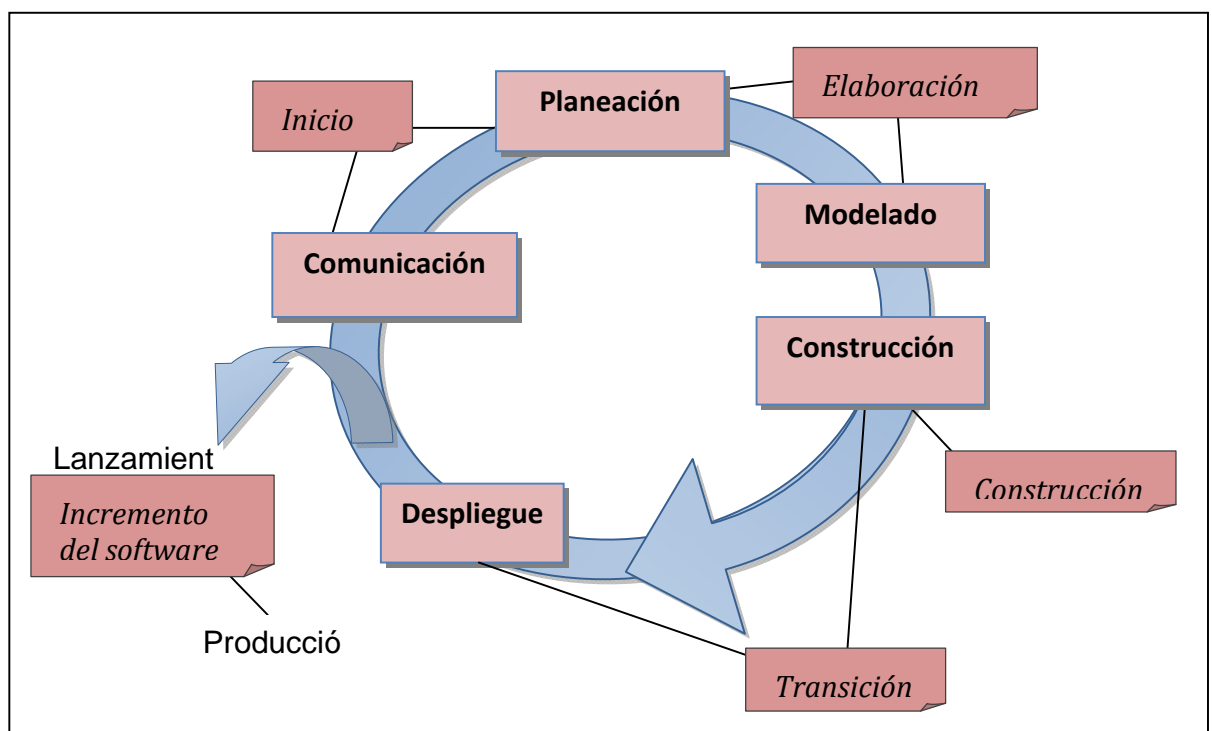
Durante la fase de inicio las iteraciones ponen mayor énfasis en actividades modelado del negocio y de requisitos. En la fase de elaboración, las iteraciones se orientan al desarrollo de la baseline de la arquitectura, abarcan más los flujos de trabajo de requerimientos, modelo de negocios (refinamiento), análisis, diseño y una parte de implementación orientado a la baseline de la arquitectura. En la fase de construcción, se lleva a cabo la construcción del producto por medio de una serie de iteraciones. Para cada iteración se selecciona 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. En la fase de transición se pretende garantizar que se tiene un producto preparado para su entrega a la comunidad de usuarios.

²³ Ibid.

4.4. FASES DEL CICLO DE DESARROLLO RUP

Se han identificado cuatro fases o etapas del marco de trabajo RUP: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. En cada una de estas fases, están definidas las tareas que los desarrolladores deben tener en cuenta y que deben realizar para la construcción eficiente del sistema.²⁴

Figura 34. Ciclo de Vida de una aplicación desarrollada con RUP



Fuente: Rational Software Corporation, Product: Rational Software Corporation, 2002

4.4.1. Fase de inicio. Los objetivos de esta fase fueron²⁵:

- ✓ Establecer el ámbito del proyecto y sus límites
- ✓ Encontrar los Casos de Uso críticos del sistema, los escenarios básicos que definen la funcionalidad
- ✓ Mostrar al menos una arquitectura candidata para los escenarios principales
- ✓ Estimar los riesgos, las fuentes de incertidumbre.

²⁴ Rational Software Corporation, Product: Rational Software Corporation, 2002

²⁵ KRUCHTEN, P., The Rational Unified Process: An Introduction, 2000 Addison Wesley

Los resultados de la fase de inicio fueron²⁶:

- ✓ Una visión general de los requerimientos del proyecto, características clave y restricciones principales
- ✓ Modelo inicial de Casos de Uso
- ✓ Un glosario inicial: Terminología clave del dominio

En esta fase, es sumamente importante la comunicación con los clientes, es primordial que exista una interacción con éstos para determinar globalmente cuales son las reglas de negocio y así plantear las actividades de planeación, por otra parte determinar cuales son los requisitos de negocio, los cuales estarán descritos en los casos de uso; definir la arquitectura donde se representa el esquema de los subsistemas más importantes, de las funciones y características que conforman el proyecto. En la planeación se identificarán los recursos necesarios, software, tiempo, reuniones, entre otras, que estarán expuestos para realizar el plan de trabajo y el cronograma de actividades.

Para todo lo anterior se dispuso de una serie de documentos (cronograma de actividades, las necesidades del grupo de trabajo para llevar a cabo esta fase del proyecto), diagramas y planeación de visitas.

Como parte de esta etapa se definió la Metodología para la recolección y definición de Requisitos, guiada por los lineamientos del RUP, de la manera como se muestra a continuación:

4.4.1.1. Metodología de Definición de Requerimientos. Esta metodología pretende definir las tareas que deben ser realizadas durante la recolección de información y definición de requerimientos*.

- ✓ Obtener información sobre el dominio del problema y el sistema actual

Para conocer el dominio del problema, es decir, el contexto e impacto operacional y organizacional, fue necesario realizar reuniones en las instalaciones del INSED**, con un experto*** en el área de aplicación del software. Para conocer el estado actual del sistema, es decir de la primera versión de SIPROB (SOPROB 1.0), se realizaron reuniones con sus autores**** y revisiones intensivas del mismo software.

- ✓ Preparar y realizar las reuniones de levantamiento de requisitos/ negociación

²⁶ Rational Software Corporation, Rational Unified Process. Best Practices for Software Development Teams, 1998

* Está guiada por el documento Metodología para la Elicitación de Requisitos de Sistemas Software, Ver 2.3, de la Universidad de Sevilla, y basada en los estándares de UML.

** Instituto de Educación a Distancia de la Universidad Industrial de Santander, seccional Bucaramanga.

*** Carlos Aníbal Vásquez, coordinador de Gestión Agropecuaria del INSED- Bucaramanga, y codirector del presente proyecto.

**** Los ingenieros de sistemas: Urbano Eliécer Gómez Prada y Omar Augusto Barragán Tarazona.

Mediante el conocimiento de la situación actual del problema y del campo de aplicación, se pudo identificar otros actores* que podían suministrar la información para entender y describir el problema. Una vez identificados dichos actores, se programaron entrevistas en donde el medio de interacción fue el lenguaje natural.

- ✓ Revisar los objetivos del sistema

A partir de la información hasta el momento obtenida se definió un esbozo de los objetivos que se deseaban alcanzar con el nuevo sistema software. Tras la definición del listado de requisitos se hizo una primera clasificación de los requisitos, de manera muy general.

Tanto objetivos como requisitos se vieron modificados, ampliados o eliminados a medida que se realizaban otras entrevistas experto y codirector del proyecto.

- ✓ Identificar/revisar los requisitos de información

Se identificó la información relevante que debe ser almacenada y que es gestionada por el usuario, así como las restricciones o reglas del negocio que debe cumplir dicha información.

- ✓ Identificar y revisar los requisitos funcionales

Previa una identificación de los actores que interactuarán con el sistema, se definieron las situaciones de uso del sistema, mediante los casos de uso.

- ✓ Identificar y revisar los requisitos no funcionales

Se identificaron los requisitos que no estaban relacionados directamente con la funcionalidad del sistema, pero sí con propiedades emergentes o restricciones externas del sistema. Dentro de los requisitos no funcionales se pueden diferenciar los requisitos de producto, de organización, externos, entre otros**.

* Germán Mejía, Veterinario docente; Luis Remolina, Especialista en Pastos y Forrajes; y algunos ganaderos de la región santandereana.

** Documento Introducción a la Ingeniería de Requisitos, de la Universidad de Salamanca.

4.4.1.2. Consulta de Herramientas Software relacionadas con el Sector Ganadero Bovino.

Durante la fase de Inicio, y para conocer mejor el campo de acción de la aplicación se consultaron aplicaciones software similares, o relacionadas con el área ganadera, con el fin de conocer el manejo de datos y la presentación de la información a través de la interfaz. A continuación se presentan algunas de los más relevantes.

✓ Infotambo

El programa Infotambo es un software destinado a llevar un control en el manejo productivo y reproductivo de tambos o hatos lecheros. Este programa funciona en entorno Windows. El mismo puede ser operado por productores, tamberos o técnicos del sector lechero²⁷.

Figura 35. Interfaz Software Infotambo



Fuente: <http://www.infotambo.com.ar/>

Este software es adecuado tanto para productores lecheros como para veterinarios, ya que puede manejar tanto uno como varios rodeos lecheros, y al ser configurable el usuario puede personalizar los datos que desea llevar.

La filosofía de Infotambo es hacer una herramienta lo más abierta posible, para que el usuario lo configure de acuerdo a sus necesidades. Además es un programa que está en permanente

²⁷ <http://www.infotambo.com.ar/>

desarrollo, a fin de brindar para el productor o veterinario la información necesaria según sus conveniencias.

Para operarlo no requiere de conocimientos de computación, ya que es intuitivo y de fácil utilización; solo requiere un conocimiento básico del manejo de Windows y de cuestiones de ganadería lechera.

✓ TaurusWebs

Es un programa de computadora para el control integral de explotaciones ganaderas de carne, leche y doble propósito, fácil de usar, versátil y que se ajusta a sus necesidades para hacer de su ganadería una empresa rentable y competitiva²⁸.

Figura 36. Interfaz Software TaurusWebs



Fuente: <http://www.tauruswebs.com/>

²⁸ <http://www.tauruswebs.com/>

Los beneficios del uso de TaurusWebs son:

- Monitorear la producción
- Control de la finca en los aspectos de salud, alimentación, reproducción y potreros
- Información oportuna a los ganaderos para toma de decisiones
- Facilidad en el ingreso de datos y explotación de la información (información exportable a Excel o Word y manejo de indicadores sobre tablas)
- Manejo de las praderas como si estuviera viendo el movimiento del ganado con su finca
- Manejo de elementos técnicos, Económicos que se convierten en herramientas potentes para originar un manejo eficiente y competitivo de su industria Ganadera
- Alta potencia y fácil manejo de los datos para el control de los trabajos de: Inventario, programación de partos, controles lecheros, etc.
- Microscopio de información: Permite analizar la información por periodos desde un año hasta llegar a periodos diarios, sobre indicadores de producción como: Intervalo entre partos, producción promedio, comportamiento del hato, etc.
- Máquina del tiempo: Permite analizar la información de la finca en cualquier instante en el tiempo, observando la evolución del ganado; por ejemplo: Qué animales están en producción lechera, qué animales están en un potrero, etc.

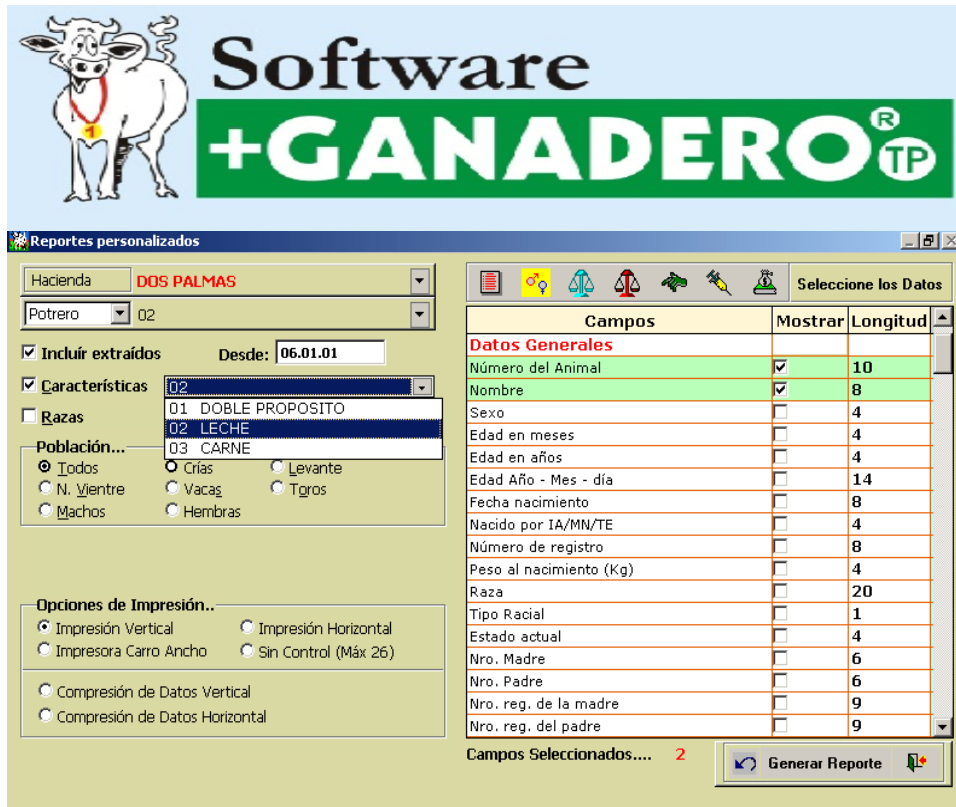
✓ SW +Ganadero -USATI

Es un programa de computador para el manejo de registros de: población (inventario de animales), reproducción, producción, sanidad, alimentación, genética, trazabilidad y costos, en los diferentes sistemas de producción ganadera como Lechería especializada, Cría, Ceba, Doble propósito, Búfalos, Ovinos y Caprinos. Permite conocer y analizar de manera práctica toda una serie de indicadores individuales y poblacionales en términos absolutos y relativos y muestra su tendencia a través del tiempo. Gracias a esto, constituye una excelente herramienta de gestión, selección y mejoramiento animal, con la que su negocio ganadero debe contar para mejorar e incrementar productividad y rentabilidad²⁹.

Le permite hacer la más completa radiografía de lo que ocurrió o está ocurriendo en su hato, da pautas para aumentar la productividad y permite un seguimiento individual de los diferentes animales y de la población, al tiempo que genera excelentes reportes y análisis que lo alertarán de problemas antes de que sean desastres.

²⁹ <http://www.softwareganadero.com/>

Figura 37. Interfaz Software SW+ GANADERO



Fuente: <http://www.softwareganadero.com/>

Por ser un programa desarrollado en ambiente Windows, su diseño permite que personas sin mayores conocimientos en manejo de computadores lo trabajen sin dificultad.

De la revisión de estas aplicaciones se pudo concluir que permiten llevar un inventario de animales y un control de procesos ganaderos a manera de Sistema de Información, pero que sus resultados y su diseño en general, dista mucho de lo que constituye un Software de Simulación.

4.4.2. Fase de elaboración. Los objetivos de esta fase fueron³⁰:

- ✓ Definir, validar y cimentar la arquitectura.
- ✓ Completar la visión.
- ✓ Crear un plan fiable para la fase de construcción. Este plan puede evolucionar en sucesivas

³⁰ KRUCHTEN, P., Op. cit.

iteraciones.

Al terminar se obtuvieron los siguientes resultados³¹:

- ✓ Un modelo de Casos de Uso* completo con actores identificados, y la mayoría de los casos desarrollados.
- ✓ Requisitos adicionales que capturan los requisitos no funcionales y cualquier requisito no asociado con un Caso de Uso específico.
- ✓ Descripción de la arquitectura software.
- ✓ Un caso de desarrollo actualizado que especifica el proceso a seguir.

Para la fase de elaboración, se debe mantener la continua comunicación con el usuario para obtener de forma más detallada las actividades para el modelado del proceso. En consecuencia, los casos de uso elaborados en la fase de inicio, deben extenderse, así se logrará un avance del sistema. Por otra parte se debe iniciar con la conformación de la base arquitectónica del proyecto, lo que conllevará a dar inicio al modelado de análisis, modelado de diseño, modelado de implementación y el modelado de despliegue, todo esto con el fin de refinar los requisitos del sistema, realizar el análisis y el diseño del sistema SIPROB 2.0. En esta fase se determinaron los requisitos funcionales y no funcionales**, así como los servicios prestados a los usuarios finales.

Debido a la necesidad de diseñar una aplicación a la medida, con acceso rápido a los datos, e independiente de los mismos datos y de su ubicación, fue definida como arquitectura del sistema, el Modelo Cliente/Servidor. De esta manera, se pueden modificar los datos, las especificaciones hardware de capacidad, de tanto clientes como servidores, y el número de clientes asociados a un servidor sin que se afecte la aplicación cliente. Esto es de gran importancia para la aplicabilidad que puede llegar a tener la herramienta software SIPROB 2.0, en el ambiente educativo y/o de asesoría del sector agropecuario, como lo es el INSED.

4.4.2.1. Arquitectura Modelo Cliente-Servidor

La arquitectura Cliente/Servidor permite al usuario en una máquina, llamada el cliente, requerir algún tipo de servicio de una máquina a la que está unida, llamada el servidor, mediante una red como una LAN (Red de Área Local) o una WAN (Red de Área Mundial). Es decir, el cliente es el que inicia un requerimiento de servicio y el servidor es cualquier recurso de cómputo dedicado a responder a los requerimientos del cliente. El requerimiento inicial puede convertirse en múltiples requerimientos de trabajo, llamados servicios que pueden ser peticiones de datos de una base de datos, de información contenida en archivos o los archivos en sí mismos o peticiones de imprimir datos en una impresora asociada. Aunque clientes y servidores suelen verse como máquinas separadas, pueden, de hecho, ser dos áreas separadas en la misma máquina. Además una máquina cliente unida a un servidor puede ser a su vez servidor de otro cliente y el servidor puede

³¹ Rational Software Corporation, Rational Unified Process. Best Practices for Software Development

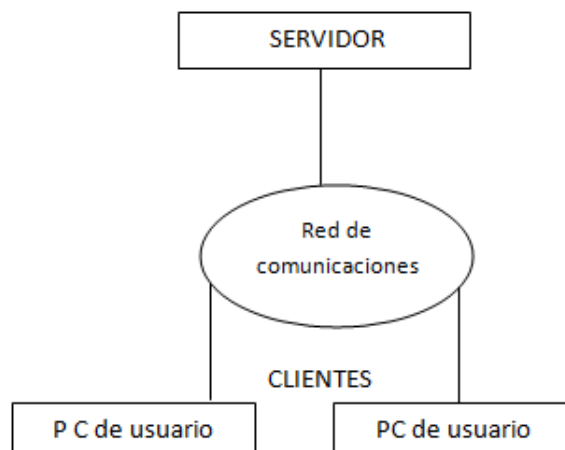
* Los diagramas UML se encuentran como un anexo de este documento.

** El listado de requerimientos del Sistema se encuentra como un anexo de este documento.

ser un cliente de otro servidor en la red. También es posible tener el cliente corriendo en un sistema operativo y el servidor en otro distinto.³²

Hay varios tipos comunes de máquinas clientes en entornos Cliente/Servidor. Uno de los clientes más populares es una computadora personal basada en Intel que ejecuta aplicaciones de DOS en un entorno Windows. Otra cliente popular es una terminal X; de hecho, el sistema X Windows es un modelo cliente-servidor clásico. Hay también clientes Unix que ejecutan sistemas operativos como UnixWare. Un servidor que pide cosas a otro servidor es un cliente de la máquina a la que le está haciendo la petición.

Figura 38. Arquitectura Cliente Servidor



Fuente: www.desarrolloweb.com/articulos/arquitectura-cliente-servidor.html

En este modelo las aplicaciones se dividen de forma que el servidor contiene la parte que debe ser compartida por varios usuarios, y en el cliente permanece sólo lo particular de cada usuario.

Los clientes realizan generalmente funciones como³³:

- ✓ Manejo de la interfaz de usuario.
- ✓ Captura y validación de los datos de entrada.
- ✓ Generación de consultas e informes sobre las bases de datos.

Por su parte los servidores realizan, entre otras, las siguientes funciones:

- ✓ Gestión de periféricos compartidos.
- ✓ Control de accesos concurrentes a bases de datos compartidas.
- ✓ Enlaces de comunicaciones con otras redes de área local o extensa.

³² <http://www.fismat.umich.mx/~elizalde/tesis/node20.html>

³³ <http://www.csi.map.es/csi/silice/Global71.html>

Siempre que un cliente requiere un servicio lo solicita al servidor correspondiente y éste le responde proporcionándolo. Los clientes se suelen situar en ordenadores personales y/o estaciones de trabajo y los servidores en procesadores departamentales o de grupo.

Entre las principales características generales de la arquitectura Cliente/Servidor se pueden destacar las siguientes:

- ✓ El servidor presenta a todos sus clientes una interfaz única y bien definida.
- ✓ El cliente no necesita conocer la lógica del servidor, sólo su interfaz externa.
- ✓ El cliente no depende de la ubicación física del servidor, ni del tipo de equipo físico en el que se encuentra, ni de su sistema operativo.

Entre las características Lógicas se pueden mencionar:

Una de las principales aportaciones de esta arquitectura a los sistemas de información es la interfaz gráfica de usuario. Gracias a ella se dispone de un manejo más fácil e intuitivo de las aplicaciones mediante el uso de un dispositivo tipo ratón. En esta arquitectura los datos se presentan, editan y validan en la parte de la aplicación cliente.

En cuanto a los datos, cabe señalar que en la arquitectura Cliente/Servidor se evitan las duplicidades (copias y comparaciones de datos), teniendo siempre una imagen única y correcta de los mismos disponible en línea para su uso inmediato.

Todo esto tiene como fin que el usuario de un sistema de información soportado por una arquitectura Cliente/Servidor trabaje desde su estación de trabajo con distintos datos y aplicaciones, sin importarle dónde están o dónde se ejecuta cada uno de ellos.

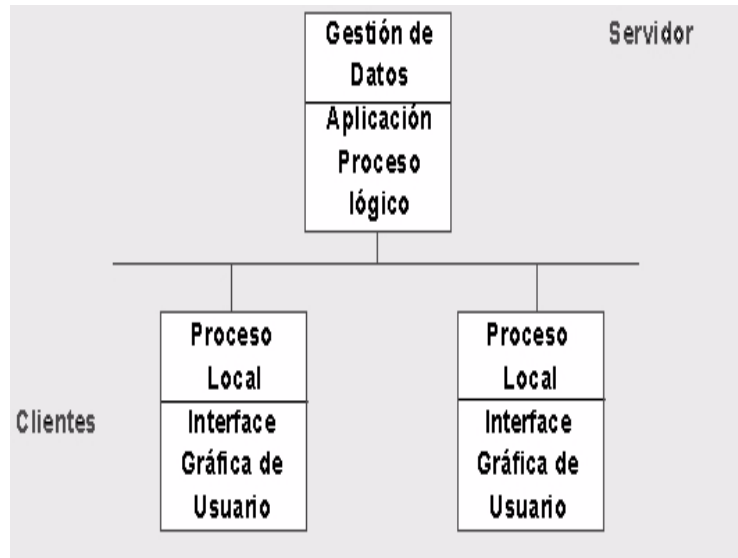
4.4.2.2. Elementos de una Aplicación con la Arquitectura Cliente/Servidor. Al de definir y delimitar el modelo de referencia de una arquitectura Cliente/Servidor³⁴, se identifican los componentes que permiten articular dicha arquitectura, considerando que toda aplicación de un sistema de información está caracterizado por tres componentes básicos:

- ✓ Presentación/Captación de Información
- ✓ Procesos
- ✓ Almacenamiento de la Información

Los cuales se suelen distribuir tal como se presenta en la figura:

³⁴ <http://docente.uco.mx/cliente-servidor.htm>

Figura 39. Aplicaciones Cliente/Servidor



Fuente: www.desarrolloweb.com/articulos/arquitectura-cliente-servidor.html

4.4.2.3. Aspectos de la Arquitectura de SIPROB 2.0. Normalmente el servidor es una máquina bastante potente que actúa de depósito de datos y funciona como un sistema gestor de base de datos (SGBD). Por otro lado los clientes suelen ser estaciones de trabajo que solicitan varios servicios al servidor. Ambas partes deben estar conectadas entre sí mediante una red.

SIPROB 2.0 como herramienta de simulación para aprendizaje y análisis de comportamientos, y puesta en funcionamiento por un solo cliente excluido de una red, como será el caso de varios asesores, docentes, estudiantes o ganaderos, interesados en un uso a nivel personal, no requiere otra máquina que sea servidor; puede ser cómodamente manejada en una sola estación de trabajo o en un computador personal siempre y cuando cumpla con las características requeridas de hardware.

Por lo anterior, SIPROB 2.0 podrá ser utilizada por una estación de trabajo, o por un conjunto de estaciones de trabajo, a través de una red que acceda a un servidor (que según las necesidades de rendimiento y espacio, puede ser otra estación de trabajo); pero debe tener en cuenta los requerimientos software propios de la arquitectura adoptada. Estos son:

- ✓ Software de gestión de datos: Alojado en el servidor (que puede ser la misma estación de trabajo, según el caso). Este software se encarga de la manipulación y gestión de los datos

* Los requerimientos hardware para la explotación de SIPROB 2.0, se encuentran en el Manual del Usuario, que está adjunto como un anexo en este texto.

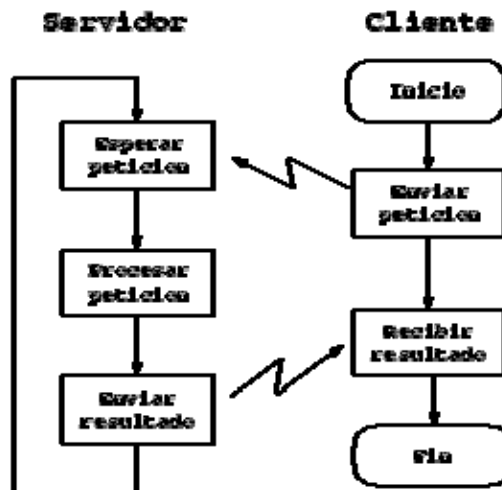
almacenados y requeridos por las diferentes aplicaciones. En la aplicación objeto de este proyecto es MySQL 5.0.

✓ Software de desarrollo: Este tipo de software se aloja en los clientes y solo en aquellos que se dedique al desarrollo de aplicaciones. Que para el caso es Delphi 7 y fue instalado sólo en las máquinas de los autores del proyecto, para su desarrollo. Cabe resaltar que para lograr el enlace de la aplicación desarrollada con el modelo definido en el software Evolución 3.5, fue necesario adicionar uno de los paquetes de Evolución (que contiene el motor), al software de desarrollo como un componente más de programación.

✓ Software de interacción con los usuarios: También reside en los clientes y es la aplicación gráfica de usuario para la manipulación de datos, claro que solo a nivel usuario (consultas principalmente). Para el caso es el mismo SIPROB 2.0.

Una representación gráfica del funcionamiento del modelo Cliente/Servidor sería la siguiente:

Figura 40. Peticiones del Cliente al Servidor

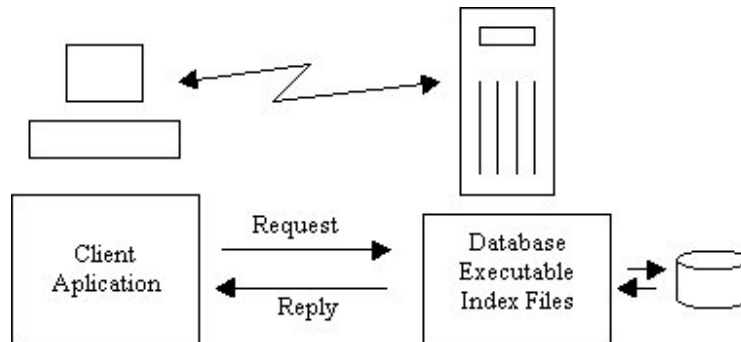


Fuente: www.desarrolloweb.com/articulos/arquitectura-cliente-servidor.html

En donde se aprecia que el cliente envía una petición al servidor pidiéndole realizar un trabajo, el servidor que espera las peticiones de los clientes, la procesa, y cuando ésta puede ser resuelta, envía el resultado al cliente. De esta manera los clientes acceden a los recursos suministrados por los servidores.

Una representación de una petición que consiste en una consulta a la base de datos que se encuentra en el servidor, como es el caso de SIPROB 2.0, es esta:

Figura 41. Estilo de Bases de Datos con arquitectura Cliente/Servidor



Fuente: www.desarrolloweb.com/articulos/arquitectura-cliente-servidor.html

Aquí es el servidor quien busca en su base de datos indexada, los resultados de la consulta para enviarlos al cliente a través de la aplicación software.

4.4.2.4. Ventajas del Modelo Cliente/Servidor.

- ✓ Aumento de la productividad, por simultaneidad de operaciones resueltas.
- ✓ Los usuarios pueden utilizar herramientas que le son familiares, como hojas de cálculo y herramientas de acceso a bases de datos.
- ✓ Mediante la integración de las aplicaciones Cliente/Servidor con las aplicaciones personales de uso habitual, los usuarios pueden construir soluciones particularizadas que se ajusten a sus necesidades cambiantes.
- ✓ Una interfaz gráfica de usuario consistente reduce el tiempo de aprendizaje de las aplicaciones.
- ✓ Permiten un mejor aprovechamiento de los sistemas existentes, protegiendo la inversión. Por ejemplo, compartir de servidores (habitualmente caros) y dispositivos periféricos (como impresoras) entre máquinas clientes permite un mejor rendimiento del conjunto.
- ✓ Proporcionan un mejor acceso a los datos. La interfaz de usuario ofrece una forma homogénea de ver el sistema, independientemente de los cambios o actualizaciones que se produzcan en él y de la ubicación de la información.
- ✓ El movimiento de funciones desde un ordenador central hacia servidores o clientes locales origina el desplazamiento de los costos de ese proceso hacia máquinas más pequeñas y por tanto, más baratas.
- ✓ Tanto el cliente como el servidor pueden escalarse para ajustarse a las necesidades de las aplicaciones y de los tiempos de respuesta que se requieran.
- ✓ Los clientes y los servidores son independientes los unos de los otros con lo que pueden renovarse para aumentar sus funciones y capacidad de forma independiente, sin afectar al resto del sistema.

4.4.2.5. Inconvenientes del Modelo Cliente/Servidor

- ✓ Hay una alta complejidad tecnológica al tener que integrar una gran variedad de productos.
- ✓ Requiere un fuerte rediseño de todos los elementos involucrados en los sistemas de información (modelos de datos, procesos, interfaces, comunicaciones, almacenamiento de datos, etc.).
- ✓ Es más difícil asegurar un elevado grado de seguridad en una red de clientes y servidores que en un sistema con un único ordenador centralizado.
- ✓ También la interfaz gráfica de usuario puede a veces ralentizar el funcionamiento de la aplicación.

4.4.2.6. Definición del Modelo de Datos para la Base de Datos Relacional. Además del diseño de la arquitectura que definirá la estructura de la aplicación, en esta fase se definió la estructura de datos del Modelo de datos Relacional para que fuese implementado en MySQL Server 5.0. Se utilizó MySQL Server, por ser un software Open Source con licencia GNU, por sus características: manejo de transacciones, facilidad de uso, portabilidad, y por soportar la arquitectura Cliente/Servidor adoptada.

El Modelo Entidad Relación (ER) se definió luego de las modificaciones necesarias en cada iteración, ya que había que ajustar el manejo de los datos para obtener los resultados esperados. El diagrama E-R* fue desarrollado en la herramienta DB Designer 4.

4.4.3. Fase de construcción. Los objetivos concretos incluyen³⁵:

- ✓ Minimizar los costes de desarrollo mediante la optimización de recursos y evitando el tener que rehacer un trabajo o incluso desecharlo.
- ✓ Conseguir una calidad adecuada tan rápido como sea práctico.
- ✓ Conseguir versiones funcionales (alfa, beta, y otras versiones de prueba) o un prototipo tan rápido como sea posible.

Los resultados de la fase de construcción deben ser:³⁶

- ✓ Modelos Completos (Casos de Uso, Análisis, Diseño, Despliegue e Implementación)
- ✓ Arquitectura íntegra (mantenida y en lo mínimo actualizada)
- ✓ Prototipo Operacional – beta

Gracias al modelado realizado en la fase de la elaboración, la construcción del sistema, tiene una base completa y preparada. Dicha construcción se debe realizar de forma iterativa e incremental,

* El diagrama E-R que muestra el modelo de datos está adjunto como un anexo.

³⁵ KRUCHTEN, P., Op. cit.

³⁶ Rational Software Corporation, Rational Unified Process. Best Practices for Software Development Teams, 1998

implementando el código fuente en el lenguaje de programación establecido, definiendo funciones y características requeridas en la configuración del sistema. Hay que tener en cuenta también que la organización de los módulos de software esté empalmada correctamente con el hardware. La finalidad principal de esta fase es alcanzar la capacidad operacional del producto de forma incremental a través de las sucesivas iteraciones. Durante esta fase todos los componentes, características y requisitos deben ser implementados, integrados y probados en su totalidad, obteniendo una versión aceptable del producto.

Luego de diseñar el nuevo modelo de datos de Gabriela durante la fase de Elaboración, se procedió a definir los scripts SQL necesarios que permitan cristalizar el modelo de datos ya diseñado.

Se construyeron los programas fuente que fueron necesarios a medida que se afinaba la aplicación para cumplir con los requerimientos, en un principio se elaboraron formularios muy planos que buscaban cumplir con la funcionalidad y verificar la efectividad de las consultas a la base de datos, por esto fue necesario crear la base de datos en el SGBD (Sistema que para el caso es MySQL), tan pronto fue definido el Modelo E-R. Ya con datos y funciones codificadas que los manipulen se pudo ver más clara la aplicación, hasta que se obtuvo una primera versión.

4.4.4. Fase de transición. Se citan aquí algunas de las tareas que se pueden incluir en esta fase³⁷:

- ✓ Prueba de la versión Beta para validar el nuevo sistema frente a las expectativas de los usuarios
- ✓ Funcionamiento paralelo con los sistemas legados que están siendo sustituidos por nuestro proyecto.
- ✓ Conversión de las bases de datos operacionales.
- ✓ Entrenamiento de los usuarios finales y de mantenimiento.

Los principales objetivos de esta fase son:

- ✓ Conseguir que el usuario se valga por si mismo.
- ✓ Un producto final que cumpla los requisitos esperados, que funcione y satisfaga suficientemente al usuario.

Los resultados de la fase de transición son³⁸:

- ✓ Prototipo Operacional
- ✓ Documentación
- ✓ Descripción de la Arquitectura completa y corregida
- ✓ Las iteraciones de esta fase irán dirigidas normalmente a conseguir una nueva versión.

³⁷ KRUCHTEN, P., Op. cit.

³⁸ Rational Software Corporation, Rational Unified Process. Best Practices for Software Development Teams, 1998

Los criterios de evaluación de esta fase son los siguientes:

- ✓ El usuario se encuentra satisfecho.
- ✓ Son aceptables los gastos actuales versus los gastos planificados.

Finalmente, en la fase de Transición el software obtenido se debe desplegar hacia los usuarios finales, de tal manera que se realicen las pruebas beta y se obtenga una realimentación por parte de dichos usuarios. Estos usuarios deben proporcionar un reporte de los defectos que tenga el software o cambios necesarios para mejorar el funcionamiento de la herramienta, además de terminar de construir la información de soporte, es decir los manuales necesarios, de manera que al final se obtenga una herramienta completa, estructurada y bien documentada.

Las pruebas realizadas guiaron a los desarrolladores en la corrección de errores y aportaron nuevas ideas que sólo son visualizadas por los reales usuarios. Las pruebas siguen la metodología sugerida por el grupo de investigación SIMON, y los formatos fueron basados en la documentación suministrada.

Complementando los productos software: Modelo y Aplicación, se encuentra: la Ayuda del Sistema (que funciona dentro de la Aplicación), el Manual de Usuario, y la documentación³⁹ restante del proceso de desarrollo.

4.5. FLUJOS DE TRABAJO

Los Flujos de trabajo, permitieron llevar a cabo el cumplimiento de cada una de las fases de desarrollo de la Metodología del Proceso Unificado. Aquí se mencionan los flujos de trabajo que se presentaron de manera iterativa en cada fase de RUP.

4.5.1. Modelado del negocio. Permitió conocer el campo de acción de la aplicación, el estado de SIPROB 1.0 para el planteamiento de mejoras y comprensión de su funcionamiento, las aplicaciones similares existentes en el mercado, los procesos y la políticas internas de manejo del sistema objeto de la simulación, el punto de vista del usuario (no solo operativo, sino perceptivo ante herramientas software), sus inquietudes y necesidades, que definieron posteriormente un diseño.

Fue necesario desarrollar una visión de usuario con conocimientos referentes al sector agropecuario, más específicamente a los sistemas de producción de ganadería bovina, y a lo que implica el funcionamiento de una hato ganadero. Para esto se contó con el experto, con su experiencia, la información que pudo suministrar, sus apreciaciones, las de otros conocedores del

* El documento de las Pruebas de la Aplicación Software: Metodología y Formatos, se encuentran adjuntados como un anexo.

³⁹ Modelo E-R, Listado de Requerimientos, Diagramas UML, y la documentación del Modelo en Evolución (listado de variables y su definición).

tema, y con toda la bibliografía recopilada de textos, folletos e Internet. A medida que se adquirieron estos conocimientos se comprendían mejor los requerimientos de usuario y se contaba con más claridad para plantear sus posibles soluciones. Al elaborar los primeros modelos de Casos de Uso y de Secuencia, se identificaron los actores, se definieron o redefinieron procesos y responsabilidades. Se inició también la elaboración del glosario.

4.5.2. Requisitos. Los requisitos fueron extraídos de la descripción realizada por el usuario final del sistema.

Este es uno de los flujos de trabajo más importantes, porque en él se establece qué tiene que hacer exactamente el sistema que se construye. Los requisitos se dividen en grupos según el objetivo que alcancen así:

- ✓ Los requisitos funcionales representan la funcionalidad del sistema, y se definen a partir de los casos de uso construidos.
- ✓ Los requisitos no funcionales representan aquellos atributos que debe exhibir el sistema, pero que no son una funcionalidad específica.
- ✓ Los requisitos de información representan las especificaciones que deben cumplir la información que se maneje en el sistema, para manejar sólo la información que es útil y que puede generar otra de interés para cumplir los objetivos del sistema.

En esta línea los requisitos fueron plasmados en un Listado de Especificación de Requerimientos^{*}, de modo que sean definidos claramente y aceptados tanto por desarrolladores como por usuarios.

Bajo un entendimiento mayor de los requisitos y del alcance del sistema, se estimaron tiempos de desarrollo del sistema, pero debido a los imprevistos y modificaciones no se cumplieron a cabalidad.

4.5.3. Análisis y diseño. Los objetivos del análisis y diseño son⁴⁰:

- ✓ Transformar los requisitos al diseño del futuro sistema.
- ✓ Definir y desarrollar una arquitectura para el sistema.
- ✓ Adaptar el diseño para que sea consistente con el entorno de implementación, diseñando para el rendimiento.

El análisis consiste en obtener una visión del sistema que se preocupa de ver qué hace, de modo que sólo se interesa por los requisitos funcionales. Por otro lado el diseño es un refinamiento del análisis que tiene en cuenta los requisitos no funcionales, en definitiva cómo cumple el sistema sus objetivos.

^{*} El Listado de requerimientos se encuentra adjunto como un anexo.

⁴⁰ Rational Software Corporation, Product: Rational Software Corporation, 2002

Se diseñó el modelo de datos a partir de los requerimientos definidos. Se definió la arquitectura bajo la cual fue construida la aplicación, esta arquitectura fue la MVC. Se inició el diseño de los módulos del sistema y de la manera como presentaría los datos la aplicación.

Mediante visitas y entrevistas al usuario se redefinieron algunas funcionalidades del sistema que modificaron sustancialmente el Modelo de Simulación (elaborado en Evolución 3.5), el Modelo E-R y en general el diseño del sistema.

4.5.4. Implementación. En este flujo de trabajo se implementaron las clases y objetos en archivos fuente y ejecutables. Además de hacer pruebas de funcionamiento del modelo de simulación y de la misma aplicación por pequeñas partes de código. El resultado final de este flujo de trabajo fue un sistema ejecutable.

En cada iteración se tuvieron en cuenta las siguientes tareas:

- ✓ Planificar qué subsistemas deben ser implementados y en que orden deben ser integrados.
- ✓ Notificar los errores encontrados.
- ✓ Probar los subsistemas individualmente.

La estructura de todos los elementos implementados forma el modelo de implementación. La integración debe ser incremental, es decir, en cada momento sólo se añade un elemento, esto con el fin de facilitar la detección de fallos. Al terminar este flujo se terminó también la elaboración del Manual de Usuario.

4.5.5. Pruebas. Se realizaron las pruebas unitarias a cada subsistema y las pruebas* del sistema en general. Este flujo de trabajo es el encargado de evaluar la calidad del producto que se desarrolló y sirve para que en las futuras iteraciones se refine el producto en desarrollo.

Sus objetivos son⁴¹:

- ✓ Encontrar y documentar defectos en la calidad del software.
- ✓ Asesorar sobre la calidad del software percibida.
- ✓ Proveer la validación de los supuestos realizados en el diseño y especificación de requisitos por medio de demostraciones.
- ✓ Verificar las funciones del producto de software según lo diseñado.
- ✓ Verificar que los requisitos tengan su apropiada implementación.

* Con la colaboración del experto y un grupo de estudiantes del INSED. La documentación está adjunta como anexo.

⁴¹ Rational Software Corporation, Product: Rational Software Corporation, 2002

4.5.6. DESPLIEGUE. El objetivo de este flujo de trabajo es producir con éxito distribuciones del producto y distribuirlo a los usuarios. Este flujo culmina con la liquidación del sistema.

Las actividades implicadas incluyen:

- ✓ Probar el producto en su entorno de ejecución final
- ✓ Instalar el software.
- ✓ Proveer asistencia y ayuda a los usuarios.
- ✓ Formar a los usuarios con la capacitación correspondiente.
- ✓ Hacer entrega de todos los productos incluidos manuales y otra documentación.

5. MODELADO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO BOVINO CON DINÁMICA DE SISTEMAS

5.1. MODELADO EN EL LENGUAJE EN PROSA: DESCRIPCIÓN DEL MODELO

En el modelo se distinguen tres grupos de variables, cada uno constituye uno de los prototipos que conforman el modelo. Cada prototipo fue elaborado en cada etapa de construcción del modelo en el orden descrito a continuación.

En el primer prototipo se maneja las variables demográficas del sistema es decir lo concerniente a los animales que se encuentran en él, divididos en los diferentes grupos etarios, sus relaciones y las tasas de natalidad y mortalidad.

En el segundo prototipo se agrupan al sistema las variables biofísicas que tienen que ver con la producción de pasto tanto en materia seca, como en proteínas y kilocalorías, los requerimientos de proteínas y kilocalorías para alcanzar las metas del sistema, la estacionalidad, la producción de leche, el peso del ganado, las Unidades de Gran Ganado presentes en la finca, las compras y los descartes de animales.

En el tercer prototipo además de las variables demográficas y biofísicas, se involucran las variables socio-económicas que se manejan en el sistema: Ingresos y Egresos. Dentro de los Ingresos se tienen en cuenta los concernientes a Leche, Venta de Carne y Descartes; en los Egresos encontramos variables como Costos de Personal, Servicios Públicos, Sanidad, Mantenimiento de Terrenos y Maquinaria, Suplementación y Depreciación, igualmente se tienen en cuenta factores como Préstamos con sus respectivas Tasas de Interés, Inversiones tanto en maquinaria como en Instalaciones y Siembra de pastos. Con todos estos datos podemos calcularlos costos de producir un litro de leche y/o un kilogramo de carne.

Listado de los términos clave en la descripción del modelo

Para facilitar la comprensión de la descripción del modelo, se elaboró un listado de los términos clave utilizados y su notación. Este listado se presenta a continuación.

Terneros (TRO): Animales machos desde su nacimiento hasta el destete (9 meses de edad). Dentro de este grupo, existen 3 subgrupos por edades: 0-3 meses (TRO_1), de 3-6 meses (TRO_2) y 6-9 meses (TRO_3) de edad, al salir de este etario los animales que quedan pasan al etario de Levantes Machos.

Terneras (TRA): Animales hembras desde su nacimiento hasta el destete, este grupo tiene los mismos subgrupos que los TRO: TRA_1, TRA_2 y TRA_3, al salir de este grupo las hembras que quedan pasan al etario de Levantes Hembras.

Levantes Machos (LEVO): Animales machos comprendidos entre el destete (9 meses) y los 21 meses de edad, al terminar esta fase, todos los animales que quedan pasan a ser cebados para su venta en el grupo de novillos. Si el sistema de producción es de Ciclo Completo una porción de estos levantes son destinados a la reproducción y pasan al grupo de toretes, los demás pasan a ser cebados. En este Etario se hace una subclasificación en 4 grupos por edades: 9-12 meses (LEVO_1), 12-15 meses (LEVO_2), 15-18 meses (LEVO_3) y 18-21 meses (LEVO_4)

Levantes Hembras (LEVA): Animales hembras comprendidos entre el destete (9 meses) y los 21 meses de edad, al salir de este grupo etario, las hembras que quedan son destinadas a la reproducción a pasan al grupo de Novillas Vientre. Al igual que en el grupo de LEVO, éste también se divide en 4 subgrupos por edades: 9-12 meses (LEVA_1), 12-15 meses (LEVA_2), 15-18 meses (LEVA_3) y 18-21 meses (LEVA_4).

Novillos (NOV): Animales machos que han salido del grupo de LEVO y se han destinado para la ceba. Los animales de este grupo se subdividen en 4: 21-24 meses (NOV_1), 24-27 meses (NOV_2), 27-30 meses (NOV_3) y 30-33 meses (NOV_4) y durante este tiempo se están engordando para pasar luego al grupo de Novillos de Ceba donde son vendidos.

Novillos de Ceba (NOVC): En este grupo se encuentran animales entre los 33 y 36 meses de edad, al salir de este grupo todos los animales son vendidos.

Novillas Vientre (NV) o Novillas de Reemplazo: Aquí se encuentran las hembras que han sido destinadas para la cría y van a reemplazar a aquellas vacas que terminan su ciclo reproductivo (Más de 9 partos) en la finca. Su edad oscila entre los 21 y los 42 meses de edad, clasificándose en 7 subgrupos así: de 21-24 meses (NV_1), 24-27 meses (NV_2), 27-30 meses (NV_3), 30-33 meses (NV_4), 33-36 meses (NV_5), 36-39 meses (NV_6), 39-42 meses (NV_7), en cualquier momento una Vaca Nuevo Vientre puede quedar preñada y pasar al grupo de Vacas Preñadas, pero las probabilidades de preñez son distintas para cada subgrupo. Si una Vaca de 42 meses no ha quedado preñada pasa al grupo de Vacas Horras.

Vacas Preñadas Seca (VPre): Vacas que se encuentran en el periodo de gestación y no están lactando. Este periodo dura máximo nueve meses y finaliza con el nacimiento de la cría, luego del cual la vaca pasa a ser una Vaca Parida y la cría se clasifica en macho o hembra y entra al grupo TRO_1 o TRA_1 respectivamente. Para efectos del modelado las vacas solo tienen una cría.

Vacas Paridas (VPar): En este grupo las Vacas entran en un proceso de involución uterina y readecuación fisiológica de su sistema reproductivo para así enfrentar una nueva gestación. Este proceso dura aproximadamente de 100 a 120 días; al salir de este grupo las Vacas pueden quedar preñadas y estar lactando; Vaca Preñada Lactante (VPL), o quedar simplemente lactando; Vaca Vacía Lactante (VVL).

Vacas Preñadas Lactantes (VPL): A este grupo corresponden las Vacas que han quedado preñadas y aun continúan lactando, la duración máxima del animal en este grupo es de 7 meses.

Vacas Vacías Lactantes (VVL): Vacas que están produciendo leche, que han superado el periodo de Vacas Paridas y que aunque se encuentran aptas para quedar preñadas no lo están. La duración de este periodo debe ser de máximo 120 días para que no repercuta de manera negativa en la eficiencia de la finca. Si la duración de este periodo es mayor, la Vaca pasa a otro nivel etario que se llama Vaca Vacía Lactante Problema.

Vacas Vacías Lactante Problema (VVLP): Vacas que se encuentran vacías hace más de 120 días pero que están produciendo leche; a estas vacas se les da un tiempo de máximo 180 días hasta el destete de la cría, durante este tiempo se espera que quede preñada y pase a VPL o VP, sino pasa al grupo de Vacas Horras. En el caso de un descarte de Animales, las vacas pertenecientes a este grupo son opcionadas para el descarte.

Vacas Horras (VH): Estas Vacas no están preñadas, ni están produciendo leche por lo tanto están afectando la economía del sistema, dependiendo del animal que se tiene, el ganadero debe tomar la decisión de descartarla o quedarse con ella y esperar a que quede preñada y pase a VPre. Si el ganadero decide engordarla y venderla, esta pasará al grupo de Vacas de Ceba (VC).

Vacas de Ceba (VC): Vacas que se están engordando para luego ser vendidas ya sea porque no quedaron preñadas o porque ya terminaron su ciclo reproductivo.

Torete (TTE): Animales machos destinados a la reproducción que se encuentran entre los 21 a 33 meses de edad. Al salir de este grupo pasan a ser Toros.

Toros (TORO): Animal macho adulto apto para la reproducción y mayor de 33 meses de edad, el tiempo en este grupo es de máximo 7.5 años luego del cual pasa a Toros de Ceba para luego ser vendidos.

Toros de Ceba (TORO_C): Animales machos que ya han cumplido su ciclo reproductivo y ahora serán engordados para ser vendidos, o toros sobrantes en la finca que necesitan ser vendidos, el tiempo máximo en este grupo es de 180 días luego del cual se venden como carne.

Destete: Termino que se utiliza cuando un ternero termina su periodo de lactancia, por lo general ocurre alrededor de los nueve meses de edad, donde el ternero pasa a ser un levante.

Etario: grupos en los cuales se clasifican los animales presentes en la finca, esta clasificación puede hacerse por sexo, edad y/o estado productivo en el cual se encuentra el animal.

Unidad de Gran Ganado (UGG): Es una unidad de medida, que permite manejar los pesos promedio de los grupos etarios presentes en el sistema. Una UGG equivale al peso promedio de una vaca, las UGG promedio para los demás grupos etarios son las siguientes:

Tabla3. UGG promedio por grupo etario

| Grupo Etario | UGG Promedio |
|---------------------|---------------------|
| Terneros | 0.25 |
| Levantes | 0.5 |
| Novillos(a) | 0.75 |
| Vacas | 1 |
| Toretas | 1.2 |
| Toro | 1.5 |

Capacidad de Carga (CC): Es un indicador de la cantidad de UGG que puede soportar la finca, dependiendo de la tasa de consumo de calorías de una UGG.

5.1.1. Variables demográficas. Para las consideraciones del presente proyecto se clasificaron los animales en los siguientes grupos etarios: Terneros (TRO), Terneras (TRA), Levantes Machos (LEVO), Levantes Hembras (LEVA), Novillos (NOV), Novillos de Ceba (NOV_C), Novillas de Vientre (NV), Vacas Preñadas Secas (VPre), Vacas Paridas (VPar), Vacas Preñadas Lactantes (VPL), Vacas Vacías Lactantes (VVL), Vacas Vacías Lactante Problema (VVLP), Vacas Horras (VH), Vacas Ceba (VC), Toretas (TTE), Toros y Toros Ceba (TORO_C).

Todas las vacas tienen una subdivisión dentro de cada grupo dependiendo del número de partos que esta tiene, se consideran para efectos del modelo vacas hasta de 9 partos, por tanto cada nivel de las vacas tiene 9 subdivisiones.

Se consideraron los animales como adultos a partir de los grupos: Novillas de Vientre, Novillos y Toretas

Para cada grupo etario se consideran las muertes de los animales, las cuales se encuentran afectadas por las diferentes Tasas de Mortalidad de cada grupo.

Para empezar a describir el funcionamiento del sistema de producción de ganadería bovina empezaremos por el nacimiento de animales, para efectos del presente proyecto cada parto produce un ternero o ternera el cual entra a la clasificación de TRO_1 o TRA_1 respectivamente, donde permanecen durante 90 días, al cabo de este tiempo estos animales pueden pasar a ser TRO_2, TRA_2 o ser vendidos dependiendo del sistema de producción que se este considerando:

Tabla 4. Política de Salida de los TRO_1 y TRA_1.

| | TRO_1 | TRA_1 |
|--------------|---------------------|---------------------|
| Cría | Todos pasan a TRO_2 | Todos pasan a TRA_2 |
| Leche | Todos son vendidos | Todos pasan a TRA_2 |

* Estructura demográfica de los sistemas de producción bovina en la cual se clasifican los animales ya sea por sexo, edad o estado productivo.

| | | |
|------------------------|---|---|
| Doble Propósito | Un porcentaje se venden y otros pasan a TRO_2 | Un porcentaje se venden y otros pasan a TRA_2 |
| Ceba | No se contemplan este grupo de animales | No se contemplan este grupo de animales |
| Ciclo Completo | Un porcentaje se venden y otros pasan a TRO_2 | Un porcentaje se venden y otros pasan a TRA_2 |

En el grupo de TRO_2 y TRA_2 los animales permanecen durante 90 días, al salir de este grupo no se presentan ventas por lo tanto todos los animales pasan al siguiente grupo TRO_3 y TRA_3 respectivamente donde permanecen 90 días hasta el momento del destete (9 meses), al cabo de este tiempo algunos pasan al siguiente grupo: LEVO_1 o LEVA_1 o son vendidos dependiendo del sistema de producción:

Tabla 5. Política de Salida de los TRO_3 Y TRA_3.

| | TRO 3 | TRA 3 |
|------------------------|--|--|
| Cría | Todos son vendidos | Un porcentaje se venden y otros pasan a LEVA_1 |
| Leche | Todos son vendidos | Todos pasan a LEVA_1 |
| Doble Propósito | Un porcentaje se venden y otros pasan a LEVO_1 | Un porcentaje se venden y otros pasan a LEVA_1 |
| Ceba | No se contemplan este grupo de animales | No se contemplan este grupo de animales |
| Ciclo Completo | Un porcentaje se venden y otros pasan a LEVO_1 | Un porcentaje se venden y otros pasan a LEVA_1 |

Al igual que en algunos de los anteriores grupos, en el caso de los LEVO_1 y LEVA_1, estos animales permanecen 90 días en el grupo y al salir del mismo algunos pueden ser vendidos o pasar a LEVO_2 o LEVA_2, en la siguiente tabla se presentan las diferentes situaciones:

Tabla 6. Política de Salida de los LEVO_1 y LEVA_1.

| | LEVO 1 | LEVA 1 |
|------------------------|--|---|
| Cría | Todos pasan a LEVO_2 | Todos pasan a LEVA_2 |
| Leche | Todos pasa a LEVO_2 | Todos pasan a LEVA_2 |
| Doble Propósito | Un porcentaje se venden y otros pasan a LEVO_2 | Todos pasan a LEVA_2 |
| Ceba | No se contemplan este grupo de animales | No se contemplan este grupo de animales |
| Ciclo Completo | Todos pasan a LEVO_2 | Todos pasan a LEVA_2 |

En el grupo de LEVO_2 y LEVA_2 los animales permanecen 90 días y pasan al siguiente grupo: LEVO_3 y LEVA_3 respectivamente donde permanecen el mismo tiempo que en el anterior grupo y luego pasan a LEVO_4 y LEVA_4 donde también permanecen 90 días; en estos grupos no se

consideran ventas de animales por tanto al salir de cada uno de los grupos etarios mencionados todos pasan al siguiente.

De los machos que salen del grupo de LEVO_4 un porcentaje de ellos pueden pasar al grupo de NOV_1 y el restante al grupo de TTE, dependiendo de su estado productivo, que puede ser ceba o reproducción respectivamente, si el sistema de producción es ceba se compran LEVO_4 y todos los machos que salen de este grupo pasan a NOV_1.

Los TTE esperan aproximadamente un año en este grupo hasta que sean aptos para la reproducción y luego pasan al grupo de TORO donde se encuentran listos para servir, en este grupo pueden durar aproximadamente 7 años al cabo de los cuales, los toros pasan a ser cebados en el grupo de TORO_C para luego ser vendidos, en este grupo duran aproximadamente 180 días.

Para efectos del presente proyecto se considera que por cada 22 vacas debe haber un toro por tanto, si en el sistema están sobrando toros estos también pasan al grupo de TORO_C para engordarlos y luego ser vendidos; si por el contrario hacen falta toros estos son comprados.

Los Novillos pasan de NOV_1 a NOV_2 luego a NOV_3 y por ultimo a NOV_4 consecutivamente, no se presentan ventas y permanecen en cada uno de los grupos durante 90 días donde van adquiriendo el peso ideal para ser vendidos.

Al salir de NOV_4 pasan al grupo de NOV_C donde alcanzan el peso ideal para luego ser vendidos en este grupo pueden permanecer aproximadamente 45 días.

Todas las hembras que salen de LEVA_4, se encuentran aptas para ser preñadas y pasan al grupo de Novilla de Vientre (NV_1) y sucesivamente a los siguientes grupos: NV_2, NV_3, NV_4, NV_5, NV_6 y NV_7, sino quedan preñadas, permanecen en cada uno de ellos durante 90 días.

Si se presenta preñez en cualquiera de los 7 grupos, el animal pasa al grupo de VPre de primer parto o Novilla Vientre Preñada. La clasificación de las novillas vientre se hace por su edad y probabilidad de preñez que es la siguiente:

Tabla 7. Probabilidad de Preñez para las NV.

| GRUPO ETARIO | PROBABILIDAD DE PREÑEZ |
|---------------------|-------------------------------|
| NV_1 | 0.05742297 |
| NV_2 | 0.11887073 |
| NV_3 | 0.23159077 |
| NV_4 | 0.34455001 |
| NV_5 | 0.49330358 |
| NV_6 | 0.61894276 |
| NV_7 | 0.99 |

Si la NV_7 no queda preñada pasa al grupo de Vaca Ceba (VC) para ser engordada y posteriormente vendida.

El periodo de VPre tiene una duración máxima de 9 meses tiempo en el cual se está gestando el nuevo feto, al finalizar este periodo se produce un parto produciendo un nuevo ternero que empezará de nuevo el ciclo ya mencionado.

Luego del parto la Vaca pasa al grupo de VPar, periodo denominado días de Descanso que dura aproximadamente 90 días, tiempo durante el cual la vaca sufre una readecuación de su sistema reproductivo y queda apta para una nueva preñez, en este momento ya se encuentra produciendo leche y al salir de este grupo puede quedar preñada y pasar a VPL, si no se encuentra preñada pasa al grupo de VVL.

El periodo de VPL tiene una duración máxima de 7 meses (210 días) ya que hay que dejar la vaca sin ordeñar 2 meses (60 días) antes del parto. Al salir de este periodo la vaca entra al grupo de VPre.

En el grupo de VVL se espera un tiempo máximo 2 meses (60 días) para que la vaca quede preñada y pase al grupo de VPL, si al cabo de este tiempo no se presenta gestación la vaca entra al grupo de VVLP donde se espera un máximo de 4 meses hasta el destete de la cría, esta espera esta limitada por las condiciones físicas y productivas de la vaca, queda a consideración del ganadero si la pasa al siguiente grupo o no.

Si en el grupo VVLP se presenta gestación la vaca pasa a VPL, si no el animal pasa al grupo de VH, donde a consideración del ganadero la vaca puede esperar a quedar preñada o se pasa al grupo de VC para engordarla y posteriormente venderla. Si la VH queda preñada pasa al grupo de VPre.

Para el sistema que se esta considerando se estimó que una vaca tiene un máximo de 9 partos y luego pasa a VC. Este es el promedio en la región del Magdalena Medio.

Las Tasas de Natalidad están afectadas por la cantidad de partos que ha tenido una vaca y los datos son lo siguientes:

Tabla 8. Tasa de Natalidad según grupo etario.

| NÚMERO DE PARTOS | TASA DE NATALIDAD |
|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.85 |
| 2 | 0.88 |
| 3 | 0.90 |
| 4 | 0.98 |
| 5 | 0.99 |

| | |
|---|------|
| 6 | 0.99 |
| 7 | 0.99 |
| 8 | 0.98 |
| 9 | 0.98 |

Las Tasas de Mortalidad usadas para cada grupo etario son las siguientes:

Tabla 9. Tasa de Mortalidad según grupo etario.

| GRUPO ETARIO | TASA DE MORTALIDAD |
|------------------|--------------------|
| TRO_1 o TRA_1 | 0.003 |
| TRO_2 o TRA_2 | 0.00206 |
| TRO_3 o TRA_3 | 0.0017 |
| LEVO_1 o LEVA_1 | 0.00113 |
| LEVO_2 o LEVA_2 | 0.00110 |
| LEVO_3 o LEVA_3 | 0.00109 |
| LEVO_4 o LEVA_4 | 0.00105 |
| Animales Adultos | 0.0007 |

5.1.2. Variables biofísicas. La primera consideración que se hace en cuanto a las variables biofísicas es el cálculo de la Capacidad de Carga (CC) que tiene la finca, esta se encuentra afectada por la Energía Total que es producida en la finca y la tasa de consumo de Kilo Calorías por Unidad de Gran Ganado (UGG), este dato es suministrado al modelo según los conocimientos del experto.

La Energía Total es calculada por la energía real producida por el pasto de corte y el pasto de pastoreo. Para efectos del presente proyecto se consideran 7 tipos de pasto de corte y 7 tipos de pasto de pastoreo que son los más representativos de la región:

Tabla 10. Tipos de pasto.

| PASTO CORTE | PASTO PASTOREO |
|-------------|---------------------|
| King Grass | Bracharia Decumbens |
| Morado | Bracharia Radicans |
| Maralfalfa | Estrella |
| Taiwan | Bracharia Brizantha |
| Guatemala | Guinea |
| Elefante | Mulato |
| Imperial | Angleton |

La energía de cada uno de los tipos de pasto se ve afectada por la cantidad de energía por tipo de pasto (Kilocalorías/Kg. de pasto) y la Cantidad real de materia seca por tipo de pasto (Kg. de Pasto/día), esta ultima se calcula por medio del área de cada tipo de pasto, el factor de

desperdicio, la producción de pasto por tipo de pasto y las condiciones climáticas de afectan su producción.

De manera similar al cálculo de la energía total, se calcula la proteína total presente en la finca.

El sistema permite al usuario realizar la simulación del modelo para alcanzar unas Metas dependiendo del sistema de producción manejado:

Tabla 11. Metas a alcanzar según Sistema de Producción

| SISTEMA DE PRODUCCIÓN | METAS A ALCANZAR |
|------------------------------|---|
| Cría | Aumento de Kg. diarios deseados por animal. |
| Leche | Litros de leche diarios deseados por animal |
| Doble Propósito | Aumento de Kg. deseados por animal Litros de leche diarios deseados por animal |
| Ceba | Aumento de Kg. deseados por animal |
| Ciclo Completo | Aumento de Kg. deseados por animal Litros de leche diarios deseados por animal |

Para calcular la proteína necesaria para alcanzar estas metas se debe conocer el la cantidad de proteína necesaria para producir un litro de leche y un Kg. de Carne, y con esto se conoce la proteína requerida.

Teniendo el dato de la proteína total y de la proteína requerida, se puede saber cuanto proteína hay que suplementar, ya sea comprando productos o por medio de la siembra de pasto de corte. Esta siembra esta restringida por el área disponible para sembrar en la finca y el área requerida a sembrar para alcanzar las metas mencionadas.

El aumento de producción de proteína por la suplementación, permite generar un aumento de peso en los animales y un aumento en la producción de leche de las vacas, y por ende obtener mayores beneficios económicos en la finca.

Conociendo la capacidad de carga que tiene la finca, es decir las UGG que puede soportar y el rango de sobrepeso permitido, se puede saber por medio de las UGG totales presentes en la finca, si están sobrando animales y toca descartarlos, o si hacen falta y es necesario comprarlos.

Estos descartes y compras están dados en UGG y afectan la cantidad de animales disponibles de cada grupo etario que se encuentran presentes en la finca.

La política de Compras manejada en el sistema, escoge 4 grupos etarios para comprar, que son los que presentan las mejores condiciones para cada sistema de producción, de la cantidad de

UGG a comprar se adquiere un porcentaje de los mismos, en la siguiente tabla se muestra esta política:

Tabla 12. Grupos Etarios a comprar según Sistema de Producción

| | TRO_3 | TRA_3 | LEVO_4 | NV_1 |
|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Cría | No se Compra | No se Compra | No se Compra | Se compra el 100% |
| Leche | No se Compra | Se compra el 35 % | No se Compra | Se compra el 65% |
| Doble Propósito | No se Compra | Se compra el 35 % | No se Compra | Se compra el 65% |
| Ceba | No se Compra | No se Compra | Se compra el 100% | No se Compra |
| Ciclo Completo | Se compra el 10% | Se compra el 10% | Se compra el 40% | Se compra el 40% |

La política de descartes manejada, descarta primero terneros y levantes y luego descarta de los otros grupos etarios. Para los descartes no se tienen en cuenta los toros, ya que estos animales se compran y se venden de acuerdo al número de vacas presentes en la finca.

Otro factor importante manejado dentro de las variables demográficas es la producción de leche, la cual se ve afectada por la cantidad de vacas lactantes presentes en el hato, el número de partos que tiene cada animal, la producción máxima de leche de una vaca que se consigue alrededor del cuarto parto y el porcentaje de ordeño de las vacas presentes en la finca. Los porcentajes de producción de leche considerados según el número de partos son:

Tabla 13. Tasa de producción de Leche según partos

| Numero de Partos | Producción de Leche [%] |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1 | 60 |
| 2 | 75 |
| 3 | 85 |
| 4 | 100 |
| 5 | 100 |
| 6 | 100 |
| 7 | 85 |
| 8 | 75 |
| 9 | 60 |

Los porcentajes de ordeño de las vacas varían de acuerdo al sistema de producción considerado. Por ejemplo: si el sistema de producción es cría, lo que se busca es vender terneros destetos en las mejores condiciones y por esto no hay extracción de leche para la venta. Si el sistema es leche se ordeñan todas las vacas ya que es el principal objetivo de este sistema, solo se deja un

porcentaje de la producción de leche para las terneras que se dejan para reemplazo. En los otros sistemas se tienen consideraciones similares, a continuación se presenta una tabla con los porcentajes manejados.

Tabla 14. Porcentaje de ordeño según Sistema de Producción

| Sistema de Producción | Porcentaje de Ordeño |
|-----------------------|----------------------|
| Cría | 0 |
| Leche | 90 |
| Doble Propósito | 70 |
| Ceba | 0 |
| Ciclo Completo | 50 |

5.1.3. Variables socioeconómicas. El manejo de un sistema de Ganadería Bovina genera para el propietario o administrador de la finca, ingresos y egresos de dinero, y genera deudas para el mantenimiento de la misma. En el manejo de esta deuda se tiene en cuenta la tasa de interés diaria.

Es necesario que el usuario pueda tener presente la cantidad de dinero disponible en cualquier momento, este se calcula sumando los ingresos, la cantidad de dinero que se recibe por préstamos y el dinero inicial con que se cuenta, y a este valor se le restan los egresos que se generan en el sistema y el pago de la deuda que se haga, ya sea por abono de capital y/o pago de intereses.

Para calcular el costo de producir un Kg. de Carne y/o un Lt de leche, se dividen los costos generados por las producciones respectivas. El dinero presente del sistema son calculadas como ingresos totales menos costos totales.

5.1.3.1. Ingresos. Los ingresos de la finca se obtienen de la venta de carne (venta y descartes) y la venta de leche. Al sistema se le proporciona, el precio inicial de un litro de leche y el precio inicial de un Kg. de carne de cada grupo etario (sin las subdivisiones por edades), estos precios varían anualmente de acuerdo a la tasa de aumento del salario mínimo mensual vigente (SMMV).

Teniendo las ventas y los descartes en UGG, calculamos los Kg. a vender y descartar, para así posteriormente con los precios de un Kg. de Carne calcular el ingreso por venta de carne; igualmente teniendo la producción de leche total en la finca y el precio de un Lt. de leche, calculamos el ingreso por venta de leche.

5.1.3.2. Egresos. Dentro de los egresos se manejan los costos de mantenimiento del sistema, egresos por compras de animales, pago de deudas (capital e interés) y las inversiones generadas en el mismo.

• **Costos.** Los costos generados por el manejo de la finca están divididos de la siguiente manera:

- ✓ Costos de personal
- ✓ Costos por sanidad
- ✓ Costos por mantenimiento de terrenos, maquinaria e instalaciones.
- ✓ Costos por suplementación
- ✓ Costo por adquisición de animales
- ✓ Otros Costos

Costos de Personal

Para calcular los costos de personal, es necesario conocer la cantidad de animales que se tienen en la finca, el SMMV y el personal requerido para manejar cierta cantidad de animales, este último esta representado en la siguiente tabla.

Tabla 15. Personal requerido por Cantidad de Animales

| Animales | Personal Requerido |
|-----------------|---------------------------|
| 1 a 50 | 1 |
| 51 a 170 | 2 |
| 171 a 250 | 3 |
| 251 a 330 | 4 |
| 331 a 550 | 5 |
| 551 a 670 | 6 |
| 671 a 770 | 7 |
| 771 a 870 | 8 |
| 871 a 970 | 9 |
| 971 a 1070 | 10 |
| 1071 a 1190 | 11 |
| 1191 a 1290 | 12 |

Nota: Después de los 1290 animales se considera que por cada 100 animales se necesita una persona más.

Otro costo de personal esta representado por la mano de obra encargada de manejar los potreros, los mismos se contratan cada vez que sea necesario. Para su cálculo se le ingresa al modelo, el costo de personal por metro de cuadrado por año, para realizar cada una de las siguientes actividades:

- ✓ Control de Plagas
- ✓ Macanear
- ✓ Desyerbar
- ✓ Abonar Pasto Corte

- ✓ Abonar Pasto Pastoreo
- ✓ Subsolar
- ✓ Resembrar
- ✓ Encalar

Con estos datos y el área sembrada en la finca, podemos calcular el costo del personal encargado de los potreros.

Costos por Sanidad

Dentro de los costos por sanidad encontramos los referentes a las vacunas, vermifugaciones, tratamiento de enfermedades y baños.

Para calcular el costo por vacunación al año, se le suministra al modelo el costo de una vacuna, este valor es multiplicado por la cantidad de animales presentes en la finca y la cantidad de veces al año que la misma debe aplicarse, según el plan de vacunación vigente en la zona.

Las vacunas que se tuvieron en cuenta fueron las siguientes:

- ✓ Aftosa
- ✓ Brucelosis
- ✓ Triple
- ✓ Rabia
- ✓ Carbón Bacteridiano

En lo referente a los baños, vermifugaciones y tratamiento de enfermedades, se ingresa al modelo el costo de bañar, vermifugar y tratar la enfermedad de un animal por año respectivamente, estos valores son multiplicados por la cantidad de animales presentes en la finca.

Costos por Mantenimiento de Terrenos, Maquinaria e Instalaciones

El costo de mantenimiento de terrenos se calcula teniendo en cuenta el área sembrada y el dinero gastado en materiales por año por m², para realizar cada una de las siguientes actividades en la finca:

- ✓ Macanear
- ✓ Encalar
- ✓ Abonar
- ✓ Resembrar
- ✓ Subsolar
- ✓ Regar

- ✓ Control de Plagas

En cuanto al costo del mantenimiento de la maquinaria, se tiene en cuenta el porcentaje del precio de adquisición destinado para el mantenimiento y el costo de adquisición de las siguientes maquinarias:

- ✓ Macaneadora
- ✓ Subsolador
- ✓ Motobomba
- ✓ Fumigadora
- ✓ Equipo de riego
- ✓ Picapasto
- ✓ Guadañadora
- ✓ Tractor
- ✓ Otras Maquinarias

El mantenimiento de las instalaciones es un parámetro que se suministra al sistema y no se encuentra afectado por otras variables dentro del mismo, se tienen en cuenta como instalaciones: la vivienda, los establos y las cercas.

Costos por Suplementación

Al manejar unas metas dentro del sistema, se generan unos costos extras por suplementación con productos, para el cálculo del mismo es necesario conocer el costo promedio de un Kg. de proteína y la cantidad de proteína requerida por productos, para alcanzar dichas metas.

Costo por adquisición de animales

Aquí se calcula la cantidad de dinero que se invierte en los animales iniciales y que adquiere la finca, para que luego al ser vendidos, generan las utilidades que realmente producen. Se tiene en cuenta el peso de estos animales y el precio de un Kg. de carne de cada uno de ellos.

Otros Costos

Dentro de otros costos se incluyen los relativos a servicios públicos, impuesto predial y depreciación de maquinaria y equipo, al modelo se le suministran los datos del costo de los servicios públicos y el impuesto predial por año

De la misma manera se calcula la depreciación de la maquinaria y equipo suministrando al modelo el costo de las maquinarias existentes y el porcentaje de depreciación por año.

- **Inversiones**

Son considerados como inversiones en el sistema:

- ✓ Implantación de maquinaria y equipo
- ✓ Construcción de instalaciones (cercas, establos y vivienda)
- ✓ Siembra de Pasto de Corte

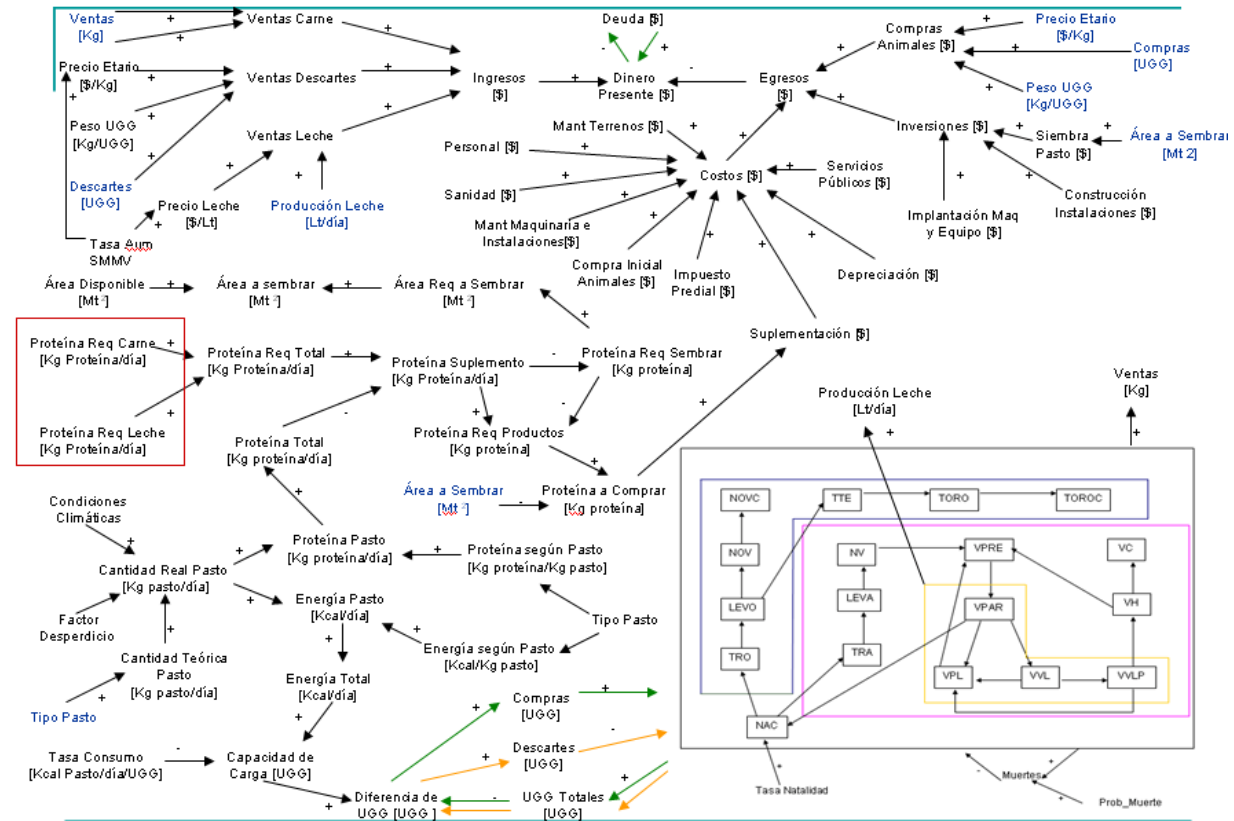
Las dos primeras inversiones son suministradas al modelo como valores externos, en cuanto al pasto de corte, se le suministra el costo de sembrar un m² de pasto y este es multiplicado por el área a sembrar para suplir las metas propuestas.

5.2. MODELO EN EL LENGUAJE DE INFLUENCIAS

La representación del modelo en lenguaje de influencias, permite apreciar gráficamente los diagramas causales y los ciclos de realimentación del modelo y ver como se afectan unas con otras las variables que se tienen en cuenta en el sistema.

En el siguiente diagrama se puede apreciar la estructura causal general de un sistema de ganadería bovina, teniendo en cuenta todos los factores que lo componen.

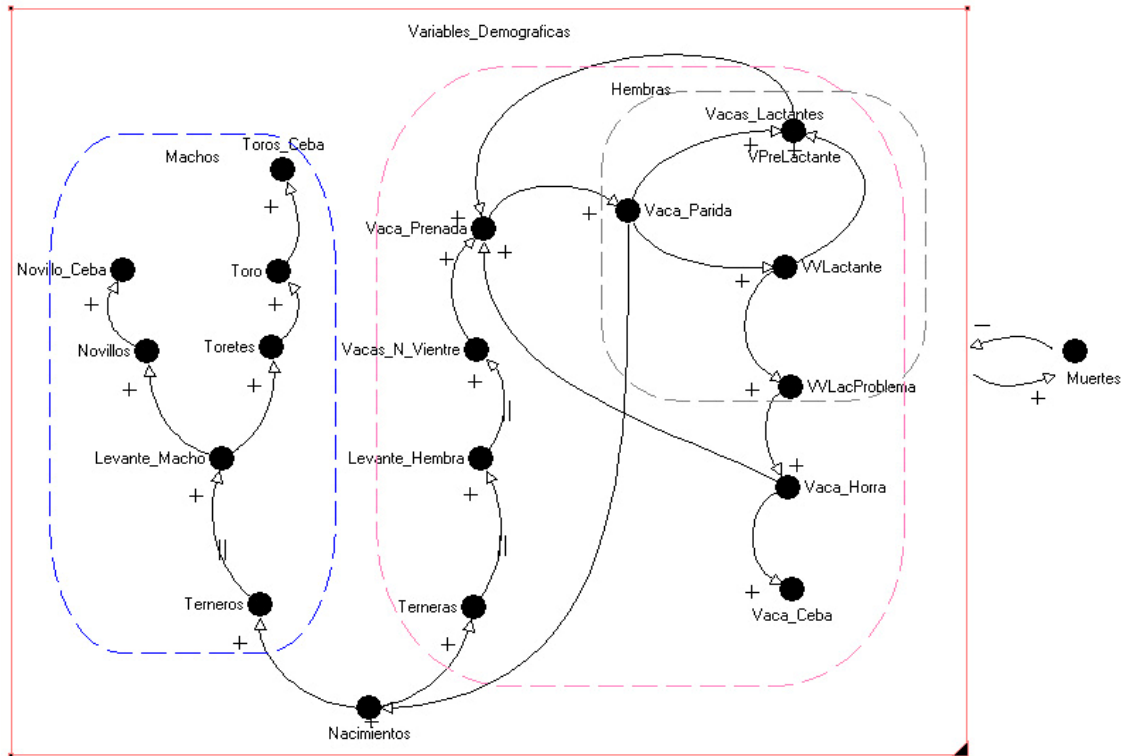
Figura 42. Diagrama de Influencias General



A continuación se muestran los diagramas de influencias en mayor detalle para cada una de las variables en las que se dividió el sistema para su estudio.

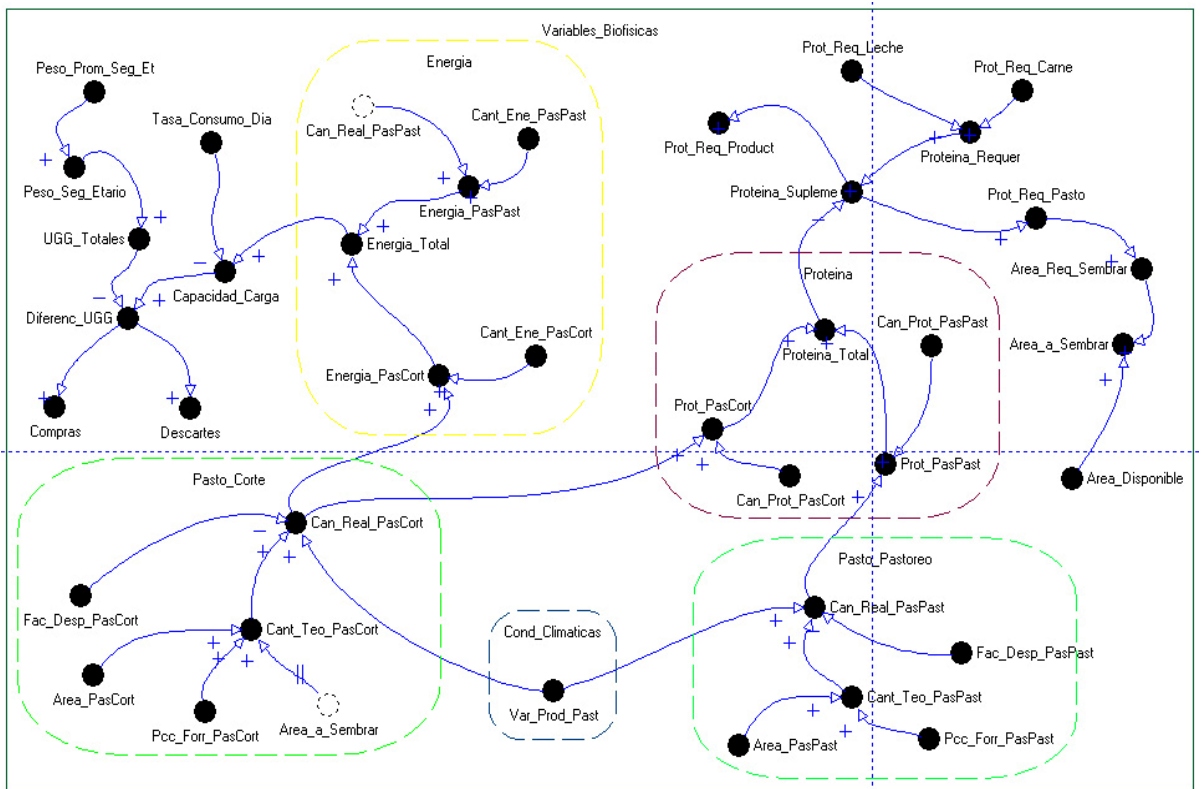
5.2.1. Variables demográficas.

Figura 43. Diagrama de influencias Variables Demográficas



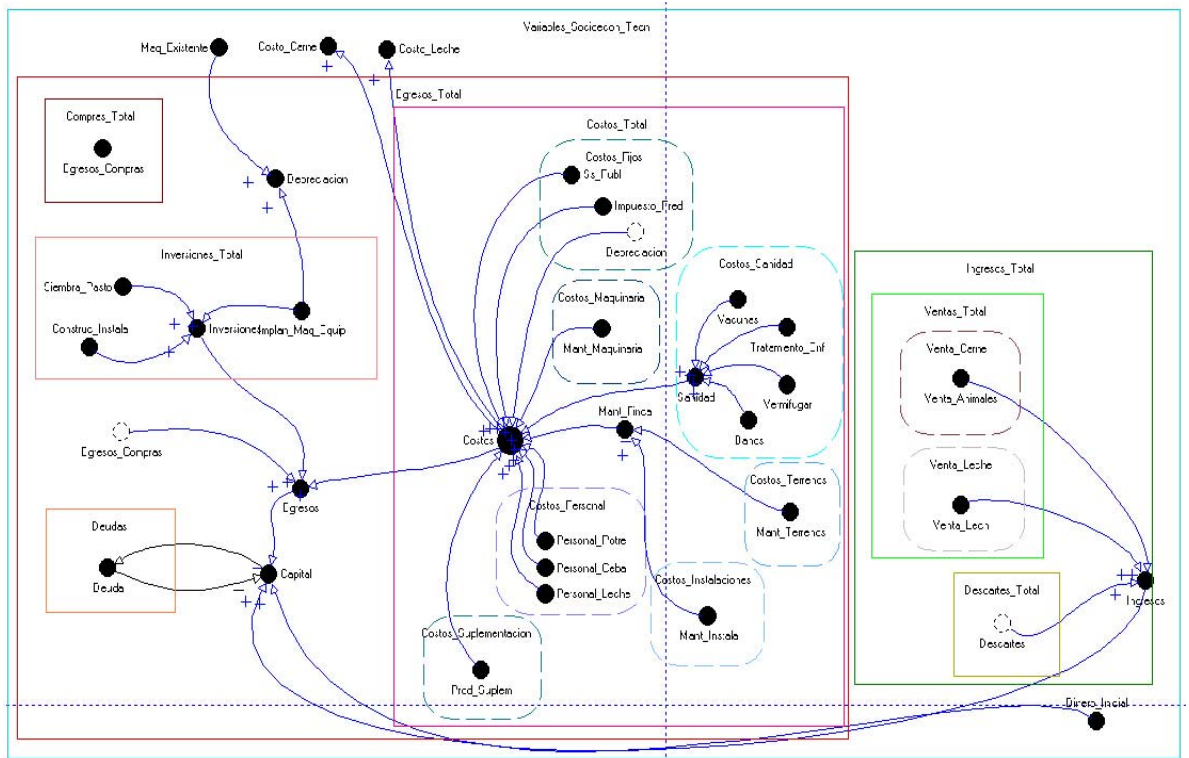
5.2.2. Variables biofísicas.

Figura 44. Diagrama de influencias Variables Biofísicas.



5.2.3. Variables socioeconómicas.

Figura 45. Diagrama de influencias Variables Socioeconómicas



5.3. MODELO EN EL LENGUAJE DE FLUJO-NIVEL

Para la descripción del modelo en el lenguaje de Flujo-Nivel⁶, se utilizó el software “Evolución 3.5”, herramienta desarrollada en el grupo SIMON, que permite asociar el lenguaje de influencias a una estructura gráfica funcional, donde se clasifican las variables y se formalizan las relaciones entre ellas, de igual manera se definen las ecuaciones a utilizar para el correcto funcionamiento del modelo.

El software nos ofrece distintos elementos para hacer dicha representación y entre ellos se encuentran los siguientes: Parámetros, Niveles, Flujos, Retardos, Tablas, Variables Auxiliares, Variables Exógenas, Valores Iniciales, SubModelos, Clones, Sectores y Relaciones respectivamente.

⁶ El diagrama de Flujo-Nivel desarrollado para SIPROB 2.0 se encuentra en el archivo digital: “Modelo.mev” adjunto como un anexo.

Figura 46. Elementos de representación de un modelo en Lenguaje de Flujo-Nivel

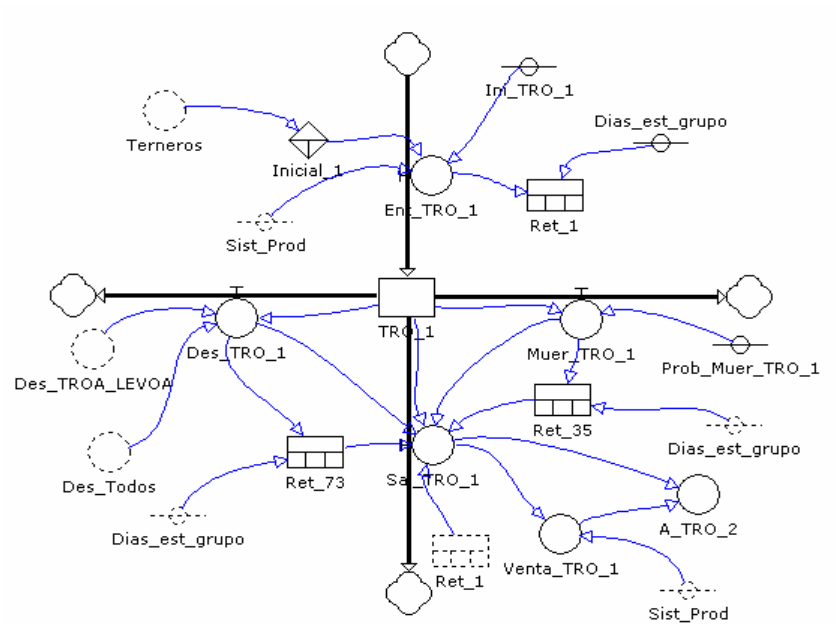


- ✓ Parámetros: son las constantes que se manejan en el sistema y su valor no cambia en todo el tiempo de simulación.
- ✓ Niveles: Son elementos que permiten apreciar la variación de material en el sistema.
- ✓ Flujos: Hacen referencia a la entrada y salida de material en cada uno de los niveles.
- ✓ Retardos: Permiten la acumulación de información en un intervalo de tiempo antes de llegar a su destino.
- ✓ Tablas: Con las tablas se pueden crear funciones para las variables que no son lineales .
- ✓ Variables Auxiliares: Son variables que se usan para hacer cálculos intermedios y así obtener ecuaciones sencillas dentro del modelo.
- ✓ Variables Exógenas: Son las variables que afectan el sistema pero de las cuales no se tiene control dentro del mismo.
- ✓ Valores Iniciales: Estas variables permiten tomar el valor anterior (en el tiempo: $t-1$) de la variable de entrada.
- ✓ SubModelos: Este elemento da la posibilidad de agregar otro modelo de Evolución, al modelo en el que se esta trabajando y este funciona como una variable exógena.
- ✓ Clones: Son copias de otras variables, y se usan para hacer menos pesado el diagrama visual del modelo.
- ✓ Sectores: Es un elemento visual que permite agrupar variables con características similares, para su mayor entendimiento.
- ✓ Relaciones: Se usan para interconectar dos elementos y crear entre ellos una relación.

Para presentar el modelo en lenguaje de flujo nivel a continuación se muestran tres diagramas representativos del mismo, esto debido al gran tamaño del diagrama completo.

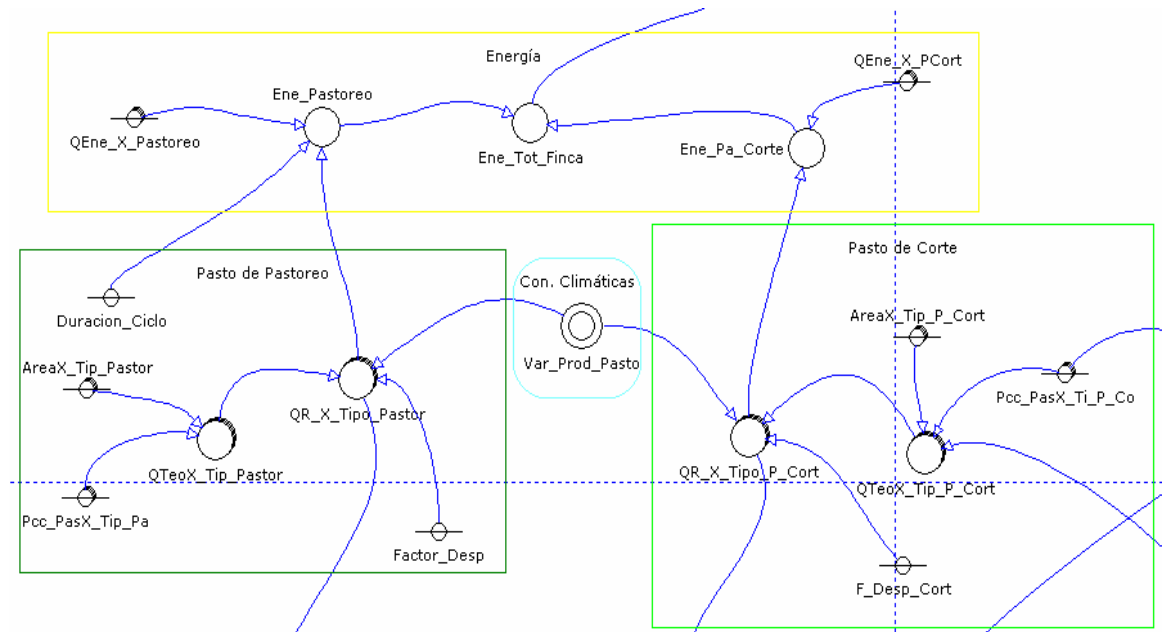
5.3.1. Variables demográficas.

Figura 47. Diagrama Flujo-Nivel para un Grupo Etario



5.3.2. Variables biofísicas.

Figura 48. Diagrama Flujo-Nivel de los Pastos de Corte y Pastoreo



5.5. MODELO EN EL LENGUAJE DE LOS COMPORTAMIENTOS SIMULADOS

Al tener definido el modelo en los lenguajes de Flujo-Nivel y de Ecuaciones, es posible realizar las simulaciones respecto al tiempo de las distintas variables que conforman el sistema, y apreciar gráficamente o por medio de tablas los resultados obtenidos.

Utilizando Evolución 3.5 se puede analizar gráficamente los resultados que se esperan de acuerdo a los diagramas causales mencionados anteriormente, unos ejemplos de estas situaciones son las siguientes:

En cuanto a las variables demográficas se espera apreciar la entrada y salida de los animales a los niveles que los representan, las salidas se pueden dar por muertes, descartes o salida de los animales para pasar al siguiente grupo etario. Graficaremos este caso para los TRO_1.

Figura 49. Resultados de Entrada y Salida de Terneros

| Iterac. | X:T | ENT TRO 1 | TRO 1 | MUER TRO 1 | DES TRO 1 | SAL TRO 1 |
|---------|-----|-----------|-------|------------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 20 | 0 | 3 | 0 |
| 4 | 3 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 0 | 17 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 5 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 0 | 16 | 0 | 1 | 0 |
| 9 | 8 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 10 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 13 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 14 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 16 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 17 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 0 | 15 | 0 | 1 | 0 |
| 21 | 20 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 21 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 24 | 0 | 14 | 0 | 1 | 0 |
| 26 | 25 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 26 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 27 | 0 | 13 | 0 | 1 | 0 |
| 29 | 28 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 29 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 30 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 31 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 32 | 0 | 12 | 0 | 1 | 0 |
| 34 | 33 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 34 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 35 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 |

Si se grafica las variables Peso total y UGG Totales presentes en la finca, se puede observar la relación entre las mismas de acuerdo al peso de una UGG. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Con peso de una UGG = 540 Kilos:

Figura 50. Variación del Peso Total y UGG Totales (UGG = 540 Kg)

| Iterac. | X.T | UGG TOTALES | PESO TOTAL | PESO UGG |
|---------|-----|------------------|------------------|----------|
| 4 | 3 | 323.101018103693 | 174474.549775994 | 540 |
| 5 | 4 | 325.889936943126 | 175980.565949288 | 540 |
| 6 | 5 | 316.577909986563 | 170952.071399224 | 540 |
| 7 | 6 | 316.127110750924 | 170708.639805499 | 540 |
| 8 | 7 | 314.500673575004 | 169830.363730502 | 540 |
| 9 | 8 | 310.434971696252 | 167634.884715976 | 540 |
| 10 | 9 | 286.769290327078 | 154855.416776622 | 540 |
| 11 | 10 | 302.242864867413 | 163211.147028403 | 540 |
| 12 | 11 | 312.800310173456 | 168912.167493666 | 540 |
| 13 | 12 | 287.568123537606 | 155286.786710307 | 540 |
| 14 | 13 | 293.873363865 | 158691.6197271 | 540 |
| 15 | 14 | 271.118463655848 | 146403.970374158 | 540 |
| 16 | 15 | 290.3087527472 | 156766.726463488 | 540 |
| 17 | 16 | 283.751815587246 | 153225.980417113 | 540 |
| 18 | 17 | 275.564313950222 | 148804.72953312 | 540 |
| 19 | 18 | 278.381474340576 | 150325.996143911 | 540 |
| 20 | 19 | 287.410369135106 | 155201.599332957 | 540 |
| 21 | 20 | 265.586692007319 | 143416.813683952 | 540 |
| 22 | 21 | 263.477172076257 | 142277.672921179 | 540 |
| 23 | 22 | 266.117091654981 | 143703.22949369 | 540 |
| 24 | 23 | 259.33423410473 | 140040.486416554 | 540 |
| 25 | 24 | 272.998050251409 | 147418.947135761 | 540 |
| 26 | 25 | 250.825297174989 | 135445.660474494 | 540 |
| 27 | 26 | 260.301290566267 | 140562.696905784 | 540 |
| 28 | 27 | 257.874263131222 | 139252.10209086 | 540 |
| 29 | 28 | 254.742275655691 | 137560.828854073 | 540 |
| 30 | 29 | 253.201029035502 | 136728.555679171 | 540 |
| 31 | 30 | 233.240136324998 | 125949.673615499 | 540 |
| 32 | 31 | 247.484061728965 | 133641.393333641 | 540 |
| 33 | 32 | 253.625258368333 | 136957.6395189 | 540 |
| 34 | 33 | 234.859061446493 | 126823.893181106 | 540 |
| 35 | 34 | 240.419888336035 | 129826.739701459 | 540 |
| 36 | 35 | 240.40587031383 | 129819.016996947 | 540 |
| 37 | 36 | 227.437461832587 | 122816.229389597 | 540 |

Vista 1

Universidad Industrial de Santander - Grupo SIMON de investigaciones [2003] T = 100 ventana clasica de graficación

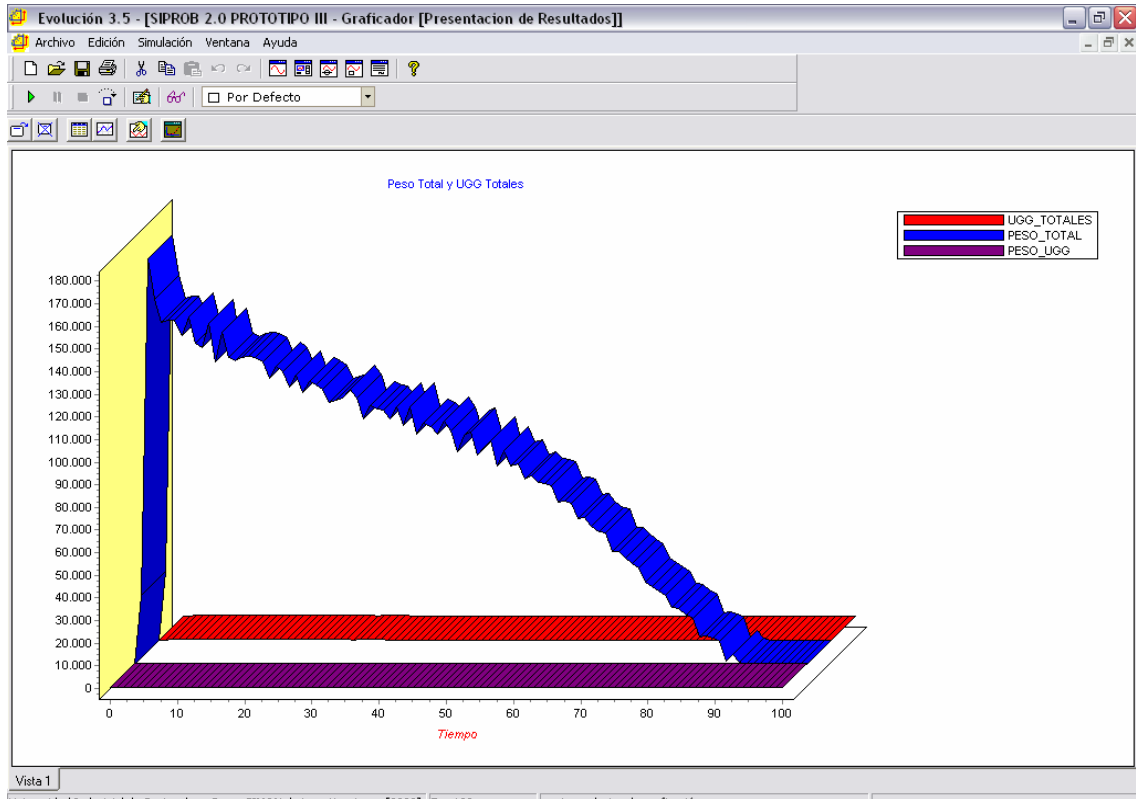
Con peso de una UGG = 480 Kilos:

Figura 51. Tabla de Variación del Peso Total y UGG Totales (UGG = 480 Kg)

| Iterac. | X.T | UGG TOTALES | PESO TOTAL | PESO UGG |
|---------|-----|------------------|------------------|----------|
| 4 | 3 | 336.446899539873 | 161494.511299139 | 480 |
| 5 | 4 | 314.506174900998 | 150962.95330086 | 480 |
| 6 | 5 | 317.314263495361 | 152310.856077783 | 480 |
| 7 | 6 | 316.977180768269 | 152101.046768769 | 480 |
| 8 | 7 | 302.853091586915 | 145363.483961719 | 480 |
| 9 | 8 | 320.093474833638 | 153644.867920146 | 480 |
| 10 | 9 | 295.883845206708 | 142024.24569922 | 480 |
| 11 | 10 | 291.854078621398 | 140089.957738271 | 480 |
| 12 | 11 | 313.583724775877 | 150520.187892421 | 480 |
| 13 | 12 | 278.159118905706 | 133516.377074739 | 480 |
| 14 | 13 | 305.382235555871 | 146583.473066818 | 480 |
| 15 | 14 | 282.207379841529 | 135459.542323934 | 480 |
| 16 | 15 | 279.93878904515 | 134370.618741672 | 480 |
| 17 | 16 | 282.632032632892 | 135663.375663788 | 480 |
| 18 | 17 | 283.342032286088 | 136004.175497322 | 480 |
| 19 | 18 | 282.888373441152 | 135786.419251753 | 480 |
| 20 | 19 | 278.463258647913 | 133662.364150998 | 480 |
| 21 | 20 | 263.597011624156 | 126526.565579595 | 480 |
| 22 | 21 | 274.2342847211 | 131632.456666128 | 480 |
| 23 | 22 | 269.497817867604 | 129358.95257645 | 480 |
| 24 | 23 | 254.880623749985 | 122342.699399993 | 480 |
| 25 | 24 | 266.070368374221 | 127713.776819626 | 480 |
| 26 | 25 | 250.710726635748 | 120341.148785159 | 480 |
| 27 | 26 | 260.183546343869 | 124888.102245057 | 480 |
| 28 | 27 | 257.753847678252 | 123721.846989561 | 480 |
| 29 | 28 | 253.014126448977 | 121446.790695461 | 480 |
| 30 | 29 | 240.668736705531 | 115520.993618655 | 480 |
| 31 | 30 | 243.544158576883 | 116901.196116904 | 480 |
| 32 | 31 | 244.889420001146 | 117546.92160055 | 480 |
| 33 | 32 | 252.8399360427 | 121363.169300496 | 480 |
| 34 | 33 | 245.171833587365 | 117682.480121935 | 480 |
| 35 | 34 | 225.719516591155 | 108345.367963944 | 480 |
| 36 | 35 | 238.227693501073 | 114349.292880515 | 480 |
| 37 | 36 | 234.885079736617 | 112744.838273576 | 480 |

Otra forma de apreciar los resultados es por medio de graficas, la referente a la anterior simulación es la que se presenta a continuación.

Figura 52. Gráfica de Variación del Peso Total y UGG Totales (UGG = 480 Kg)



5.6. PRUEBAS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Según la documentación referente a Validación y Pruebas de modelos elaborados con Dinámica de Sistemas: Road Maps, Sterman y Forrester, y teniendo en cuenta el modelo que se trabajó, se creyó conveniente realizar las siguientes pruebas:

5.6.1. Suficiencia de los límites. Cuando se definió el propósito del modelo se pensó en hacer una representación de la dinámica de un Sistema de Producción de Ganadería, limitándolo específicamente a la Ganadería Bovina y al micro mundo del Magdalena Medio Colombiano. Estos límites definen el comportamiento y los resultados del modelo pero no modifican abruptamente su esencia de representación de un Sistema de Ganadería. Para representarlo en el ámbito de la Ganadería Bovina fue preciso tener en cuenta que existen diversas formas de Sistema de Producción como lo son: Cría, Leche, Doble Propósito, Ceba y Ciclo Completo, que abarca los cuatro anteriores. Estos podrían en cierta forma delimitar el modelo, pero en pro de la representación de uno u otro no se quiso cambiar su estructura sino englobarlos en uno solo, de lo que se deduce que los límites son suficientes para la simulación del Sistema mencionado, porque permiten que se cumpla el propósito del modelo.

5.6.2. Evaluación de la estructura. La estructura del modelo comenzó a definirse con el Lenguaje en Prosa, mediante el cual se bosquejó el modelo mental de autores y usuarios; se hizo más tangible al plasmarlo en un Lenguaje de Influencias Causales; se definió en detalle, al llevarlo al Lenguaje de Flujo-Nivel (mediante el software Evolución 3.5), en donde se diferenciaron variables exógenas de endógenas, parámetros de variables dependientes como tal; y se reflejó en el comportamiento mediante el Lenguaje de Ecuaciones. Todos y cada uno de estos pasos prueban que sus resultados guardan las leyes físicas básicas y están acorde a los esperados según la lógica de los autores y usuarios.

5.6.3. Consistencia dimensional. Una vez definido el modelo en el Lenguaje de Flujo-Nivel y por ende en el de Ecuaciones se pudo comprobar la consistencia dimensional mediante inspección directa de las ecuaciones, encontrando que hay coherencia entre magnitudes y unidades y que no existen combinaciones extrañas de unidades.

5.6.4. Condiciones extremas. El modelo fue sometido a cambios en algunas variables, aumentando y disminuyendo los valores que contienen en grandes proporciones. El comportamiento de modelo deberá mantener sus resultados sin distanciarse de los obtenidos por deducciones lógicas de autores y usuarios y reafirmando la consistencia de su estructura.

Dentro de las variables que se sometieron a condiciones extremas están: los niveles que cuantifican los animales existentes en un grupo etario en un determinado momento, las variables auxiliares que manejan la capacidad de carga de la finca y las que manejan los costos de producción.

5.6.4.1. Pruebas Realizadas a Niveles de las Variables Demográficas

✓ Valores muy pequeños

Se introdujo una entrada negativa de 150000 a la variable: TRA_3, y al ver los resultados de simular sus entradas, salidas, muertes y descartes, en el Graficador, se observó que arrojaban valores negativos, lo cual no es lógico. Por esto se vio la necesidad de ajustar las ecuaciones con validaciones que no permitan tales situaciones.

Estos fueron los resultados del Graficador antes de realizar las validaciones a las ecuaciones que definen a cada uno de los grupos etarios que conforman el modelo.

Figura 53. Resultados Obtenidos con Valores de Entradas Negativas

| Iterac. | X/T | TRA 3 | ENT TRA 3 | SAL TRA 3 | MUER TRA | DES TRA 3 |
|---------|-----|---------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | -150000 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | -150000 | 0 | -137636 | 0 | -12364 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Estos fueron los resultados de la misma simulación después de realizar las validaciones en las ecuaciones. Se pudo observar que ya no aparecen valores negativos en las magnitudes de las variables seleccionadas:

Figura 54. Resultados Obtenidos luego de validar Valores de Entradas Negativas

The screenshot shows a software window titled 'Evolución 3.5 - [SIPROB 2.0 PROTOTIPO III - Graficador [Presentacion de Resultados]]'. The interface includes a menu bar (Archivo, Edición, Simulación, Ventana, Ayuda), a toolbar with various icons, and a data table. The table has the following columns: Iterac., X.T, TRA 3, ENT TRA 3, SAL TRA 3, MUER TRA 3, DES TRA 3, and INI TRA 3. The data shows a consistent pattern of zero values for most metrics across iterations, with a constant initial value of -150000 for 'INI TRA 3'. The status bar at the bottom indicates 'Universidad Industrial de Santander - Grupo SIMON de inversiones [2003] T = 31' and 'ventana clasica de oraficación'.

| Iterac. | X.T | TRA 3 | ENT TRA 3 | SAL TRA 3 | MUER TRA 3 | DES TRA 3 | INI TRA 3 |
|---------|-----|-------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 6 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 7 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 8 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 9 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 11 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 12 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 13 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 14 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 15 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 16 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 17 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 18 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 19 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 20 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 21 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 22 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |
| 23 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -150000 |

✓ Valores muy grandes

Se introdujeron 2.000.000 de animales en la variable TRO_1 y se simularon las entradas, salidas, muertes y descartes. El Graficador mostró resultados lógicos que no están fuera de los valores esperados.

Figura 55. Resultados Obtenidos con Valores de Entradas muy grandes

| Iterac. | X:T | TRO 1 | ENT TRO 1 | MUER TRO 1 | DES TRO 1 | SAL TRO 1 |
|---------|-----|---------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 2000000 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 2000000 | 0 | 0 | 1999890 | 0 |
| 3 | 2 | 110 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 110 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 109 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 6 | 5 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 106 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| 8 | 7 | 95 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 94 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 10 | 9 | 91 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| 11 | 10 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 82 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 81 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| 14 | 13 | 77 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 15 | 14 | 76 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 75 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 17 | 16 | 72 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| 18 | 17 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 63 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| 21 | 20 | 51 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 22 | 21 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 48 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 24 | 23 | 38 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| 25 | 24 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Vista 1

Universidad Industrial de Santander - Grupo SIMON de investigaciones [2003] T = 36 ventana clasica de graficación

5.6.4.2. Pruebas realizadas a auxiliares de las Variables Biofísicas. El parámetro consumo_día representa la cantidad de kilocalorías consumidas por una unidad de gran ganado (UGG) en un día, al ser modificado afecta la Capacidad de Carga debido a que esta última me representa la cantidad de UGG que puede soportar la finca.

✓ Valores muy Grandes

Se introdujo un valor de 2.000.000 Kc/UGG*día, con lo cual se esperaba que la capacidad de carga sea hiciera pequeña pero no negativa. Estos fueron los resultados obtenidos luego de la simulación:

Figura 56. Resultados Obtenidos con Valores de Tasa de Consumo muy grandes

| Iterac. | X:T | CONSUMO DIA | CAPA CARGA |
|---------|-----|-------------|---------------------|
| 1 | 0 | 2000000 | 0.00336639996351366 |
| 2 | 1 | 2000000 | 0.00336317559815516 |
| 3 | 2 | 2000000 | 0.00335995257505232 |
| 4 | 3 | 2000000 | 0.00335673156533295 |
| 5 | 4 | 2000000 | 0.0033535132401249 |
| 6 | 5 | 2000000 | 0.003350298270556 |
| 7 | 6 | 2000000 | 0.00334708732775407 |
| 8 | 7 | 2000000 | 0.00334388108284694 |
| 9 | 8 | 2000000 | 0.00334068020696244 |
| 10 | 9 | 2000000 | 0.0033374853712284 |
| 11 | 10 | 2000000 | 0.00333429724677264 |
| 12 | 11 | 2000000 | 0.003331116504723 |
| 13 | 12 | 2000000 | 0.00332794381620731 |
| 14 | 13 | 2000000 | 0.00332477985235338 |
| 15 | 14 | 2000000 | 0.00332162528428906 |
| 16 | 15 | 2000000 | 0.00331848078314218 |
| 17 | 16 | 2000000 | 0.00331534702004054 |
| 18 | 17 | 2000000 | 0.003312224666112 |
| 19 | 18 | 2000000 | 0.00330911439248437 |
| 20 | 19 | 2000000 | 0.0033060168702855 |
| 21 | 20 | 2000000 | 0.00330293277064319 |
| 22 | 21 | 2000000 | 0.00329986276468528 |
| 23 | 22 | 2000000 | 0.00329680752353961 |
| 24 | 23 | 2000000 | 0.003293737312234 |

✓ Valores Negativos

Al introducir un valor negativo en la variable consumo_dia se observó que la capacidad de carga tenía un valor numérico igual a la energía total de la finca, tal como se esperaba. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Figura 57. Resultados Obtenidos con una Tasa de Consumo Negativa

| Iterac. | X:T | CONSUMO DIA | CAPA CARGA | ENE TOT FINCA |
|---------|-----|-------------|------------------|------------------|
| 1 | 0 | -2000000 | 6732.79992702732 | 6732.79992702732 |
| 2 | 1 | -2000000 | 6726.35119631031 | 6726.35119631031 |
| 3 | 2 | -2000000 | 6719.90515010464 | 6719.90515010464 |
| 4 | 3 | -2000000 | 6713.4631306659 | 6713.4631306659 |
| 5 | 4 | -2000000 | 6707.0264802498 | 6707.0264802498 |
| 6 | 5 | -2000000 | 6700.59654111199 | 6700.59654111199 |
| 7 | 6 | -2000000 | 6694.17465550813 | 6694.17465550813 |
| 8 | 7 | -2000000 | 6687.76216569387 | 6687.76216569387 |
| 9 | 8 | -2000000 | 6681.36041392487 | 6681.36041392487 |
| 10 | 9 | -2000000 | 6674.97074245679 | 6674.97074245679 |
| 11 | 10 | -2000000 | 6668.59449354528 | 6668.59449354528 |
| 12 | 11 | -2000000 | 6662.233009446 | 6662.233009446 |
| 13 | 12 | -2000000 | 6655.88763241461 | 6655.88763241461 |
| 14 | 13 | -2000000 | 6649.55970470676 | 6649.55970470676 |
| 15 | 14 | -2000000 | 6643.25056857812 | 6643.25056857812 |
| 16 | 15 | -2000000 | 6636.96156628435 | 6636.96156628435 |
| 17 | 16 | -2000000 | 6630.69404008107 | 6630.69404008107 |
| 18 | 17 | -2000000 | 6624.449332224 | 6624.449332224 |
| 19 | 18 | -2000000 | 6618.22878496874 | 6618.22878496874 |
| 20 | 19 | -2000000 | 6612.03374057099 | 6612.03374057099 |
| 21 | 20 | -2000000 | 6605.86554128637 | 6605.86554128637 |
| 22 | 21 | -2000000 | 6599.72552937056 | 6599.72552937056 |
| 23 | 22 | -2000000 | 6593.61504707922 | 6593.61504707922 |
| 24 | 23 | -2000000 | 6587.525128637 | 6587.525128637 |

✓ Valores muy Pequeños

Con un valor de 0.5 Kc./día en el consumo_día se vio que la capacidad de carga se hizo muy grande.

Figura 58. Resultados Obtenidos con una Tasa de Consumo con Valores muy pequeños

| Iterac. | X:T | CONSUMO DIA | CAPA CARGA | ENE TOT FINCA |
|---------|-----|-------------|------------------|------------------|
| 1 | 0 | 0.5 | 13465.5998540546 | 6732.79992702732 |
| 2 | 1 | 0.5 | 13452.7023926206 | 6726.35119631031 |
| 3 | 2 | 0.5 | 13439.8103002093 | 6719.90515010464 |
| 4 | 3 | 0.5 | 13426.9262613318 | 6713.4631306659 |
| 5 | 4 | 0.5 | 13414.0529604996 | 6707.0264802498 |
| 6 | 5 | 0.5 | 13401.193082224 | 6700.59654111199 |
| 7 | 6 | 0.5 | 13388.3493110163 | 6694.17465550813 |
| 8 | 7 | 0.5 | 13375.5243313877 | 6687.76216569387 |
| 9 | 8 | 0.5 | 13362.7208278497 | 6681.36041392487 |
| 10 | 9 | 0.5 | 13349.9414849136 | 6674.97074245679 |
| 11 | 10 | 0.5 | 13337.1889870906 | 6668.59449354528 |
| 12 | 11 | 0.5 | 13324.466018892 | 6662.233009446 |
| 13 | 12 | 0.5 | 13311.7752648292 | 6655.88763241461 |
| 14 | 13 | 0.5 | 13299.1194094135 | 6649.55970470676 |
| 15 | 14 | 0.5 | 13286.5011371562 | 6643.25056857812 |
| 16 | 15 | 0.5 | 13273.9231325687 | 6636.96156628435 |
| 17 | 16 | 0.5 | 13261.3880801621 | 6630.69404008107 |
| 18 | 17 | 0.5 | 13248.898664448 | 6624.449332224 |
| 19 | 18 | 0.5 | 13236.4575699375 | 6618.22878496874 |
| 20 | 19 | 0.5 | 13224.067481142 | 6612.03374057099 |
| 21 | 20 | 0.5 | 13211.7310825727 | 6605.86554128637 |
| 22 | 21 | 0.5 | 13199.4510587411 | 6599.72552937056 |
| 23 | 22 | 0.5 | 13187.2300941584 | 6593.61504707922 |

5.6.4.3. Pruebas realizadas a auxiliares de las Variables Socioeconómicas.

- ✓ Costo de personal pocos animales

Al introducir un valor pequeño en las variables iniciales de cada uno de los grupos etarios, el total de los animales varía en una proporción directa, afectando de la misma manera los costos de personal. Para ver el comportamiento del modelo ante esta situación se disminuyó la cantidad de animales. Al realizar la simulación se observó que ciertamente los costos de personal disminuían.

Figura 59. Resultados Obtenidos con Costos de Personal para pocos animales

| Iterac. | X:T | TOTAL ANIMALES | COS PERSON | COSTOS |
|---------|-----|----------------|------------|------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 7588500 |
| 2 | 1 | 35 | 4896000 | 12709717.6730629 |
| 3 | 2 | 53 | 4896000 | 12856215.6486313 |
| 4 | 3 | 50 | 4896000 | 12831913.5510438 |
| 5 | 4 | 53 | 4896000 | 12856411.3559154 |
| 6 | 5 | 50 | 4896000 | 12826109.0388606 |
| 7 | 6 | 52 | 4896000 | 12848606.5754944 |
| 8 | 7 | 52 | 4896000 | 12857703.9414313 |
| 9 | 8 | 52 | 4896000 | 12842801.1122862 |
| 10 | 9 | 50 | 4896000 | 12832498.0636738 |
| 11 | 10 | 50 | 4896000 | 12829594.7712089 |
| 12 | 11 | 50 | 4896000 | 12823691.2105061 |
| 13 | 12 | 50 | 4896000 | 12829787.3571803 |
| 14 | 13 | 53 | 4896000 | 12848283.1868461 |
| 15 | 14 | 50 | 4896000 | 12829978.6751184 |
| 16 | 15 | 52 | 4896000 | 12843473.7976119 |
| 17 | 16 | 52 | 4896000 | 12849568.5299412 |
| 18 | 17 | 52 | 4896000 | 12846662.8477213 |
| 19 | 18 | 52 | 4896000 | 12852756.7265667 |
| 20 | 19 | 52 | 4896000 | 12837850.1420923 |
| 21 | 20 | 50 | 4896000 | 12830543.0699127 |
| 22 | 21 | 50 | 4896000 | 12827635.4856429 |
| 23 | 22 | 50 | 4896000 | 12824727.3648973 |

✓ Costo de personal muchos animales

Cuando se introdujo un numero muy grande de animales se esperaba que la variable costo de personal que se encuentra en \$/año se hiciera más grande. Estos fueron los datos resultantes luego de realizar una simulación bajo esta condición.

Figura 60. Resultados Obtenidos con Costos de Personal para muchos animales

| Iterac. | X:T | TOTAL ANIMALES | COS PERSON | COSTOS |
|---------|-----|----------------|------------|------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 7588500 |
| 2 | 1 | 368 | 24480000 | 35452117.6730629 |
| 3 | 2 | 62 | 9792000 | 17864615.6486313 |
| 4 | 3 | 39 | 4896000 | 12758913.5510438 |
| 5 | 4 | 68 | 9792000 | 17902611.3559154 |
| 6 | 5 | 64 | 9792000 | 17855109.0388606 |
| 7 | 6 | 64 | 9792000 | 17858206.5754944 |
| 8 | 7 | 64 | 9792000 | 17849303.9414313 |
| 9 | 8 | 63 | 9792000 | 17844201.1122862 |
| 10 | 9 | 63 | 9792000 | 17853298.0636738 |
| 11 | 10 | 63 | 9792000 | 17850394.7712089 |
| 12 | 11 | 63 | 9792000 | 17850491.2105061 |
| 13 | 12 | 63 | 9792000 | 17847587.3571803 |
| 14 | 13 | 63 | 9792000 | 17847683.1868461 |
| 15 | 14 | 61 | 9792000 | 17837378.6751184 |
| 16 | 15 | 59 | 4896000 | 12913073.7976119 |
| 17 | 16 | 59 | 4896000 | 12922168.5299412 |
| 18 | 17 | 59 | 4896000 | 12919262.8477213 |
| 19 | 18 | 56 | 4896000 | 12894756.7265667 |
| 20 | 19 | 59 | 4896000 | 12931250.1420923 |
| 21 | 20 | 59 | 4896000 | 12913343.0699127 |
| 22 | 21 | 59 | 4896000 | 12925435.4856429 |
| 23 | 22 | 59 | 4896000 | 12922527.3648973 |
| 24 | 23 | 59 | 4896000 | 12922527.3648973 |

Vista 1

Universidad Industrial de Santander - Grupo SIMON de investigaciones [2003] T = 100 ventana clasica de graficación

5.6.5. Error de integración. El software Evolución 3.5 con el que se desarrolló el diagrama de Flujo-Nivel y de Ecuaciones, permitirá realizar este tipo de prueba. Si los resultados arrojados por simulaciones con diferentes métodos y pasos de integración presentasen diferencias significativas se deducirá que el modelo tiene errores en su definición.

5.6.5.1. Simulación utilizando el Método de Integración Euler.

Figura 61. Condiciones de Simulación.

Figura 62. Tabla de resultados utilizando el Método Euler de Integración.

| Iterac. | X:T | TRO 1 | ENT TRO 1 | SAL TRO 1 | DES TRO 1 | MUER TRO 1 |
|---------|-----|-------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 10 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 3 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 25 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5.6.5.2. Simulación utilizando el Método de Integración de Runge Kutta 2.

Figura 63. Condiciones de Simulación.

Condiciones de Simulación

Tiempo de Simulación:
 Tiempo Inicial: 0
 Tiempo Final: 360

Integración:
 Paso: 1
 Método: Runge Kutta 2

Puntos de quiebra del simulador:
 Sin Punto de parada
 Punto de parada en: 0

Grabacion:
 Tiempo Inicial: 0
 Paso: 1

Figura 64. Tabla de resultados utilizando el Método Runge Kutta 2 de Integración.

| Iterac. | X:T | TRO 1 | ENT TRO 1 | SAL TRO 1 | MUER TRO 1 | DES TRO 1 |
|---------|-----|-------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 3 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 25 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 32 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 33 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 34 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 35 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Vista 1

Universidad Industrial de Santander - Grupo SIMON de Investigaciones (2003) T = 38 ventana clasica de graficacion

5.6.5.3. Simulación utilizando el Método de Integración de Runge Kutta 3

Figura 65. Condiciones de Simulación.

Figura 66. Tabla de resultados utilizando el Método Runge Kutta 3 de Integración.

| Iterac. | X-T | TRO 1 | ENT TRO 1 | SAL TRO 1 | MUER TRO 1 | DES TRO 1 |
|---------|-----|-------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 3 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 25 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 32 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 33 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 34 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 35 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5.6.5.4. Simulación utilizando el Método de Integración de Runge Kutta 4.

Figura 67. Condiciones de Simulación.

Figura 68. Tabla de resultados utilizando el Método Runge Kutta 4 de Integración.

| Iterac. | X:T | TRO 1 | ENT TRO 1 | SAL TRO 1 | DES TRO 1 | MUER TRO 1 |
|---------|-----|-------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 10 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 3 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 25 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Después de realizar simulaciones con cada uno de los Métodos de Integración: Euler, Runge Kutta 2, Runge Kutta 3 y Runge Kutta 4, se observó que los resultados arrojados eran muy similares. De modo que podemos decir que los resultados de la simulación no dependen del Método de Integración seleccionado.

5.6.6. Análisis de sensibilidad. Mediante el software Evolución 3.5, es posible realizar Análisis de Sensibilidad por Variación de Parámetros y Variación de Escenarios. Para la Variación de Parámetros se tuvieron en cuenta variables claves que al cambiar en sus valores afectan el comportamiento del modelo. La Variación de Escenarios no se realizó ya que los escenarios que existen no están definidos por modelos independientes, sino que están implícitos en un mismo modelo.

5.6.6.4. Variación de la Producción Inicial de Leche para una vaca que ha tenido de 1 a 3 partos.

Figura 69. Análisis de Sensibilidad para la Producción Leche.

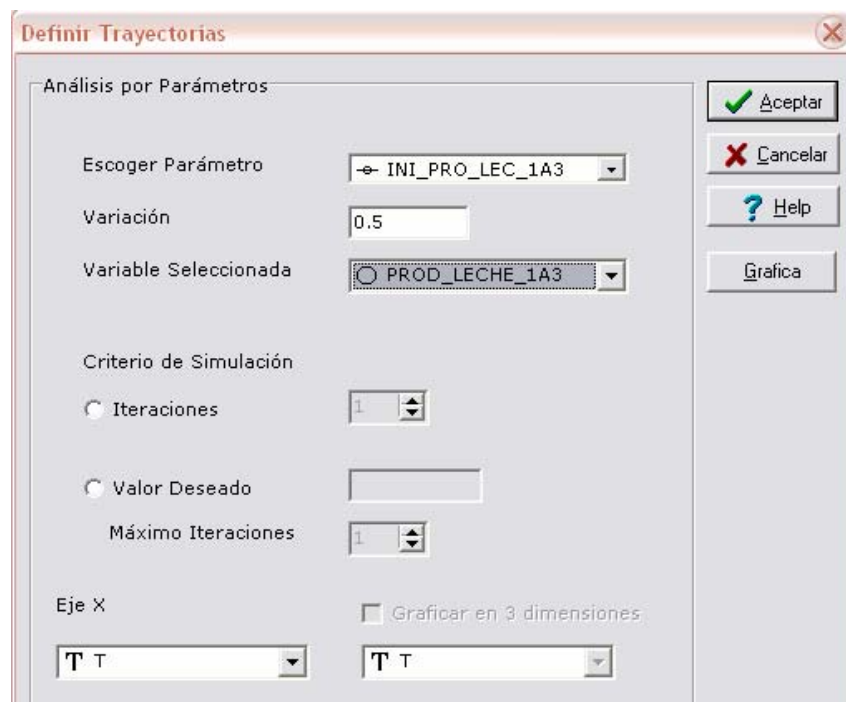


Figura 70. Resultados Análisis de Sensibilidad para la Producción Leche.

| Iterac. | X:T | INI PRO LEC 1A3 = 3.8 | INI PRO LEC 1A3 = 4.3 |
|---------|-----|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 2.052 | 2.322 |
| 3 | 2 | 2.052 | 2.322 |
| 4 | 3 | 2.052 | 2.322 |
| 5 | 4 | 2.052 | 2.322 |
| 6 | 5 | 2.052 | 2.322 |
| 7 | 6 | 2.052 | 2.322 |
| 8 | 7 | 2.052 | 2.322 |
| 9 | 8 | 2.052 | 2.322 |
| 10 | 9 | 2.052 | 2.322 |
| 11 | 10 | 2.052 | 2.322 |
| 12 | 11 | 2.052 | 2.322 |
| 13 | 12 | 2.052 | 2.322 |
| 14 | 13 | 2.052 | 2.322 |
| 15 | 14 | 2.052 | 2.322 |
| 16 | 15 | 2.052 | 2.322 |
| 17 | 16 | 2.052 | 2.322 |
| 18 | 17 | 2.052 | 2.322 |
| 19 | 18 | 2.052 | 2.322 |
| 20 | 19 | 2.052 | 2.322 |
| 21 | 20 | 2.052 | 2.322 |
| 22 | 21 | 2.052 | 2.322 |
| 23 | 22 | 2.052 | 2.322 |
| 24 | 23 | 2.052 | 2.322 |

Al aumentar la producción inicial de leche se vio que la producción total de leche aumenta de manera proporcional tal como se había concebido por deducciones lógicas del comportamiento del modelo.

5.6.6.2. Variación del Sistema de Producción seleccionado para observar la cantidad total de hembras.

Figura 71. Análisis de Sensibilidad para Total Hembras.

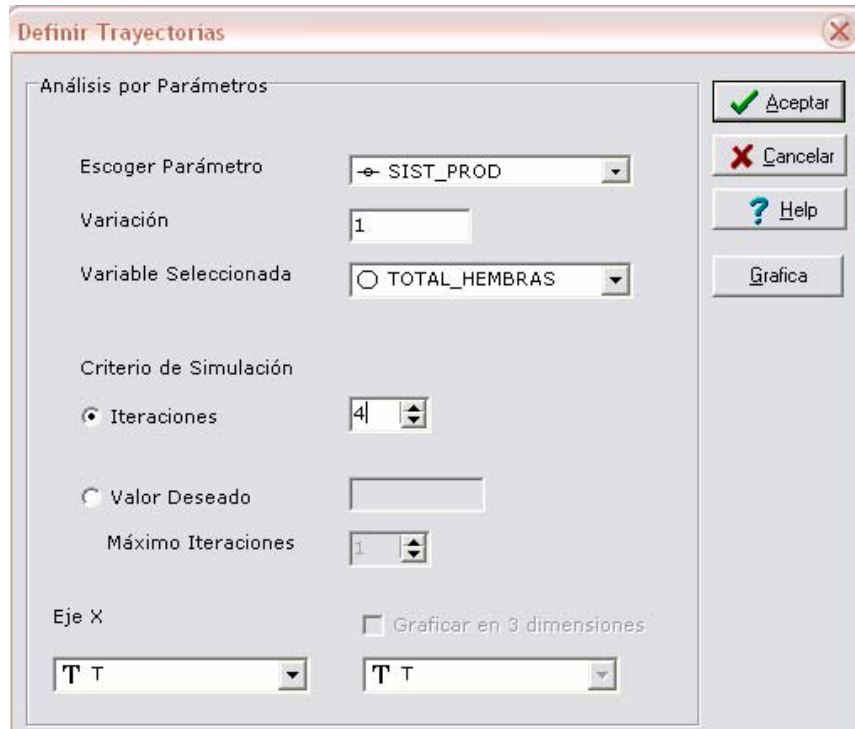


Figura 72. Resultados Análisis de Sensibilidad para el Total de Hembras.

| Iterac. | X:T | SIST PROD = 1 | SIST PROD = 2 | SIST PROD = 3 | SIST PROD = 4 | SIST PROD = 5 |
|---------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 21 | 21 | 21 | 0 | 21 |
| 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 |
| 4 | 3 | 9 | 27 | 21 | 0 | 8 |
| 5 | 4 | 9 | 15 | 11 | 0 | 7 |
| 6 | 5 | 8 | 17 | 14 | 0 | 7 |
| 7 | 6 | 8 | 16 | 12 | 0 | 7 |
| 8 | 7 | 8 | 17 | 11 | 0 | 7 |
| 9 | 8 | 8 | 15 | 9 | 0 | 7 |
| 10 | 9 | 7 | 16 | 10 | 0 | 7 |
| 11 | 10 | 7 | 14 | 9 | 0 | 7 |
| 12 | 11 | 7 | 14 | 9 | 0 | 7 |
| 13 | 12 | 7 | 15 | 9 | 0 | 7 |
| 14 | 13 | 7 | 13 | 9 | 0 | 7 |
| 15 | 14 | 7 | 12 | 9 | 0 | 7 |
| 16 | 15 | 7 | 13 | 8 | 0 | 7 |
| 17 | 16 | 7 | 13 | 8 | 0 | 7 |
| 18 | 17 | 7 | 13 | 8 | 0 | 7 |
| 19 | 18 | 7 | 12 | 8 | 0 | 7 |
| 20 | 19 | 7 | 12 | 8 | 0 | 7 |
| 21 | 20 | 7 | 12 | 8 | 0 | 7 |
| 22 | 21 | 7 | 11 | 8 | 0 | 7 |
| 23 | 22 | 7 | 11 | 8 | 0 | 7 |

Se puso a variar el parámetro que define el Sistema de Producción, iniciando en 1 con un aumento de 1, en 4 iteraciones para ver el comportamiento de la cantidad de hembras en la finca en cada uno de los Sistemas de Producción. Se pudo verificar consistencia en los resultados.

5.6.6.3. Variación del Área existente de un tipo de Pasto de Corte y comportamiento de la proteína producida.

Figura 73. Análisis de Sensibilidad para la Proteína Pasto de Corte.

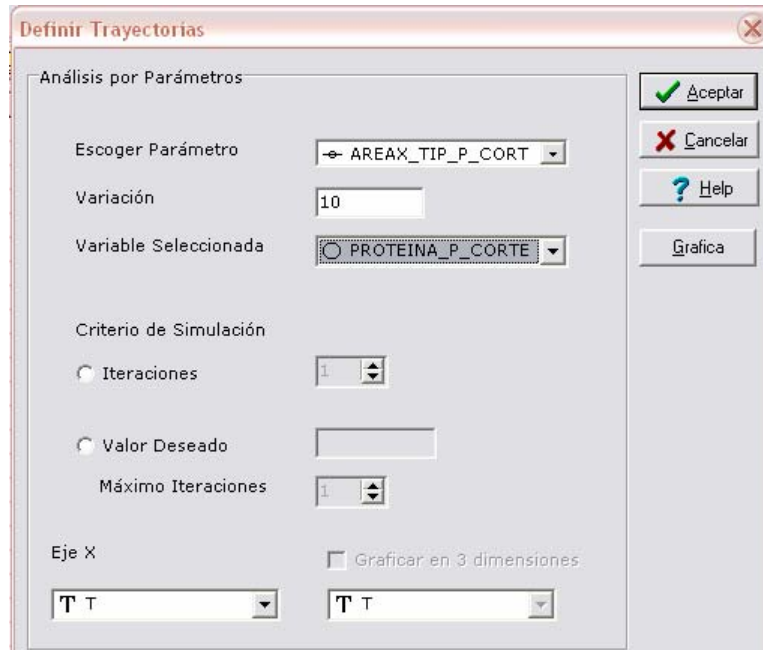


Figura 74. Resultados Análisis de Sensibilidad para la Proteína Pasto de Corte.

| Iterac. | X.T | AREAX TIP P. CORT = 5 | AREAX TIP P. CORT = 15 |
|---------|-----|-----------------------|------------------------|
| 1 | 0 | 1.8795 | 3.7485 |
| 2 | 1 | 1.86220929817213 | 3.71401519244387 |
| 3 | 2 | 1.8449294630973 | 3.67955205768567 |
| 4 | 3 | 1.8276713615285 | 3.64513226852332 |
| 5 | 4 | 1.81044586021877 | 3.61077749775475 |
| 6 | 5 | 1.79326382592113 | 3.57650941817789 |
| 7 | 6 | 1.7761361253886 | 3.54234970259068 |
| 8 | 7 | 1.75907362537421 | 3.50832002379102 |
| 9 | 8 | 1.74208719263097 | 3.47444205457686 |
| 10 | 9 | 1.72518769391191 | 3.44073746774611 |
| 11 | 10 | 1.70838599597006 | 3.40722793609671 |
| 12 | 11 | 1.69169296555843 | 3.3739351324266 |
| 13 | 12 | 1.67511946943005 | 3.34088072953369 |
| 14 | 13 | 1.65867637433794 | 3.30808640021589 |
| 15 | 14 | 1.64237454703512 | 3.27557381727116 |
| 16 | 15 | 1.62622485427461 | 3.24336465349742 |
| 17 | 16 | 1.61023816280945 | 3.21148058169258 |
| 18 | 17 | 1.59442533939263 | 3.17994327465458 |
| 19 | 18 | 1.5787972507772 | 3.14877440518135 |
| 20 | 19 | 1.56336476371617 | 3.11799564607081 |
| 21 | 20 | 1.54813874496258 | 3.0876286701209 |
| 22 | 21 | 1.53313006126943 | 3.05769515012954 |
| 23 | 22 | 1.51834957938975 | 3.02821675889465 |
| 24 | 23 | 1.5038916693757 | 3.0001516931416 |

Al aumentar el área sembrada de un tipo de pasto de corte, se vio que aumentaba también la proteína producida por el mismo de manera lógica.

6. CONCLUSIONES

Mediante la implementación de la Ingeniería del Software con el Proceso Unificado de Desarrollo, y el paradigma de la Dinámica de Sistemas, se pudo construir una herramienta que permite simular el comportamiento dinámico de un Sistema de Producción de Ganadería Bovina con posibilidades de apoyar los procesos de aprendizaje y la toma de decisiones de los usuarios del sector de ganadería bovina.

Del uso de la Metodología del Proceso Unificado de Desarrollo, en la construcción de SIPROB 2.0, se puede afirmar que facilita las modificaciones y ajustes a la herramienta software en cualquier etapa de desarrollo, por redefinir su diseño de manera iterativa e incremental.

La experiencia del modelado durante la elaboración del presente proyecto, confirma la importancia de contar con un experto que oriente de manera continua los procesos de definición de la estructura del sistema.

El modelo implementado en SIPROB 2.0 facilita al usuario la comprensión de los sistemas de ganadería bovina, al desagregar las variables más relevantes del modelo base (desarrollado en SIPROB 1.0), eliminar las que no son necesarias, y calcular mediante las mismas relaciones entre sus elementos, algunas variables que eran parámetros de entrada. Esto permite que SIPROB 2.0 sea considerada una herramienta que posibilita el apoyo en la formación de los conceptos referentes al área de ganadería bovina.

SIPROB 2.0 es una muestra de las posibilidades del aporte de la Dinámica de Sistemas para enriquecer los ambientes software de aprendizaje y de toma de decisiones, mediante modelos de simulación que en este caso representan los sistemas de producción bovina.

Los productos de este proyecto muestran que existen instrumentos al alcance de los profesionales del medio, que aumentan las posibilidades para aportar en el desarrollo de sistemas especializados en la educación, asesoría y toma de decisiones. Sistemas que por sus costos generalmente no son de fácil acceso a los usuarios a nivel nacional.

Este proyecto, aportó al desarrollo de la labor investigativa del grupo SIMON y a la formación de los autores como ingenieros de sistemas, fundamentalmente al consolidar su formación en ingeniería de software y en modelado matemático.

7. RECOMENDACIONES

Con las pruebas realizadas durante el desarrollo de SIPROB 2.0, se identificaron aspectos para mejorar tanto en modelo como en el software. Las pruebas finales determinaron que la herramienta es útil para facilitar la toma de decisiones y que apoya los procesos de comprensión y aprendizaje en el manejo de los sistemas productivos bovinos. Sin embargo para llegar a determinar con más detenimiento la utilidad y aplicabilidad en los procesos de aprendizaje, es recomendable diseñar y aplicar a largo plazo, una Metodología de Evaluación, mediante el seguimiento de la interacción con usuarios finales.

Luego de desarrollar la herramienta SIPROB 2.0 se recomienda para futuras versiones:

- ✓ Considerar el manejo de más de una raza de ganado dentro del sistema de producción.
- ✓ Desagregar en un submodelo la manera como las condiciones climáticas afectan la producción del pasto.
- ✓ Vincular los pesos deseados de los animales a las edades para determinar el paso al siguiente grupo etario.

El desarrollo del modelo en el diagrama de influencias, de flujo nivel y las simulaciones realizadas mediante el software Evolución, permitieron la identificación de mejoras. A manera de recomendación se sugiere:

- ✓ Permitir el manejo de las posiciones del vector como un variable, de manera que el subíndice del vector varíe y no sea constante.
- ✓ Al definir un vector, sería de gran ayuda que fuera posible modificar la ecuación resultante asociada con las variables de entrada vectores. El elemento resultante de este tipo de ecuaciones es otro vector y para su definición el software define de manera estricta la operación entre los elementos de cada vector de entrada según el orden en que se encuentren sus subíndices. En ocasiones se desea que un elemento de un vector sea operado con un elemento de otro vector con diferente subíndice. Además en caso de que un vector con un número determinado de posiciones sea operado con uno de menor cantidad de posiciones, la operación resultante asume que el de menor número de posiciones llena el número de posiciones faltantes con el valor de su último elemento.
- ✓ Contar con diagramas de navegación, para facilitar la ubicación del modelador en un diagrama de gran tamaño.
- ✓ Validar operaciones incorrectas como divisiones por cero, y el ingreso de variables no relacionadas dentro de definiciones con condiciones como por ejemplo la estructura IF.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE SOSA, Hugo Hernando; DYNER, Isaac; ESPINOSA, Ángela; LOPEZ GARAY, Hernán y SOTAQUIRA, Ricardo. Pensamiento Sistémico: Diversidad en Busca de Unidad. Bucaramanga, 2001

ARZATE, Jacinto Alejandro. Arquitectura Cliente/Servidor. 2006

B. OSTROWSKI, Jorge E; Biología y patología de la reproducción de los bovinos. Buenos Aires: Editorial El Ateneo, 1981.

BARBA MOLINA, Heli; Introducción a las ciencias Pecuarias. Facultad de Estudios a distancia; Universidad Industrial de Santander, 1985.

BARRAGÁN, Omar Augusto y GÓMEZ, Urbano Eliécer. Propuesta de un Modelo de Simulación de Producción de Ganadería Bovina para la Investigación Integral - Un Enfoque Sistémico. UIS - Bucaramanga, 2002.

DATE, C. J. Introducción a los Sistemas de Bases de Datos. Quinta edición. Addison-Wesley. E.U.A. 1993

DE MIGUEL, Adoración y PIATTINI, Mario. Fundamentos y Modelos de Bases de Datos. Segunda Edición. México: Alfa omega, 1999.

FORRESTER, Jay W. Proyecto de Educación en Dinámica de Sistemas. Road Maps 1.

GRUPO SIMON DE INVESTIGACIONES. UIS. Manual Técnico Evolución y Manual del Usuario Evolución. Bucaramanga, 1993.

HERNANDEZ, Michael J. y VIESCAS, John L. SQL Queries for Mere Mortals. Tercera Edición. Pearson Education Corporate Sales Division. Indianapolis. 2001.

JACABOSON, I., BOOCH, G., RUMBAUGH J., El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, 2000. Addison Wesley

PRESSMAN, Roger. Ingeniería del Software. Un enfoque práctico. Madrid España, 1992.

SARMIENTO, Enrique y SARMIENTO, Ricardo J. Entornos de Programación: DELPHI. Conferencias de Clase. Universidad Industrial de Santander.

SENN, James. Análisis y diseño de sistemas de información. Segunda edición. McGraw Hill. México, 1992.

TAPIA CANO, Martha Nury; ZULETA JURADO, James Farid. El Desarrollo de la Ganadería de Doble Propósito. FUNDAEMPRESA. Colombia, 2004.

TEIXEIRA, Steve y PACHECO, Xavier. Guía de Desarrollo DELPHI 5.0. Madrid: Prentice Hall, 2000.

WILLIAMSOM, G; La Ganadería en regiones tropicales. Colección agricultura tropical, México, 1975.

ANEXOS

ANEXO A. LISTADO DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA SIPROB 2.0

Requerimientos de Información

- Considerar la información que maneja el Sistema de Producción de Ceba (uno de los fuertes en el micro mundo del Magdalena Medio), y por ende la que maneja el de Ciclo Completo.
- No considerar los datos de los grupos etarios innecesarios para el funcionamiento de cada uno de los sistemas de producción representados.
- La información debe ser manejada de manera restringida según el tipo de usuario. Sin embargo para poder operar el sistema el usuario no debe ser un experto en el área ganadera.
- Relacionar las ventajas y diferencias en respuesta al uso de varios pastos para pastoreo, y posibilitar la aplicación de tecnologías de siembra de pastos de corte para mejorar el rendimiento de la finca.
- Evitar el ingreso de datos para variables que puedan ser calculadas internamente por el modelo, a manera de históricos o mediante formulaciones a partir de otros datos.
- El software debe contar con un módulo de Ayuda que le sirva de soporte al Usuario para aclarar los conceptos que requiera en un determinado momento, y así pueda valerse por si mismo.

Requerimientos Funcionales

- Eliminar las variables innecesarias que hacen más complejo el manejo de la aplicación y no son relevantes para los usuarios finales.
- Realizar una diferenciación entre machos y hembras desde el mismo nacimiento. Esto facilitará la autorregulación de descartes, según la actividad de cada sistema de producción.
- Considerar que si la finca tiene un adecuado manejo de historial fenotípico de sus animales, puede utilizar sus propios novillos como toretes y posteriormente como toros para la reproducción, sin que sea estrictamente necesaria la compra de toretes o pajillas.
- Dotar el ciclo de vida de las hembras de variables que definan estados importantes en el animal, como son: Novillas de Reemplazo, Vaca parida, vacas vacías de primer parto y vacas vacías lactantes con problemas para volver a quedar preñadas. Ya que sin éstas no hay claridad en el proceso que siguen las hembras y las posibles decisiones que se puedan tomar con ellas (vender, dar más atención, dar más plazo para la preñez, descartar, pasar a engorde, etc.).
- Manejar el concepto de Novillas de Vientre para una novilla apta para el servicio y no de Vaca Nuevo Vientre porque hasta no haber parido, no es adecuado nombrarla como "Vaca".
- Manejar como unidad de energía las Kilo Calorías por ser las más utilizadas en el sector agropecuario nacional.
- Manejar como unidad de la Capacidad de Carga, la [UGG], utilizada ampliamente por la comunidad agropecuaria.
- Regular de manera automática las compras de animales buscando la lógica en la política aplicada (sólo a los grupos erarios necesario y dependiendo de la población que requiera el tipo de sistema de producción), mediante la verificación de la Capacidad de Carga de la finca y permitiendo los mejores resultados de la simulación para unas condiciones dadas.
- Relacionar además de la energía necesaria para el metabolismo de los animales de la finca, la proteína como responsable directa del aumento de la producción ya sea de carne o de leche.
- Calcular la proteína requerida con las condiciones actuales de la finca, para alcanzar metas de producción de carne y/o leche (según el sistema de producción), y su posterior suplementación.

- Desagregar en lo posible los aspectos relacionados con egresos, especialmente los costos, para facilitar su solicitud al usuario, cálculo, y entendimiento. Este último en el evento en que se quieran comparar varios comportamientos simulados y sus resultados en relación con la variación de parámetros.
- Relacionar los animales iniciales presentes en la finca como un egreso por su compra, de manera que afecten el dinero presente en un momento determinado de la simulación.
- Afectar variables relacionadas con el incremento anual de las tarifas, según la tasa definida por el gobierno nacional, como: precios de la leche, de la carne por grupo etario, costos por mano de obra, entre otros.

Requerimientos No Funcionales

- El aumento en la cantidad de información definida en el Modelo de Datos, así como el aumento en las características del hardware, no deben implicar modificaciones del código fuente de la aplicación.
- El lenguaje de desarrollo debe ser Delphi, para mantener la compatibilidad con el motor del software Evolución, en los proceso de simulación y, con una versión superior al Delphi 5, preferiblemente Delphi 7, para superar la versión en que fue desarrollado SIPROB 1.0, aprovechando las mejoras que implica una versión superior.
- La herramienta utilizada para la elaboración del modelo del sistema debe ser Evolución 3.5, desarrollada por el Grupo SIMON de Investigaciones de la UIS, y el paquete del motor de Evolución debe ser adicionado a los componentes que tiene el entorno Delphi, para poder hacer el enlace entre los dos software en el momento de la simulación.
- El sistema debe tener control al acceso de datos y funciones, para lo cual deben existir claves o contraseñas de seguridad diferenciadas, según el perfil del usuario.
- El producto software SIPROB 2.0 es de uso académico y no puede llegar a ser comercializado.
- El almacenamiento de los datos debe presentar seguridad y confiabilidad en el momento que se acceda a los mismos.
- Al finalizar el proceso de desarrollo, además del producto software debe hacerse entrega del debido Manual de Usuario

ANEXO B. DIAGRAMACIÓN UML

El Lenguaje Unificado de Modelado UML es un lenguaje de modelado gráfico que permite visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software.

UML se puede usar para modelar distintos tipos de sistemas: sistemas de software, sistemas de hardware, y organizaciones del mundo real. UML ofrece trece diagramas con los cuales se pueden modelar sistemas, estos muestran diferentes aspectos de las entidades representadas:

Diagramas de estructura

Enfatizan en los elementos que deben existir en el sistema modelado.

- Diagrama de clases
- Diagrama de componentes
- Diagrama de objetos
- Diagrama de estructura compuesta
- Diagrama de despliegue
- Diagrama de paquetes

Diagramas de comportamiento

Enfatizan en lo que debe suceder en el sistema modelado.

- Diagrama de actividades
- Diagrama de casos de uso
- Diagrama de estados

Diagramas de Interacción

Un subtipo de diagramas de comportamiento, que enfatiza sobre el flujo de control y de datos entre los elementos del sistema modelado:

- Diagrama de secuencia
- Diagrama de comunicación
- Diagrama de tiempos
- Diagrama de vista de interacción

Se elaboraron los diagramas de: Casos de Uso, Secuencia y Actividades, por considerar que son apropiados y suficientes en el modelar del comportamiento y la interacción con el sistema. Con los Diagramas de Casos de Uso, se describen las acciones de un sistema desde el punto de vista de un usuario; con los Diagramas de Secuencia, se modela el paso de mensajes entre los objetos del

sistema involucrados en una acción determinada; y con los Diagramas de Actividades, se muestra presenta una visión simplificada de las operaciones o procesos del sistema.

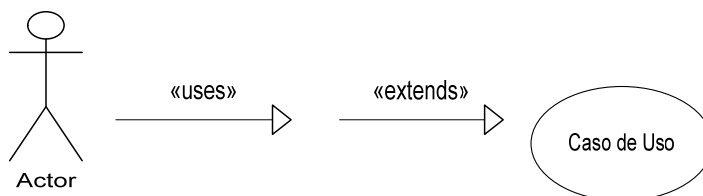
Diagramas de Casos de Uso

El termino casos de uso se refiere al modelado de un sistema desde el punto de vista del usuario, es un conjunto de acciones respecto al uso de un sistema. Cada escenario describe una secuencia de acciones. Cada acción es iniciada por una persona, otro sistema, una parte del hardware o por el paso del tiempo.

A las entidades que inician las acciones se les da el nombre de Actores. El resultado de la secuencia debe ser algo utilizable ya sea por el actor que la inició, o por otro actor.

Es posible volver a utilizar un caso de uso. Una forma, inclusión es utilizar los pasos de un caso de uso como parte de una secuencia de pasos de otro caso de uso, la notación para esta forma es una flecha etiquetada con la palabra <<uses>> o <<include>>. Otra forma extensión es crear un nuevo caso de uso mediante la adicción de pasos a un caso de uso existente cuya notación es una flecha etiquetada con la palabra <<extends>>. Las figuras que se utilizan en un diagrama de casos de uso son las siguientes:

Figura 74. Símbolos utilizados en un Diagrama de Casos de Uso



Para SIPROB 2.0 se identifican los siguientes actores* para los casos de uso:

ADMINISTRADOR: Este actor representa al tipo de usuario administrador de la herramienta, el cual maneja la información reservada de la base de datos. Sólo él tendrá a cargo la creación de usuarios.

NOVATO: También representa a un tipo de usuario, el usuario novato que para este caso será un estudiante o una persona con conocimientos previos de Ganadería, pero no con mucha profundidad.

INTERMEDIO: Este actor representa al tipo de usuario intermedio, que puede ser un técnico o especialista en el tema de la ganadería.

* Se considera como actor a una persona, material o dispositivo que interactúa con el sistema, iniciando, recibiendo o participando en algunas de las acciones de un caso de uso.

AVANZADO: Representa al usuario avanzado, el cual además de tener conocimientos en ganadería, también tiene conocimientos en sistemas dinámicos y puede tener acceso al modelo en evolución.

Los actores presentados anteriormente deben estar registrados en el sistema para poder tener acceso a él, los casos de uso para cada uno de ellos son los siguientes:

Figura 75. Caso de Uso Acceso al Sistema

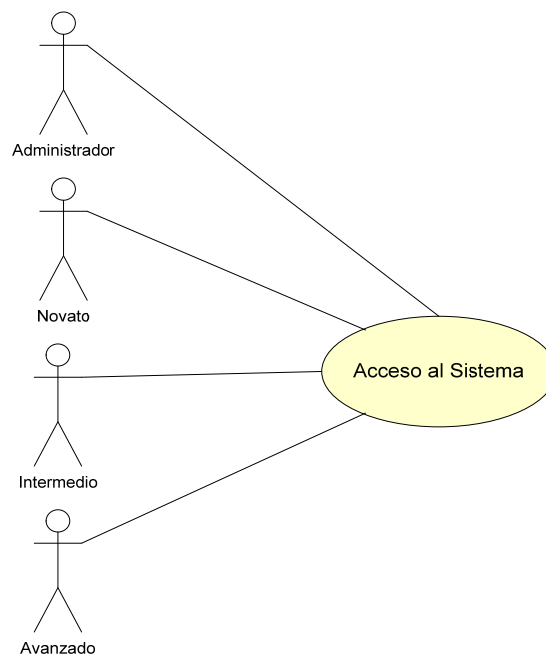


Figura 76. Diagrama de Caso de Uso Administración

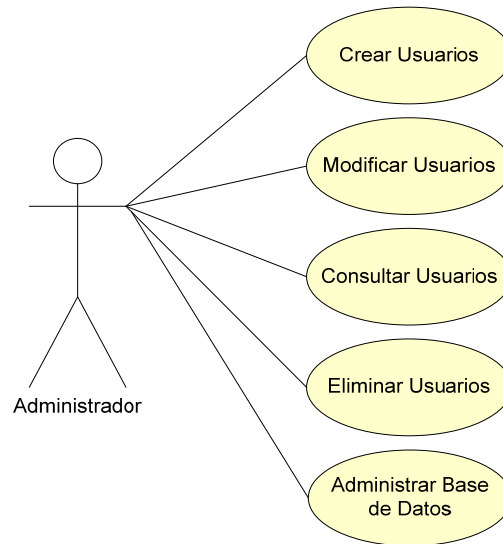


Figura 77. Diagrama de Caso de Uso Crear Finca

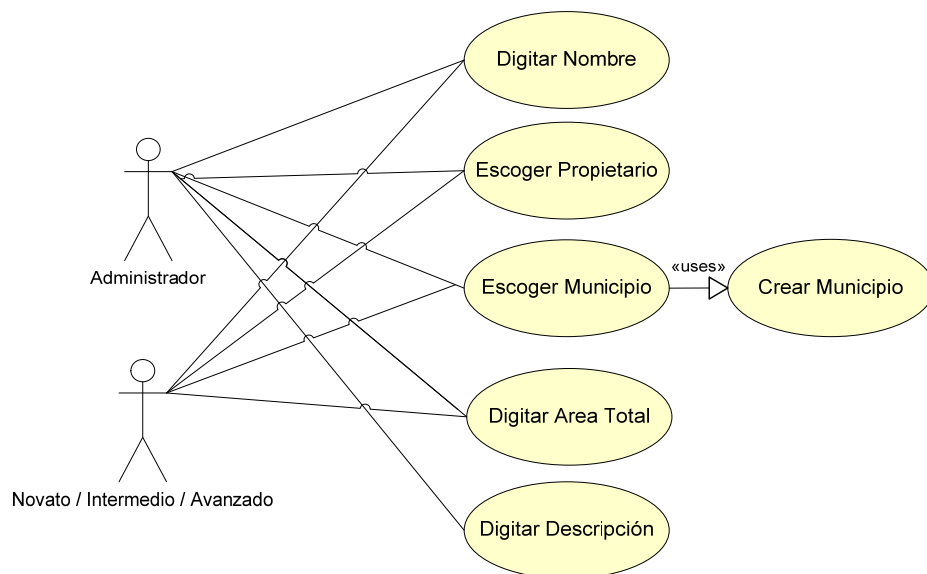


Figura 78. Diagrama de Caso de Uso Crear Municipio

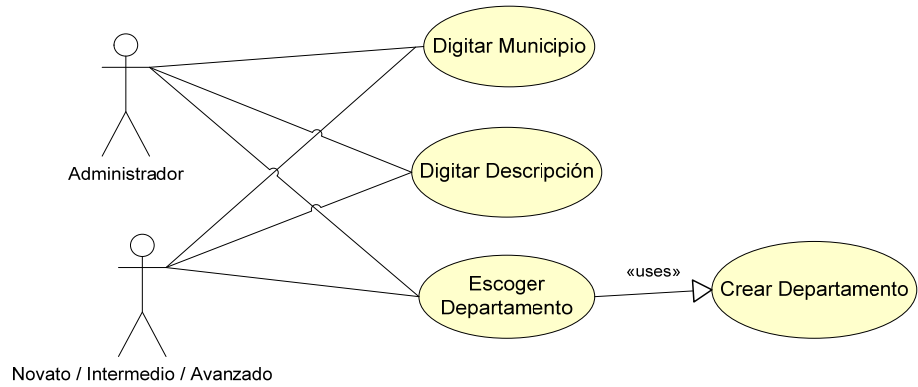


Figura 79. Caso de Uso Crear Departamento

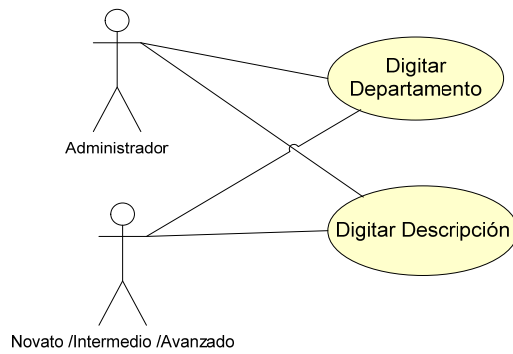


Figura 80. Diagrama de Caso de Uso Abrir Archivo Evolución

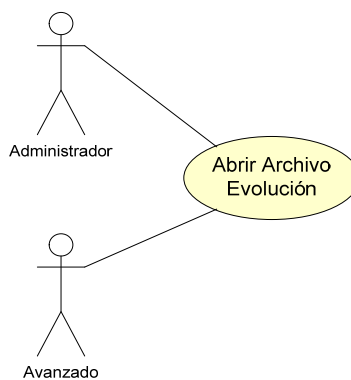
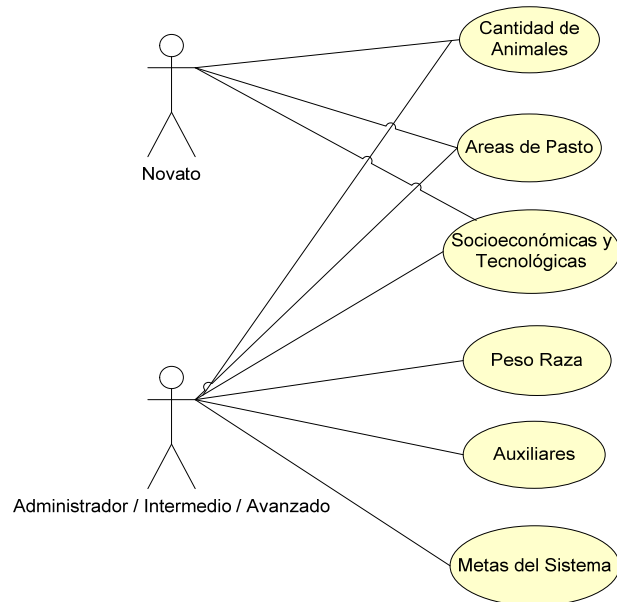


Figura 81. Diagrama de Caso de Uso Modificar Variables



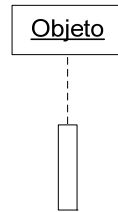
Diagramas de Secuencia

El diagrama de secuencia nos permite modelar la interacción entre los objetos de un sistema a través del tiempo. Para su desarrollo se examina la descripción de un caso de uso para determinar qué objetos son necesarios para la implementación del mismo, como el caso de uso es una secuencia de pasos, entonces el diagrama de secuencias nos describe gráficamente lo que sucede a través del tiempo para realizar los pasos respectivos.

El diagrama de secuencia consta de: objetos que están representados por un rectángulo, que lleva en su interior el nombre del objeto subrayado, mensajes caracterizados por flechas discontinuas y el tiempo simbolizado como una barra vertical.

Los objetos se ubican en la parte superior del diagrama de izquierda a derecha, para representar el tiempo de vida (línea de vida) del objeto se utiliza una línea discontinua vertical situada debajo del objeto y junto con ella se encuentra un rectángulo que indica la ejecución de una operación que realiza el objeto (activación).

Figura 82. Objeto son su respectiva línea de vida y su activación



Los mensajes son enviados entre objetos entre sus líneas de vida, estos pueden ser simples, sincrónicos o asincrónicos. Un mensaje es simple cuando solo transfiere el control de un objeto a otro y se representa con una punta de flecha con dos líneas; es sincrónico cuando se tiene que esperar la respuesta de dicho mensaje antes de continuar y se simboliza con una flecha rellena; y es asincrónico cuando no se espera la respuesta antes de continuar y su símbolo es una flecha con una sola línea.

Figura 83. Símbolos para los mensajes en un diagrama de secuencias

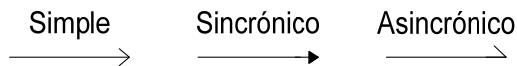
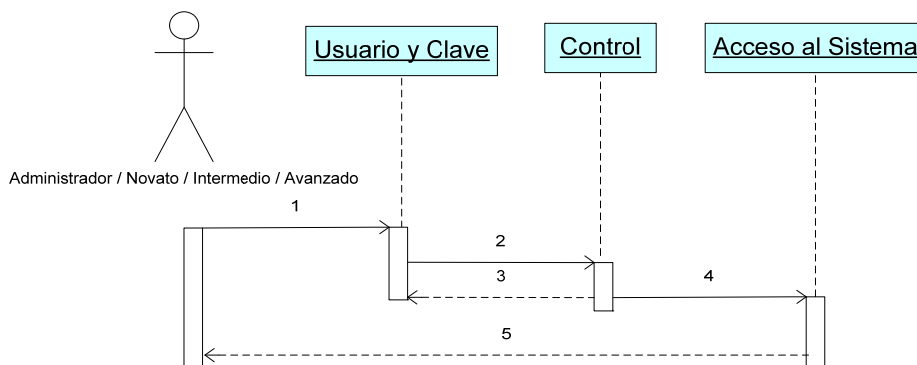


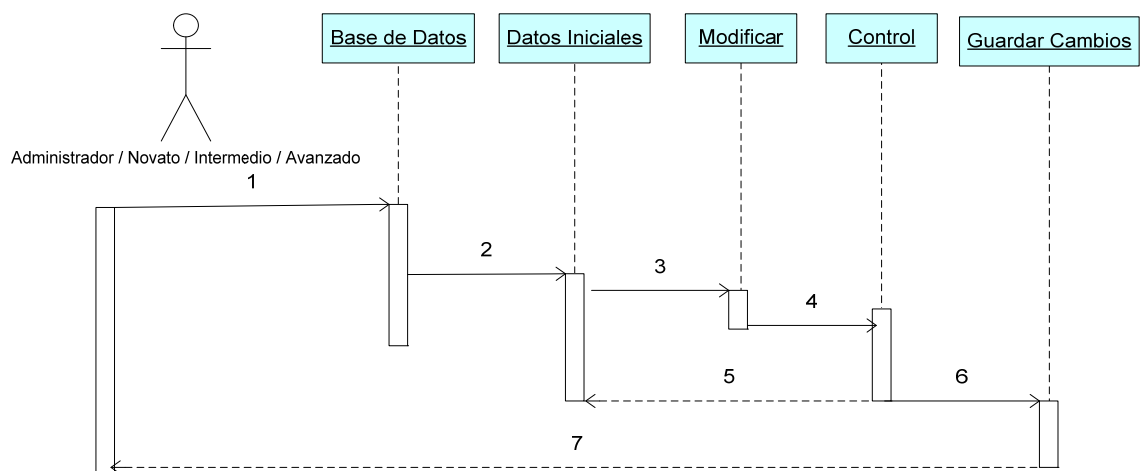
Figura 84. Diagrama de Secuencias Acceso al Sistema



1. Se ingresan los datos los datos de usuario y clave en el formulario correspondiente para el acceso al sistema.
2. Se verifican los datos en el proceso de control, si estos no coinciden o tienen errores se retorna al paso 1, sino se continua con el paso 3.

3. Si se encuentran errores en el ingreso de los datos se retorna al formulario para que sean corregidos.
4. Si los datos son correctos se permite el acceso al sistema.
5. El usuario puede empezar a trabajar.

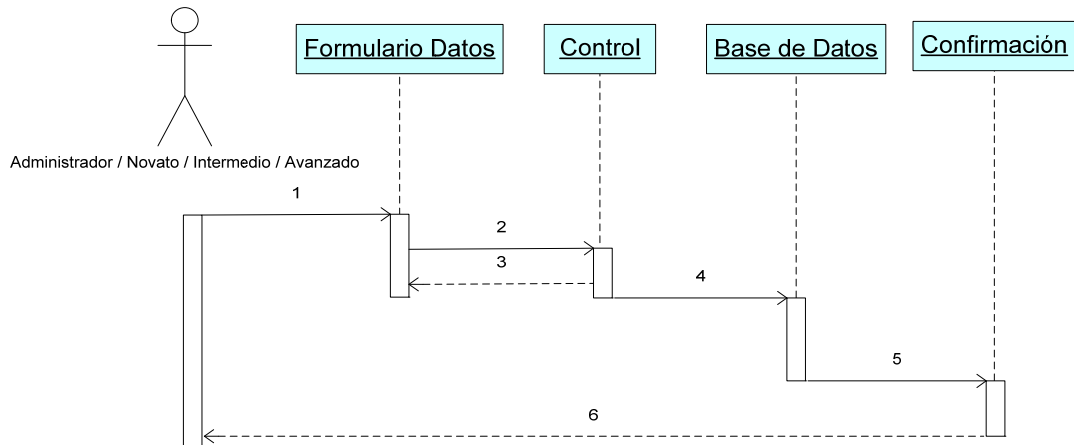
Figura 85. Diagrama de Secuencia Modificación de Datos Iniciales



1. Se extraen los valores iniciales que se encuentran por defecto en la base datos, para que sean mostrados en el formulario correspondiente, ya sean variables Demográficas, Biofísicas o Socio Tecnológicas.
2. Se muestran los datos que pueden ser modificados por el usuario respectivo para que este los pueda modificar.
3. Luego del usuario modificar los datos, se guardan en una variable temporal para realizar su respectivo control y así no tener problemas al simular.
4. Se los cambios realizados por el usuario no se encuentran entre los valores correspondientes, se sigue al paso 5, si los valores son correctos se continua al paso 6.
5. Se le informa al usuario que los valores no son correctos y se espera a que sean modificados.
6. Los cambios pueden ser guardados en un archivo plano para luego ser utilizados en una simulación.
7. El usuario puede utilizar el archivo plano guardado o puede empezar a hacer su simulación.

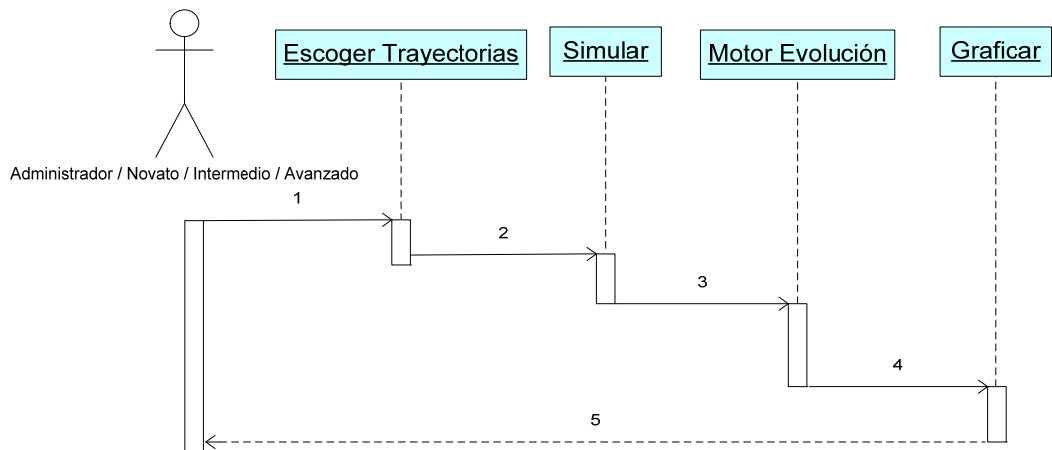
La simulación puede realizarse sin guardar los cambios en el archivo plano, simplemente se guardan en las variables temporales que serán las que envíen la información al motor de evolución.

Figura 86. Diagrama de Secuencia Modificar la Base de Datos



1. Se ingresan los datos en el formulario correspondiente dependiendo de lo que se quiera realizar.
2. Se verifican los datos en el proceso de control, si se encuentran errores se retorna al paso 3, sino se continua con el paso 4.
3. Si se encuentran errores en el ingreso de los datos se retorna al formulario para que sean corregidos.
4. Se actualiza la base de datos con los nuevos datos.
5. Se muestran un cuadro de confirmación para informar que la base de datos ha sido actualizada y/o modificada.
6. El usuario puede empezar a utilizar los nuevos datos ingresados a la base de datos.

Figura 87. Diagrama de Secuencias Simular

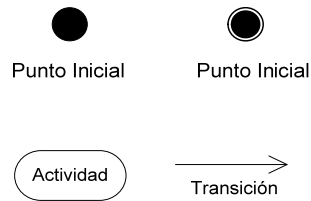


1. Se escogen las variables que se quieren simular.
2. Se pasa a la ventana simular para desde allí al dar clic en el botón simular llamar el motor de evolución.
3. El motor de evolución hace la simulación de las variables simuladas y elabora las respectivas graficas.
4. Se muestra al usuario las graficas obtenidas para que él las analice.
5. El usuario puede observar las graficas y si lo desea generar reportes sobre la simulación.

Diagrama de Actividades

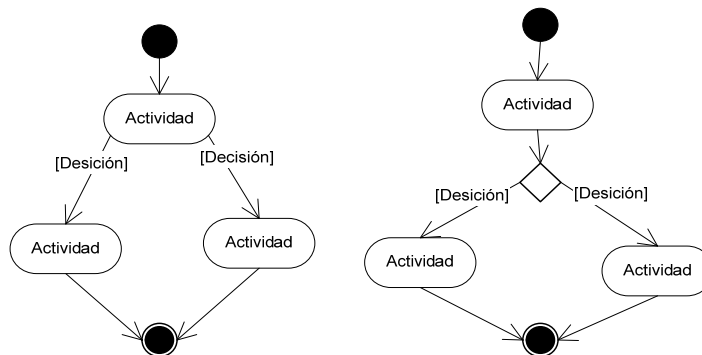
El Diagrama de Actividades es similar a un diagrama de flujo, pero en este caso se pueden mostrar los procesos en paralelo; se muestra los pasos, los puntos de decisión y las bifurcaciones de una operación o proceso, y se pueden usar para modelar el comportamiento de un sistema. Los diagramas de Actividades cuentan con un punto inicial representado por un círculo relleno y uno final representado por una diana. Las actividades están representadas como un rectángulo con los extremos redondeados, el cual contiene una descripción de la misma. Las transacciones entre actividades se muestran como flechas.

Figura 88. Simbología del Diagrama de Actividades



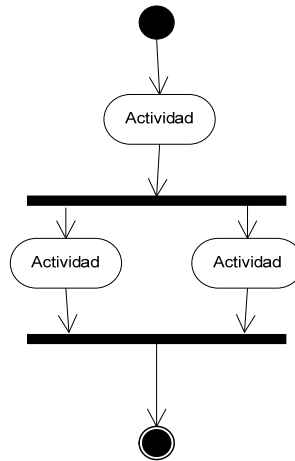
Los puntos de decisión se pueden representar de 2 formas: mediante transiciones etiquetadas que muestran las rutas posibles o utilizando un rombo que tiene salidas etiquetadas. Estas etiquetas van entre corchetes angulares.

Figura 89. Representación de Puntos de decisión en un Diagrama de Actividades



Una división y una reincorporación son mostradas con flechas que entran o salen de una barra gruesa respectivamente como se muestra:

Figura 90. Representación de una división y reincorporación



Si dentro de una secuencia de actividades se envían indicaciones que provocaran la ejecución de una actividad, estas serán representadas por un pentágono convexo y el que recibe será mostrado como un pentágono cóncavo.

Figura 91. Indicaciones de Actividad

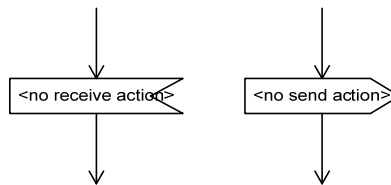
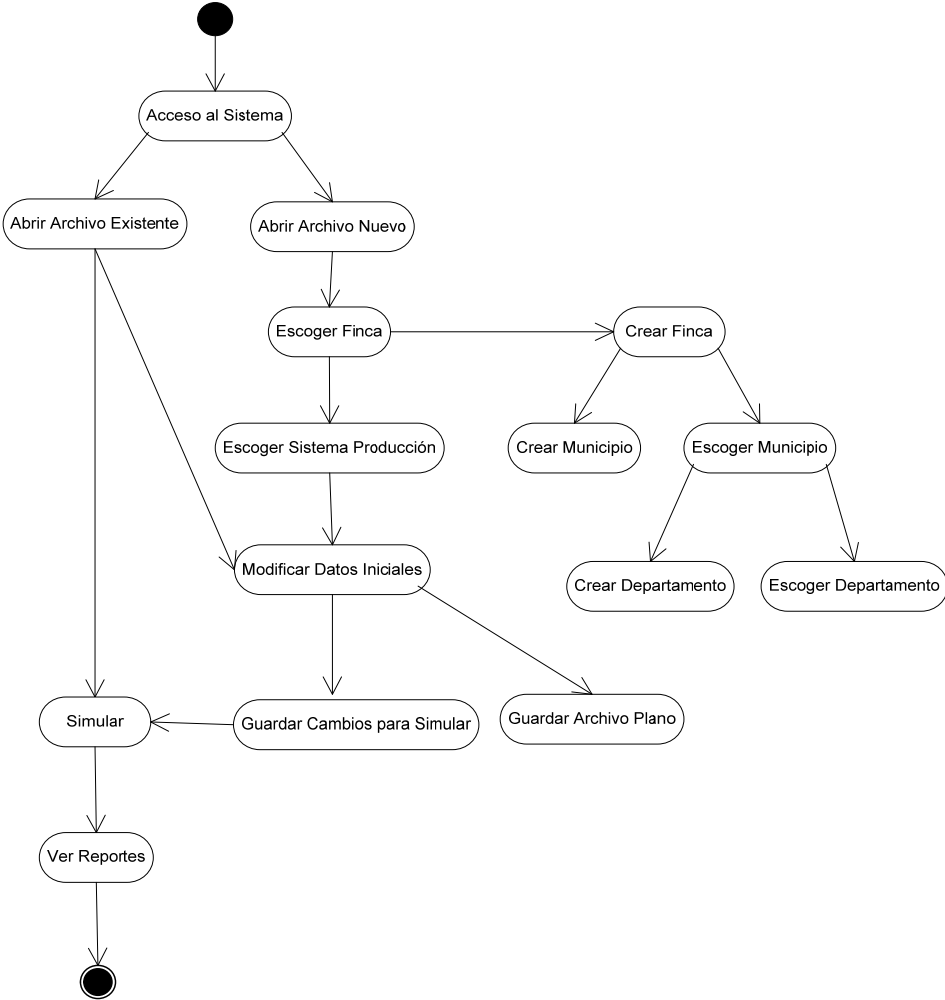
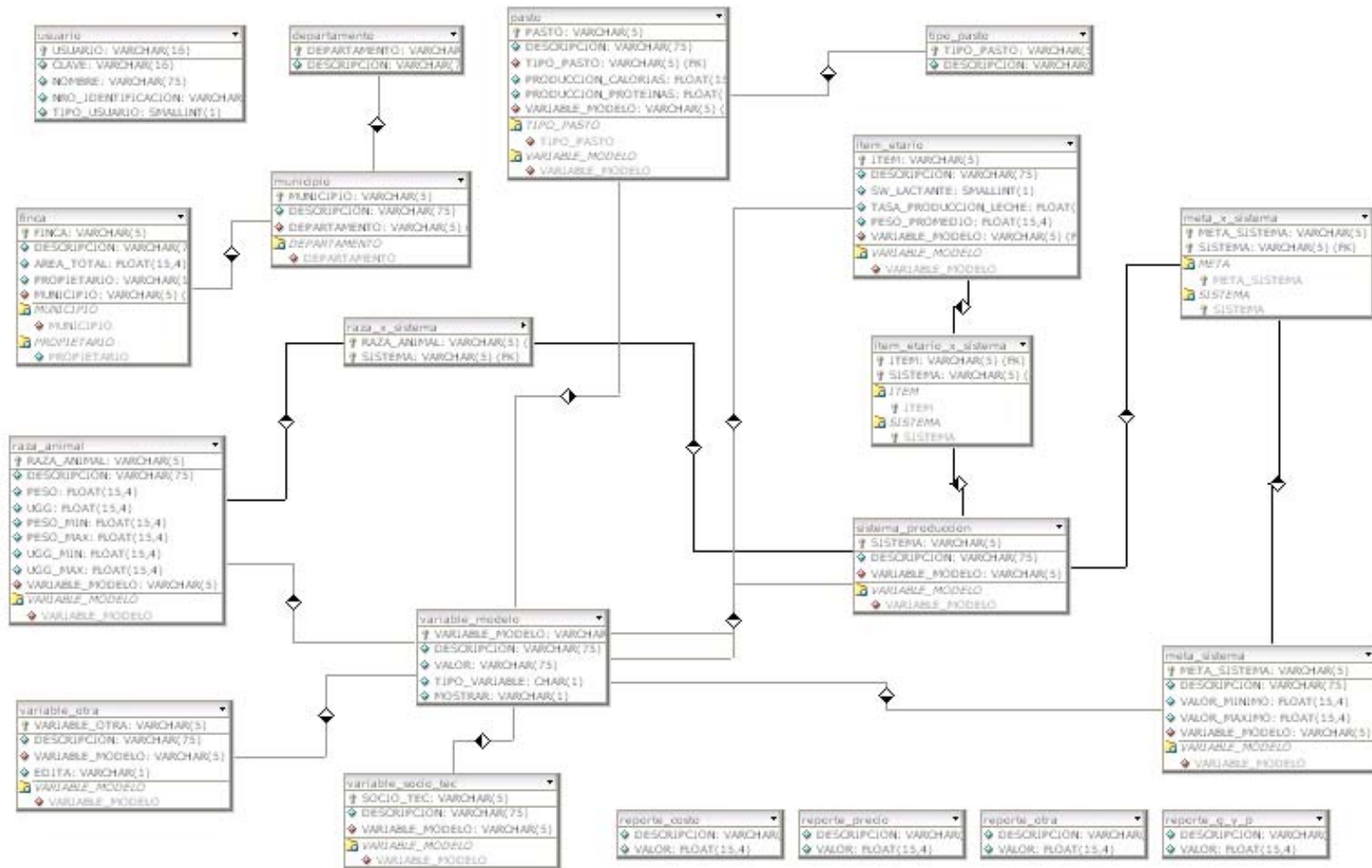


Figura 92. Diagrama de Actividades para SIPROB 2.0



ANEXO C. MODELO ENTIDAD-RELACIÓN



**ANEXO D.
DISEÑO DE PRUEBAS DE USUARIO
HERRAMIENTA SOFTWARE
SIPROB 2.0**

Objetivos

- Detectar inconvenientes y/o fallos durante la explotación de la aplicación software SIPROB 2.0, por errores de programación o falta de claridad en la secuencia correcta para obtener los resultados de simulación. Dichos inconvenientes y/o fallos serán apreciados y medidos usando la observación y las encuestas realizadas a los posibles usuarios del software durante la prueba.
- Evaluar la posibilidad del software para facilitar los procesos de aprendizaje y la toma de decisiones a los usuarios del sector agropecuario, mediante la simulación de diversas situaciones.

Metodología

La prueba de la herramienta SIPROB 2.0 se efectúa con la supervisión del experto en Agropecuaria y codirector del presente proyecto, Carlos Aníbal Vásquez, y con la colaboración de un grupo de estudiantes de Gestión Agropecuaria del Instituto de Educación a Distancia de la UIS.

Está planeada para una sola sesión de clase, de manera individual y con equipos para cada usuario.

La evaluación de la herramienta se realiza mediante la tabulación de los resultados de los formatos de evaluación diseñados para el caso. Estos formatos, que aparecen al final del documento, contienen preguntas abiertas (percepción cualitativa), y preguntas de valoración en porcentajes de aceptación (percepción cuantitativa), relacionadas con aspectos de aceptación del funcionamiento del software y de utilidad para el área de aplicación. Los resultados de las valoraciones porcentuales son los tabulados para representarlos en una tabla de frecuencia.

Actividades

Se inicia con una presentación del software y con una explicación de la manera como el modelo de SIPROB 2.0 representa la dinámica de los Sistemas Productivos De Ganadería Bovina. Para esto se presentaran las variables y los factores considerados en el modelo, en un diagrama de influencias. Se pretende familiarizar a los usuarios que no han tenido contacto con un software de simulación y facilitar la comprensión del funcionamiento del software.

Luego se permite que cada usuario explore libremente la herramienta. Se les pide que a medida que interactúan con el software y encuentren alguna dificultad, llenen el Formato de Identificación de Mejoras por Exploración (N°1).

A continuación se realiza una actividad con la colaboración del experto. Se busca evaluar el funcionamiento del software, para lo que se introducen datos de entrada recolectados por el experto mediante visitas a diferentes hatos ganaderos de distintos sectores de la región. Se observa el comportamiento con condiciones reales y se comparan con los resultados esperados.

Finalizada la anterior actividad se pide nuevamente a los usuarios que llenen un Formato, el Formato de Comprensión y Operación del Software (N°2). Mediante un listado de preguntas se evalúa la facilidad de interacción con el software y el aporte del mismo en la formación de los estudiantes del área de aplicación. A partir de estos formatos de evaluación se realizó una tabulación de los resultados y se sacaron conclusiones al respecto.

| FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE SIPROB 2.0 | |
|---|-----------------------|
| Identificación de Mejoras por Exploración (N°1) | |
| Institución: | |
| Ciudad: | |
| Nombre: | |
| Fecha: | |
| Problema de Computación | Propuesta de Solución |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Problema de Computación:

Puede ser una inconsistencia, un fallo, o un resultado errado ante una acción solicitada por el usuario

Propuesta de Solución:

Lo que el usuario espera ante una solicitud que le hizo al software, si es posible, puede escribirse una alternativa de solución ante una inconsistencia.

| |
|---|
| <p>Teniendo en cuenta que el software puesto a consideración tiene fines académicos y educativos, es importante conocer sus bondades o deficiencias en el aporte al proceso de aprendizaje. En las siguientes preguntas, subraye los aspectos que fomenta el software:</p> |
| <p>Exigencias de aprendizaje: El software exige al estudiante acciones y habilidades para: memorizar información, construir conceptos, seguir instrucciones, construir secuencias de aprendizaje propias, hacer preguntas, construir respuestas originales, relacionar lo aprendido con otros conocimientos, colaborar con compañeros.</p> |
| <p>Permite el trabajo: individual, cooperativo</p> |
| <p>El software puede ser utilizado para: Entrenar - Aprender - Informar - Motivar - Explorar - Experimentar - Expresarse Comunicarse - Entretener - Evaluar - Procesar Datos – Simular diversos fenómenos</p> |
| <p>Quien ejerce el control de la secuencia de aprendizaje es: el computador o el estudiante</p> |
| <p>Posee discriminaciones de: sexo, clase social, raza, religión, creencias, ninguna.</p> |
| <p>Presenta mensajes negativos no aceptables desde el punto de vista: moral, ético social ambiental cultural otro _____, Ninguno</p> |

Observaciones:

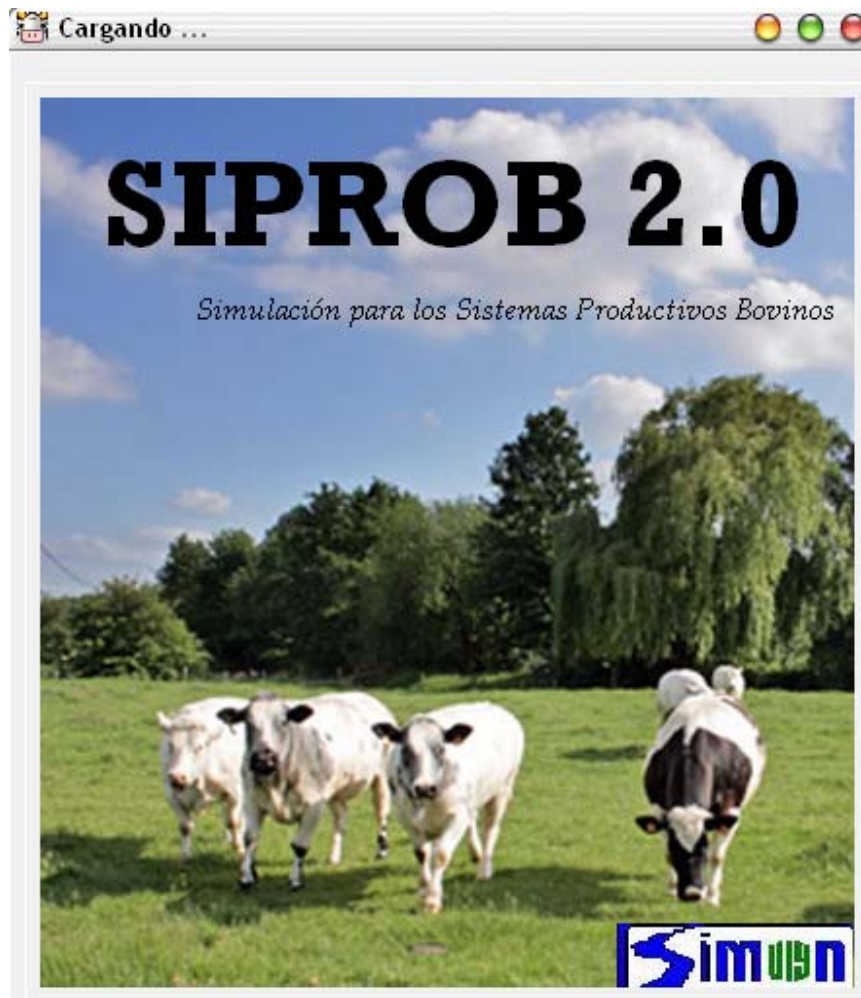
ANEXO E. MANUAL DE USUARIO

INTERFAZ SIPROB 2.0

1. Presentación

Formulario que se presenta al cargar el programa.

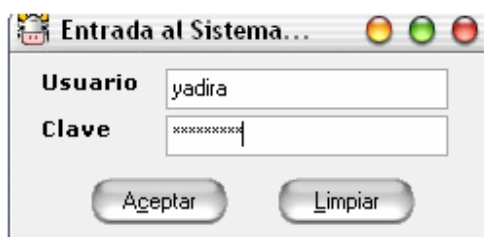
Figura 93. Formulario Presentación



2. Acceso al Sistema

En este formulario se valida que el usuario ingresado se encuentre en la Base de Datos y que sus datos coincidan con los que están en la misma.

Figura 94. Formulario de Ingreso al Sistema

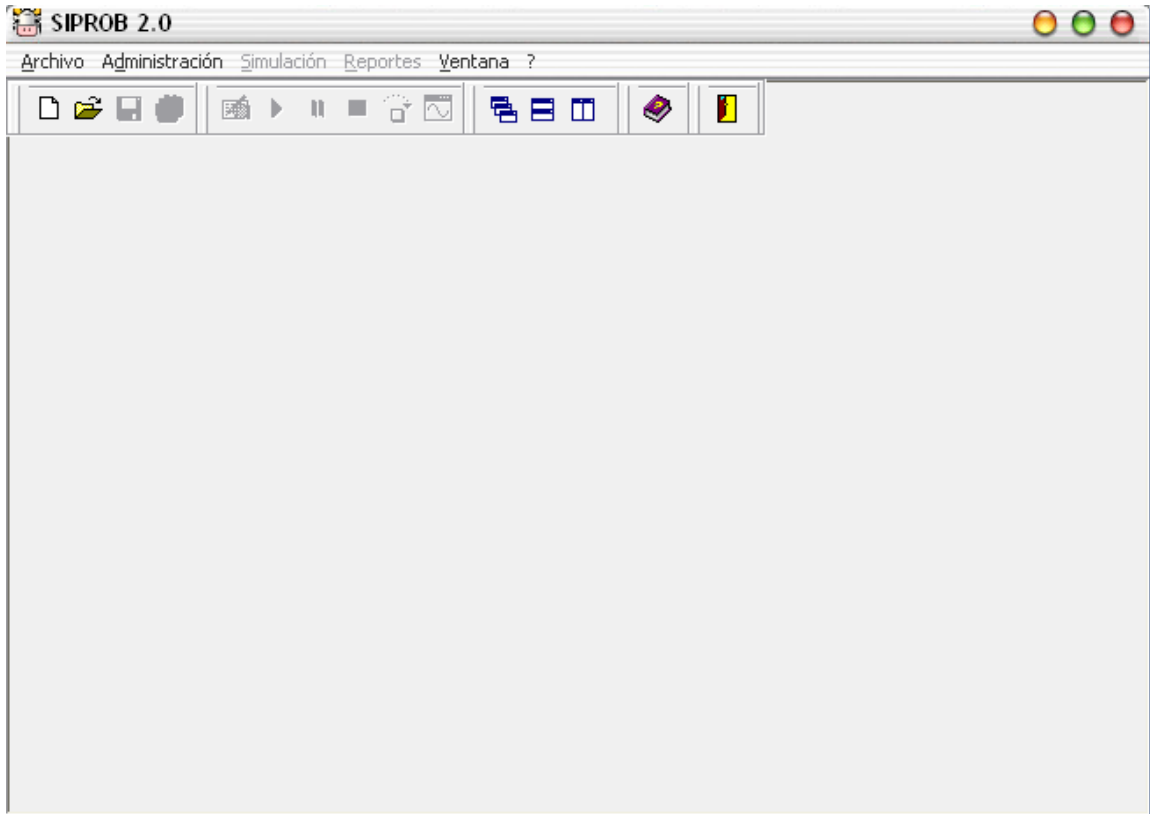


The image shows a standard Windows-style dialog box titled "Entrada al Sistema...". It contains two text input fields. The first field is labeled "Usuario" and contains the text "yadira". The second field is labeled "Clave" and contains a series of "x" characters, indicating a masked password. Below the input fields are two buttons: "Aceptar" (Accept) and "Limpiar" (Clear). The dialog box has a title bar with standard minimize, maximize, and close buttons.

3. Formulario Principal

Es el Formulario donde se encuentran las principales funciones que permiten realizar las distintas actividades en SIPROB 2.0, se encuentra dividido en menús y submenús de acuerdo a su funcionalidad.

Figura 95. Formulario Principal



3.1 Menú Administración

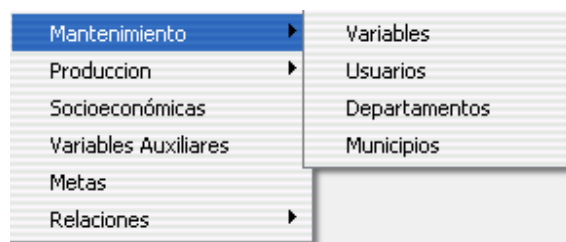
En este menú el administrador del sistema (usuario = root) puede hacer las actualizaciones correspondientes a la base de datos, ya sea crear nuevos registros o modificar los existentes, como también puede apreciar los datos de todas las tablas en la base de datos, ya que en cada formulario se encuentra un buscador. Para los demás usuarios del sistema este menú no se muestra.

Figura 96. Menú de Administración



3.1.1 Submenú Mantenimiento

Figura 97. Submenú de Mantenimiento



Se pueden actualizar las variables de mayor importancia para el funcionamiento del software: variables del modelo, usuarios, departamentos y municipios.

- Variables del Modelo

Se actualizan o se crean los registros correspondientes a variable modelo: código de la variable, descripción, nombre de la variable en el modelo, tipo de variable (Demográfica, Biofísica o Socioeconómica) y si se permite graficar o no. (Si no se grafican es porque son variables que se usaron para hacer cálculos internos).

Figura 98. Formulario de Actualización de Variable Modelo para el Administrador

The screenshot shows a window titled "Variables del Modelo". At the top, there are search fields for "Variable" and "Descripción", and a "Buscar" button with a green checkmark. Below this is a table with the following data:

| Variable | Descripción | Valor | Tipo Variable | Mostrar |
|----------|--------------------------|----------------|---------------|---------|
| 1 | WVL pasan a VPL | AS_VPL | d | S |
| 10 | NV_1 pasan NV_2 | A_NV_2 | d | S |
| 100 | Costo Tractor Existentes | Cos_Tractor_Ex | s | N |
| 1000 | Salida WVLP_4 | Sal_WVLP[4] | d | N |
| 1001 | Salida WVLP_5 | Sal_WVLP[5] | d | N |
| 1002 | Salida WVLP_6 | Sal_WVLP[6] | d | N |
| 1003 | Salida WVLP_7 | Sal_WVLP[7] | d | N |

Below the table is a detailed form for updating the selected variable (1000). The fields are:

- Variable: 1000
- Descripción: Salida WVLP_4
- Valor: Sal_WVLP[4]
- Tipo: Demográfica (dropdown menu)
- Mostrar: Si No

At the bottom of the form are three buttons: "Eliminar" (with a red X), "Actualizar" (with a green checkmark), and "Limpiar" (with a green checkmark).

- Usuarios

Modulo donde se crean o se actualizan los usuarios que tendrán acceso al sistema. Los datos que se deben ingresar son los siguientes: usuario, clave de acceso, nombre, identificación y tipo de usuario (Administrador, Básico, Medio y Avanzado)

Figura 99. Formulario de Actualización de Usuarios para el Administrador

The screenshot shows a window titled 'Usuarios'. At the top, there are search fields for 'Usuario' and 'Nombre', and a 'Buscar' button with a green checkmark. Below this is a table with the following data:

| Usuario | Clave | Nombre | Nro Identificación | Tipo Usuario |
|------------|---------|----------------------------|--------------------|---------------|
| estudiante | xxxxxxx | Estudiante Agropecuaria | 123456 | Medio |
| Juan | xxxxxxx | Juan Sebastian Mateus Ruiz | 5771388 | Medio |
| root | xxxxxxx | Administrador | 123 | Administrador |
| Ruby | xxxxxxx | Rubiela Silva Olivares | 63362661 | Avanzado |

Below the table is a form for updating a user. The fields are filled with the data for the user 'Juan':

Usuario: Juan Clave: xxxxx
Nombre: Juan Sebastian Mateus Ruiz
Identificación: 5771388 Tipo Usuario: Medio (dropdown menu)

At the bottom of the form are three buttons: 'Eliminar' (with a red X), 'Actualizar' (with a green checkmark), and 'Limpiar' (with a green checkmark).

- Departamentos

Se pueden crear los departamentos necesarios para luego enlazarlos con sus municipios, los datos requeridos son: código del departamento y nombre del mismo.

Figura 100. Formulario de Actualización de Departamentos

The screenshot shows a window titled "Departamentos" with a search bar and a table of departments. Below the table is a section for creating or modifying a department.

Buscar Departamento por: Nombre

| Código | Nombre |
|--------|--------------|
| 01 | Santander |
| 02 | Bolivar |
| 03 | Cundinamarca |
| 04 | Magdalena |

CREAR O MODIFICAR DEPARTAMENTO

Código Departamento

Nombre Departamento

- Municipio

Permite crear los municipios con los cuales se van a trabajar y se solicita el código del municipio, nombre del mismo y departamento al cual pertenece.

Figura 101. Formulario de Actualización de Municipios

The screenshot shows a window titled "Municipios" with a search bar and a table of municipalities. Below the table is a form for creating or modifying a municipality.

Buscar Municipio por: Nombre

| Código | Nombre | Departamento |
|--------|------------------|--------------|
| 01 | Bucaramanga | Santander |
| 02 | Barrancabermeja | Santander |
| 03 | Sabana de Torres | Santander |
| 04 | Puerto Wilches | Santander |

CREAR O MODIFICAR MUNICIPIO

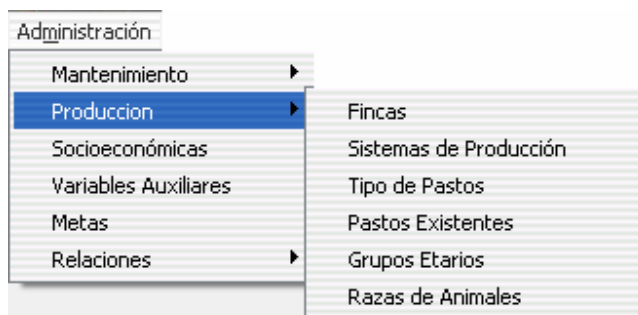
Codigo Municipio

Nombre

Departamento

3.1.2 Submenú Producción. En el se realizan las actualizaciones de las variables que hacen referencia a la producción del sistema: fincas, sistema de producción, tipos de pasto, pastos existentes, grupos etarios y razas de animales.

Figura 102. Submenú Producción



- Fincas

Permite crear las fincas, con los siguientes datos: código de la finca, nombre, área en total en Mt², propietario y municipio.

Figura 103. Formulario de Actualización de Fincas

The screenshot shows a window titled 'Fincas' with a search bar and a table of land records. Below the table is a form for creating or modifying a land record.

Buscar Fincas por: Nombre

| Código | Nombre | Area Total[Mt2] | Propietario | Municipio |
|--------|--------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | El Rosal | 78900.0000 | Rubiela Silva Olivares | Betulia |
| 2 | La Esmeralda | 568000.0000 | Fanny Yadira Ruiz | Puerto Wilches |
| 3 | La Española | 556000.0000 | Rubiela Silva Olivares | Barrancabermeja |
| 4 | El Arroyo | 458000.0000 | Maria Paula Mateus Ruiz | Puerto Wilches |

CREAR O MODIFICAR FINCA

Código Finca

Nombre

Area Total Metros Cuadrados

Propietario

Municipio

- Sistemas de Producción

Contiene la información que hace referencia a los sistemas que se van a simular y lleva los siguientes campos: código del sistema, nombre o descripción, y la descripción para enlazarlo con variable modelo.

Figura 104. Formulario de Actualización de Sistemas de Producción para el Administrador

The screenshot shows a window titled "Sistemas de Producción" with a search bar at the top containing "Sistema" and "Descripción" fields, and a "Buscar" button. Below is a table with the following data:

| Sistema | Descripción | Variable |
|---------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Cría | Sistema de Producción |
| 2 | Leche | Sistema de Producción |
| 3 | Doble Proposito | Sistema de Producción |
| 4 | Ceba | Sistema de Producción |

Below the table is a form for updating the selected system (System 3). The form contains:

- Sistema: 3
- Descripción: Doble Proposito
- Variable: Sistema de Producción

At the bottom of the form are three buttons: "Eliminar" (with a red X icon), "Actualizar" (with a green checkmark icon), and "Limpiar" (with a green checkmark icon).

- Tipos de Pasto

Se encuentran relacionados los tipos de pasto que pueden existir: contiene los siguientes datos: tipo de pasto y descripción.

Figura 105. Formulario de Actualización de los Tipos de Pasto para el Administrador

| Tipo Pasto | Descripción |
|------------|-------------------|
| TP1 | Pasto de Pastoreo |
| TP2 | Pasto de Corte |

Tipo Pasto: Descripción:

- Pastos Existentes

Hace referencia a los pastos que pueden existir en la finca, contiene los campos de: pasto, descripción, tipo de pasto, producción de calorías, producción de proteínas y descripción para enlazarla con variable modelo.

Figura 106. Formulario de Actualización de Pastos para el Administrador

The screenshot shows a software window titled 'Pastos'. At the top, there are search fields for 'Pasto' and 'Descripción', and a 'Buscar' button. Below is a table with the following data:

| Pasto | Descripción | Tipo Pasto | P. Calorias | P. Proteinas | Variable |
|-------|-------------|----------------|-------------|--------------|-----------------|
| PasC1 | King Grass | Pasto de Corte | 440.0000 | 442.0000 | Area King Grass |
| PasC2 | Morado | Pasto de Corte | 918.0000 | 930.0000 | Area Morado |
| PasC3 | Maralfalfa | Pasto de Corte | 919.0000 | 931.0000 | Area Maralfalfa |
| PasC4 | Taiwan | Pasto de Corte | 920.0000 | 932.0000 | Area Taiwan |
| PasC5 | Guatemala | Pasto de Corte | 921.0000 | 933.0000 | Area Guatemala |
| PasC6 | Elefante | Pasto de Corte | 922.0000 | 934.0000 | Area Elefante |
| PasC7 | Imperial | Pasto de Corte | 923.0000 | 935.0000 | Area Imperial |

Below the table is a detailed form for updating 'PasC4':

- Pasto: PasC4
- Descripcion: Taiwan
- Tipo Pasto: Pasto de Corte (dropdown)
- P. Calorias: 920.0000
- P. Proteinas: 932.0000
- Variable: Area Taiwan (dropdown)

At the bottom of the form are three buttons: 'Eliminar' (with a red X), 'Actualizar' (with a green checkmark), and 'Limpiar' (with a green checkmark).

- Grupos Etarios

En este formulario se guardan todos los grupos etarios que componen la finca con sus respectivos datos: código etario, descripción, si es lactante o no, las UGG promedio, el peso promedio y la descripción de la variable para enlazarla con variable modelo.

Figura 107. Formulario de Actualización de Grupos Etarios para el Administrador

The screenshot shows a window titled 'Etarios' with a search bar at the top containing 'Etario' and 'Descripción' fields, and a 'Buscar' button. Below is a table with the following data:

| Etario | Descripción | Lactante | UGG Prom | Peso Prom | Variable |
|--------|--|----------|----------|-----------|------------------|
| 01 | Terneros 1 0-3 meses (TRD_1) | No | 0.0900 | 45.0000 | TRD_1 Iniciales |
| 02 | Terneros 2 3-6 meses (TRD_2) | No | 0.1500 | 71.0000 | TRD_2 Iniciales |
| 03 | Terneros 3 6-9 meses (TRD_3) | No | 0.3000 | 107.0000 | TRD_3 Iniciales |
| 04 | Terneras 1 0-3 meses (TRA_1) | No | 0.0900 | 45.0000 | TRA_1 Iniciales |
| 05 | Terneras 2 3-6 meses (TRA_2) | No | 0.1500 | 71.0000 | TRA_2 Iniciales |
| 06 | Terneras 3 6-9 meses (TRA_3) | No | 0.3000 | 107.0000 | TRA_3 Iniciales |
| 07 | Levantes Machos 1 9-12 meses (LEVO_1) | No | 0.4000 | 150.0000 | LEVO_1 Iniciales |
| 08 | Levantes Machos 2 12-15 meses (LEVO_2) | No | 0.4500 | 180.0000 | LEVO_2 Iniciales |
| 09 | Levantes Machos 3 15-18 meses (LEVO_3) | No | 0.5000 | 200.0000 | LEVO_3 Iniciales |

Below the table is a form for editing entry 07. The fields are:

- Etario: 07
- Descripción: Levantes Machos 1 9-12 meses (LEVO_1)
- Lactante: No
- Prod. Leche: 0.4000
- Peso Prom: 150.0000
- Variable: LEVO_1 Iniciales

At the bottom of the form are three buttons: 'Eliminar' (with a red X), 'Actualizar' (with a green checkmark), and 'Limpiar' (with a green checkmark).

- Raza de Animales

En este formulario se muestran las razas de los animales que pueden estar presentes en la finca con sus respectivos códigos, descripción, peso de una UGG, peso mínimo, peso máximo, UGG mínima y UGG máxima.

Figura 108. Formulario de Actualización de Razas para el Administrador

The screenshot shows a software window titled "Raza de Animales". At the top, there are search fields for "Raza" and "Descripción" with a "Buscar" button. Below is a table listing various breeds. The row for "Lucerna" (ID 5) is selected. Below the table is a detailed form for editing this breed, including fields for "Raza", "Descripción", "Peso", "UGG", "Peso Mín", "Peso Máx", "UGG Mín", "UGG Máx", and "Variable". At the bottom of the form are three buttons: "Eliminar", "Actualizar", and "Limpiar".

| Raza | Descripción | Peso | Ugg | Peso Mín | Peso Máx | Ugg Mín | Ugg Máx | Variable |
|------|---------------------|---------|--------|----------|----------|---------|---------|-------------------------------------|
| 1 | Blanco Oreginegro | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 10 | Jersey | 430.000 | 1.0000 | 420.000 | 640.000 | 0.8400 | 1.1500 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 11 | Otra Raza | 200.000 | 1.0000 | 200.000 | 800.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 2 | Ángus | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 3 | Normando | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 4 | Cebú | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 5 | Lucerna | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 6 | Chino Santandereano | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 7 | Romosinuano | 480.000 | 1.0000 | 380.000 | 580.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 8 | Pardo Suizo | 640.000 | 1.0000 | 520.000 | 760.000 | 0.7900 | 1.2000 | Raza de Ganado presente en la finca |
| 9 | Holstein | 680.000 | 1.0000 | 540.000 | 740.000 | 0.8400 | 1.1500 | Raza de Ganado presente en la finca |

Formulario de edición para la raza seleccionada (Lucerna):

Raza: 5
 Descripción: Lucerna
 Peso: 480.0000 UGG: 1.0000
 Peso Mín: 380.0000 Peso Máx: 580.0000
 UGG Mín: 0.7900 UGG Máx: 1.2000
 Variable: Raza de Ganado presente en la finca

Botones:

3.1.3 Submenú Socioeconómicas. En este submenú se pueden ver, crear o modificar las variables socioeconómicas del sistema y los campos son: código de la variable, descripción y descripción de la variable para enlazarla con variable modelo.

Figura 109. Formulario de Actualización de Variables Socioeconómicas para el Administrador

| Socio Téc. | Descripción | Variable |
|------------|--|-------------------------------|
| 103 | Vermifugar un animal por año | Costo Vermifugar Animal/Año |
| 104 | Kilogramo de Proteína | Costo Promedio 1 Kg Proteina |
| 106 | Baño de un animal por año | Costo Bañar Animal/Año |
| 1089 | Mano Obra Control Plaga de un m2/año Pasto Corte | Costo MD Control Plagas Corte |
| 1090 | Mano Obra Desyerbar un m2/año Pasto Corte | Costo MD Desyerbar Corte |
| 1091 | Mano Obra Encalar un m2/año Pasto Corte | Costo MD Encalar Corte |
| 1092 | Mano Obra Abonar un m2/año Pasto Corte | Costo MD Abonar Corte |
| 1093 | Mano Obra Macanear un m2/año Pasto Corte | Costo MD Macanear Corte |
| 1094 | Mano Obra Resembrar un m2/año Pasto Corte | Costo MD Resembrar Corte |

Código: Descripción: Variable:

3.1.4 Submenú Variables Auxiliares. En este submenú se permiten ver, editar o crear las variables auxiliares del sistema, los campos que se deben ingresar son: código de la variable, descripción, descripción para enlazarla con variable modelo y si la variable es editable o no por el usuario 1.

Figura 110. Formulario de Actualización de Variables Auxiliares para el Administrador

Auxiliar Descripción

| Auxiliar | Descripción | Variable | Editable |
|----------|---|---------------------------|----------|
| 1071 | Tasa Aumento Anual del Salario Mínimo Mensual Vigente | Tasa Aum Anual SMMV | S |
| 159 | Dinero Inicial | Dinero Inicial | S |
| 233 | Deuda Inicial | Deuda Inicial | S |
| 247 | Producción Leche Vaca 4 Parto [Lt/Día] | Pico Prod Leche | N |
| 377 | Porcentaje Depreciación de la maquinaria | Porcentaje Depreciación | N |
| 398 | Precio Inicial Kg Carne de un Toro Viejo | Precio Ini Kg Toro Viejo | S |
| 400 | Precio Inicial Kg Carne Levante | Precio Inicial Kg Levante | S |
| 401 | Precio Inicial Kg Carne Novillo | Precio Inicial Kg Novillo | S |
| 402 | Precio Inicial Kg Carne Ternero | Precio Inicial Kg Ternero | S |
| 403 | Precio Inicial Kg Carne Toro | Precio Inicial Kg Toro | S |

Auxiliar

Descripción

Variable

Editable Si No

3.1.4 Submenú Metas. Se encuentran en este formulario las metas que se quieren alcanzar en el sistema, se deben ingresar el código de la meta, la descripción de la misma, un valor mínimo, un valor máximo y la descripción para enlazarla con variable modelo.

Figura 111. Formulario de Actualización de Metas para el Administrador

The screenshot shows a window titled 'Metas' with a search bar at the top containing 'Meta' and 'Descripción' fields, and a 'Buscar' button. Below is a table with the following data:

| Meta | Descripción | Valor Mín. | Valor Máx. | Variable |
|------|----------------------------------|------------|------------|----------------------------|
| 1 | Aumento de Kilogramos diarios | 0.0000 | 1.2000 | Meta Aumento Kg/Dia/Animal |
| 2 | Litros de leche diarios deseado: | 0.0000 | 40.0000 | Meta Lt leche/Dia/Animal |

Below the table is a detailed form for goal 2 with the following fields:

- Meta: 2
- Descripción: Litros de leche diarios deseados por Animal
- Valor Mín.: 0.0000
- Valor Máx.: 40.0000
- Variable: Meta Lt leche/Dia/Animal

At the bottom of the form are three buttons: 'Eliminar' (with a red X), 'Actualizar' (with a green checkmark), and 'Limpiar' (with a green checkmark).

3.1.4 Submenú Relaciones. En este formulario se crean las relaciones que existen entre algunas tablas de la base de datos.

Figura 112. Submenú Relaciones

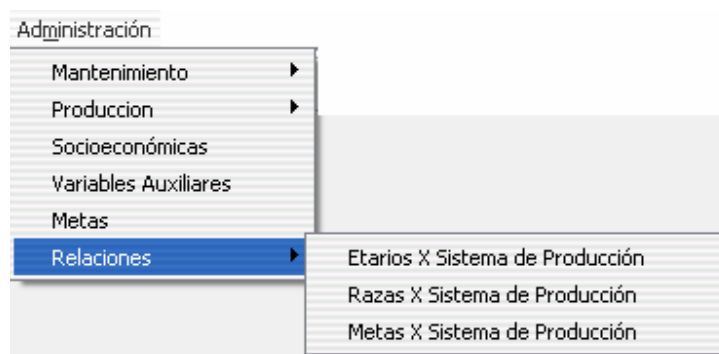


Figura 114. Formulario de Actualización de la relación entre Raza Ganado y Sistema de Producción para el Administrador

Sistemas de Producción **Leche**

Razas Disponibles

Angus
Blanco Oreginegro
Cebú
Chino Santandereano
Lucerna
Normando
Romosinuano

Razas Seleccionados

Jersey
Otra Raza
Pardo Suizo
Holstein

=>

<=

==>>

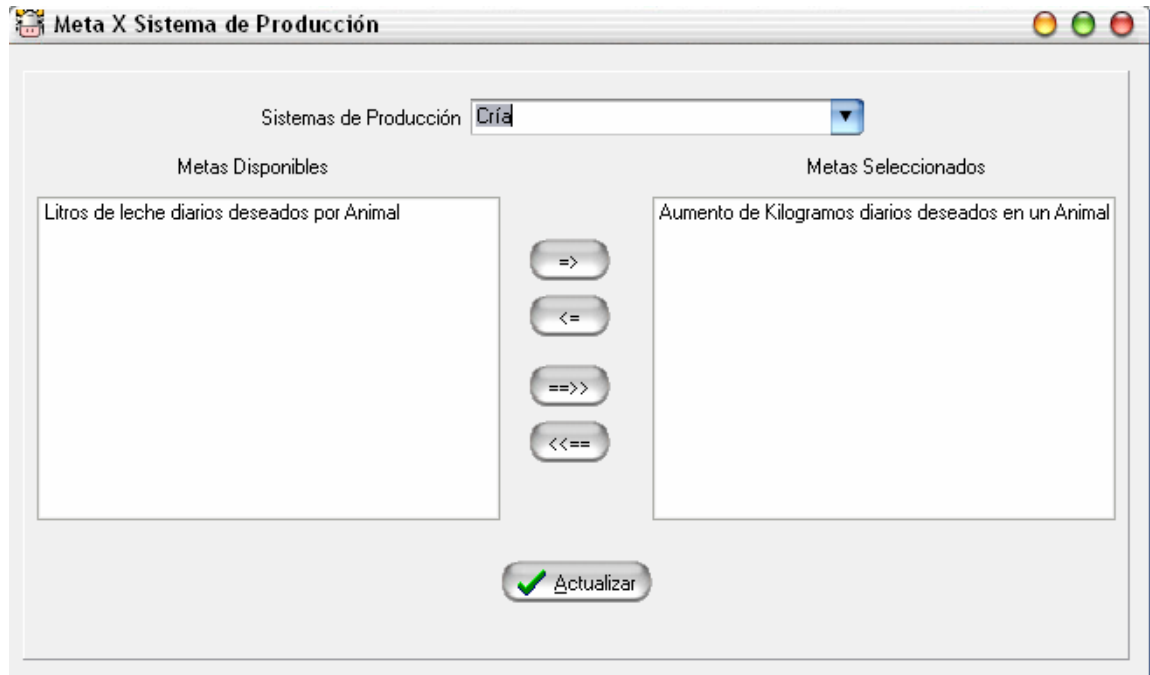
<<==

✓ Actualizar

- **Metas por Sistema de Producción**

De acuerdo al sistema de producción seleccionado se pueden alcanzar ciertas metas, y en este formulario se pueden definir.

Figura 115. Formulario de Actualización de la relación entre Meta y Sistema de Producción para el Administrador



3.2 Menú Archivo

Figura 116. Menú Archivo



- **Nuevo**

Este menú abre el formulario Variables Iniciales, que es el formulario donde se carga el modelo con todos los parámetros que se requieren en la simulación. Es necesario escoger la finca, el sistema de producción, la raza que se va a manejar y llenar los valores correspondientes a las variables demográficas, biofísicas y socioeconómicas.

Es posible modificar el peso de la raza seleccionada y con este valor recalculan los pesos promedios de los grupos etarios dando clic en el botón correspondiente.

Figura 117. Formulario de Ingreso de Variables Demográficas Iniciales

Variables Iniciales

Finca: El Rosal Area Total Mt2: 78900
 Sistema de Producción: Ciclo Completo **Crear Finca**

Variables Demográficas Variables Biofísicas Variables Socioeconómicas

Razas de Animales

| Raza | Peso [Kg] | Peso Min [Kg] | Peso Máx [Kg] |
|---------------------|-----------|---------------|---------------|
| Angus | 480.0000 | 380.0000 | 580.0000 |
| Blanco Dreginegro | 480.0000 | 380.0000 | 580.0000 |
| Cebú | 480.0000 | 380.0000 | 580.0000 |
| Chino Santandereano | 480.0000 | 380.0000 | 580.0000 |
| Holstein | 680.0000 | 540.0000 | 740.0000 |
| Jersey | 430.0000 | 420.0000 | 640.0000 |

Raza Seleccionada

Raza: Chino Santandereano
 Peso de una UGG [Kg]: 480.0000
 (Peso Promedio de una Vaca)
 Recalcular Pesos Promedios de los Grupos Etarios

Grupos Etarios

| Animales Iniciales presentes en la Finca | Peso Promedio [Kg] | Cantidad |
|--|--------------------|----------|
| Termeros 1 0-3 meses (TR0_1) | 43.2 | 0 |
| Termeros 2 3-6 meses (TR0_2) | 72 | 0 |
| Termeros 3 6-9 meses (TR0_3) | 144 | 0 |
| Termeras 1 0-3 meses (TRA_1) | 43.2 | 0 |
| Termeras 2 3-6 meses (TRA_2) | 72 | 0 |
| Termeras 3 6-9 meses (TRA_3) | 144 | 0 |
| Levantes Machos 1 9-12 meses (LEVO_1) | 192 | 0 |
| Levantes Machos 2 12-15 meses (LEVO_2) | 216 | 0 |
| Levantes Machos 3 15-18 meses (LEVO_3) | 240 | 0 |

Actualizar Valores Iniciales

Figura 118. Formulario de Ingreso de Variables Biofísicas Iniciales

Finca

El Rosal

Area Total Mt2

78900

Sistema de Producción

Ciclo Completo

Crear Finca

Variables Demográficas

Variables Biofísicas

Variables Socioeconómicas

| Pastos de Pastoreo | | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|------------|
| Pasto | Proteína [Kg/Mt2/día] | Energía [KCal/Mt2/día] | Prod Forraje [Kg/Mt2/día] | Área [Mt2] |
| Angleton | 0.8 | 7 | 7 | 70 |
| Brachiaria Brizantha | 0.7 | 4 | 4 | 40 |
| Brachiaria Decumbens | 0.5 | 1 | 1 | 10 |
| Brachiaria Radicans | 0.7 | 2 | 2 | 20 |
| Estrella | 1 | 3 | 3 | 30 |
| Guinea | 1.1 | 5 | 5 | 50 |
| Mulato | 0.6 | 6 | 6 | 60 |
| Otro Pasto Pastoreo | 0.5 | 1 | 1 | 0 |

| Pastos de Corte | | | | |
|------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|------------|
| Pasto | Proteína [Kg/Mt2/día] | Energía [KCal/Mt2/día] | Prod Forraje [Kg/Mt2/día] | Área [Mt2] |
| Elefante | 0.6 | 1 | 1 | 0 |
| Guatemala | 0.4 | 1.5 | 1 | 5 |
| Imperial | 0.66 | 2 | 2 | 15 |
| King Grass | 0.5 | 1 | 2 | 10 |
| Maralfalfa | 0.33 | 1 | 2 | 10 |
| Morado | 0.3 | 1 | 3 | 10 |
| Otro Pasto Corte | 0.5 | 1 | 1 | 0 |
| Taiwan | 0.45 | 2 | 3 | 15 |

Pastos de Corte a Sembrar

En caso de Siembra
escoja el pasto
que desea sembrar

Kingrass
 Morado
 Maralfalfa
 Taiwan
 Guatemala
 Elefante
 Imperial
 Otro Pasto

Actualizar Valores Iniciales

Figura 119. Formulario de Ingreso de Variables Socioeconómicas Iniciales

Variables Iniciales

Finca: El Rosal Area Total Mt2: 78900

Sistema de Producción: Ciclo Completo **Crear Finca**

Variables Demográficas Variables Biofísicas **Variables Socioeconómicas**

| Costos de Producción | |
|---|------------|
| Costos | Valor (\$) |
| Baño de un animal por año | 1000 |
| Construcción Nuevas Cercas | 300 |
| Construcción Nuevas Viviendas | 3500 |
| Construcción Nuevos Establos | 500 |
| Impuesto Predial al año | 2000 |
| Kilogramo de Proteína | 1200 |
| Mano Obra Abonar un m2/año Pasto Corte | 120 |
| Mano Obra Abonar un m2/año Pasto Pastoreo | 100 |
| Mano Obra Control Plaga de un m2/año Pasto Corte | 50 |
| Mano Obra Control Plaga de un m2/año Pasto Pastoreo | 40 |
| Mano Obra Desuerbar un m2/año Pasto Corte | 800 |

| Parámetros Económicos | |
|--|----------|
| Variable | Valor |
| Deuda Inicial | 0 |
| Dinero Inicial | 10000000 |
| Equipos Riego Existentes | 1 |
| Fumigadoras Existentes | 1 |
| Guadañadoras Existentes | 1 |
| Macaneadoras Existentes | 1 |
| Motobombas Existentes | 1 |
| Picapasto Existentes | 1 |
| Precio Inicial Kg Carne de un Toro Viejo | 1600 |
| Precio Inicial Kg Carne Levante | 1600 |
| Precio Inicial Kg Carne Novilla Vientre | 1600 |

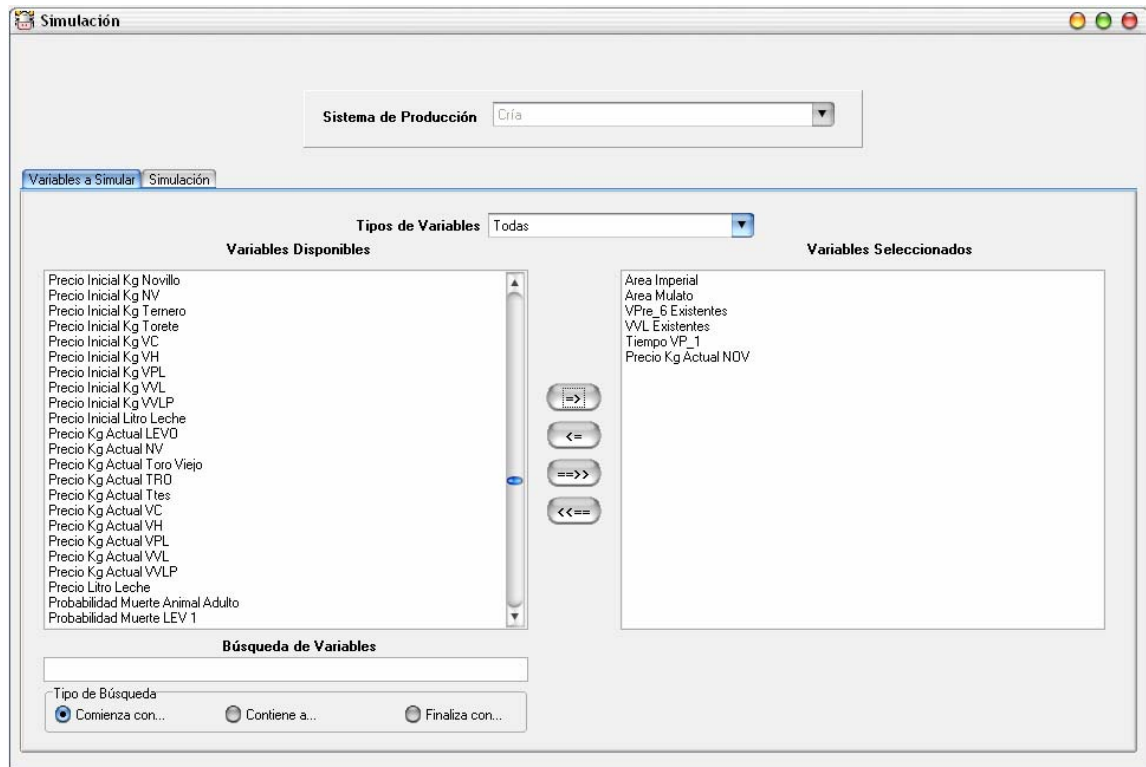
| Otros Parámetros | |
|--|----------|
| Otros Parámetros | Cantidad |
| Porcentaje Depreciación de la maquinaria | 0.1 |
| Producción Leche Vaca 4 Parto [Lt/Día] | 25 |

| Metas del Sistema | | | |
|---|--------|---------|----------|
| Meta | Mínimo | Máximo | Cantidad |
| Aumento de Kilogramos diarios deseados en un Animal | 0.0000 | 1.2000 | 1 |
| Litros de leche diarios deseados por Animal | 0.0000 | 40.0000 | 5 |

Actualizar Valores Iniciales

Al dar clic en Actualizar Valores Iniciales, el sistema verifica que los datos ingresados sean válidos y pregunta al usuario si desea iniciar la simulación, en caso afirmativo despliega el formulario Simulación que es el siguiente:

Figura 120. Formulario de Selección de Variables a Simular



Aquí se deben escoger las variables que se quieren simular (trayectorias), las variables disponibles se pueden filtrar por tipos de variables: demográficas, biofísicas, socioeconómicas o mostrarlas todas. También es posible buscar las variables que comienzan, contienen o finalizan con ciertas palabras o fracciones de la misma.

Luego de escoger las variables a simular, se debe pasar a la ventana simulación y dar clic en el botón Simular, para visualizar la gráfica o tabla de la misma.

Figura 121. Formulario Presentación de Resultados en Gráfica

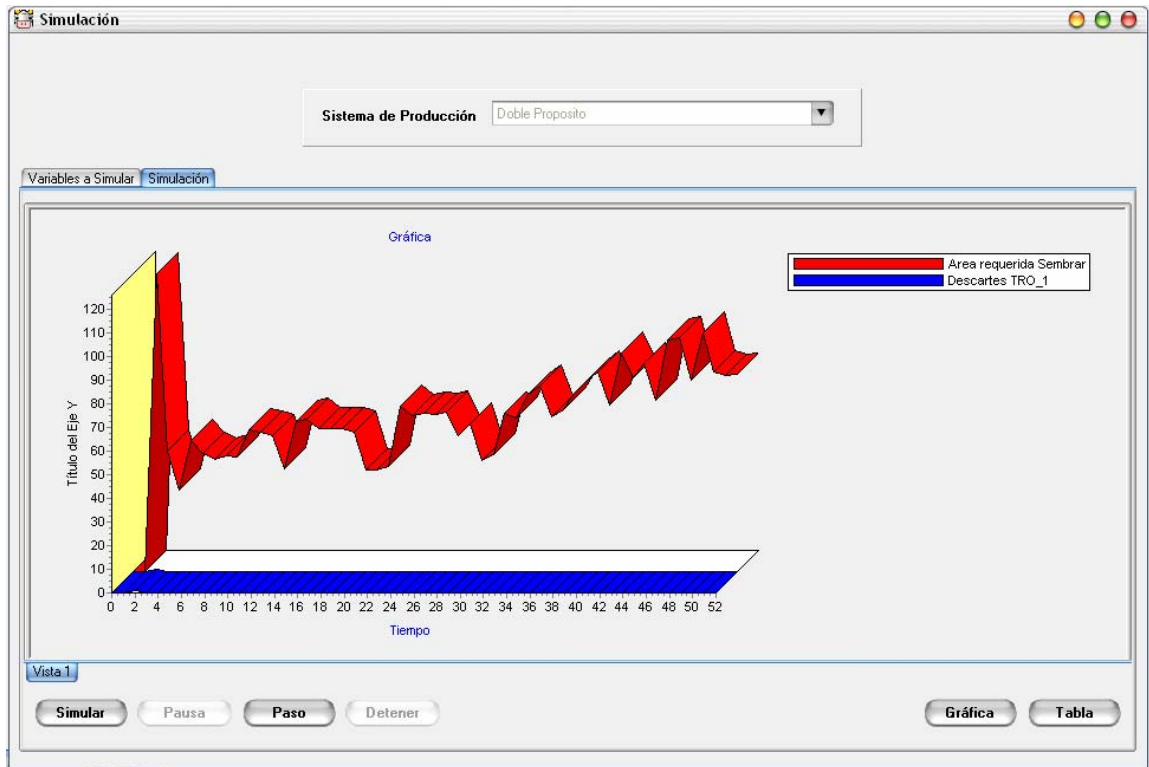
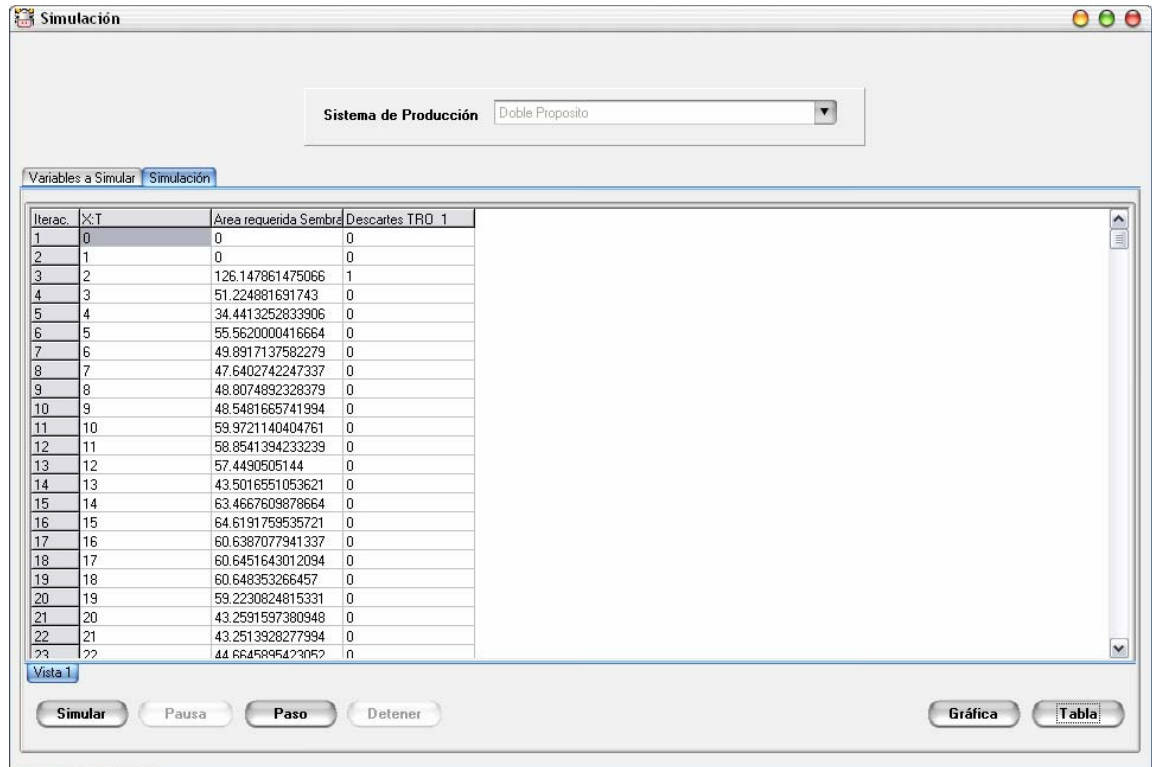


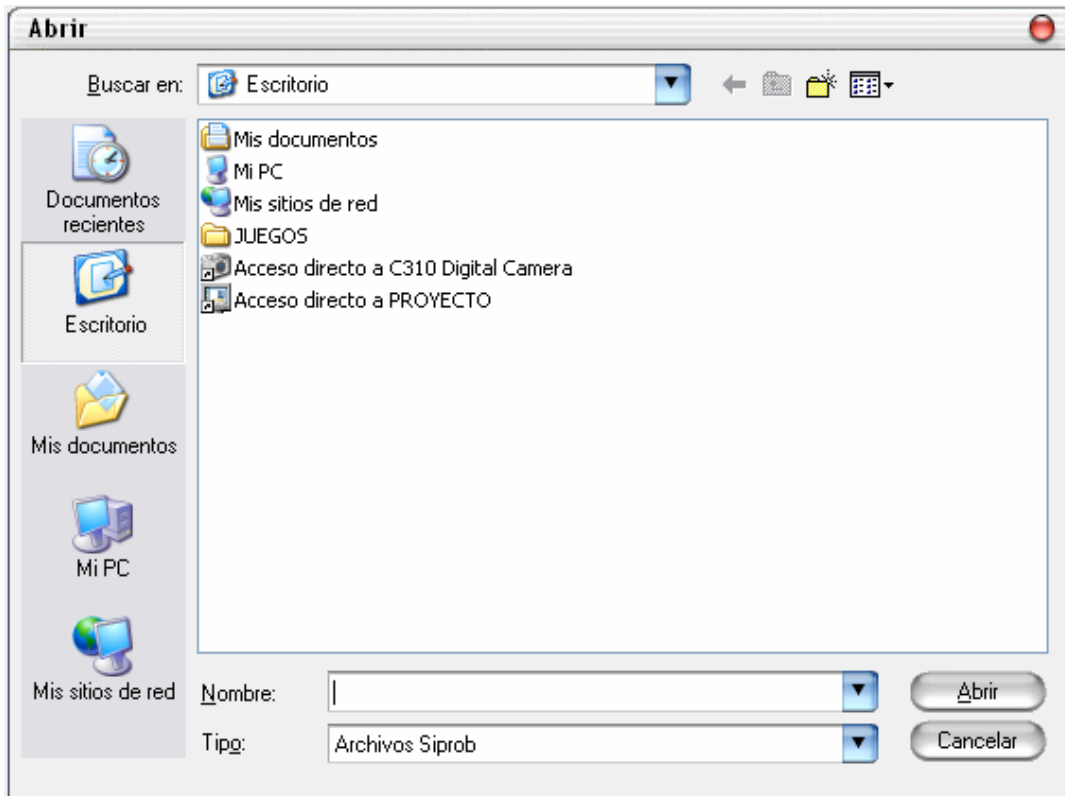
Figura 122. Formulario Presentación de Resultados en Tabla



- **Abrir**

Al dar clic en Abrir el programa permite abrir los archivos de simulaciones anteriores, estos archivos tienen extensión .sip

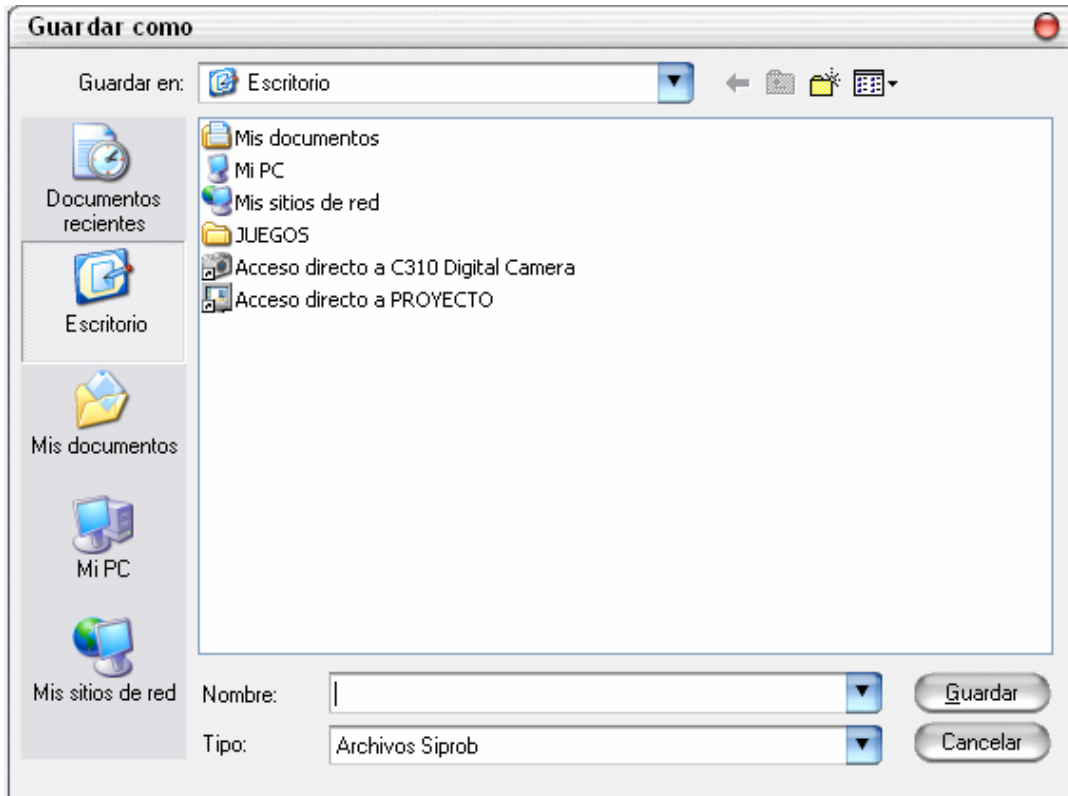
Figura 123. Cuadro de Diálogo para Abrir un Archivo



- **Guardar**

Despliega el cuadro de dialogo guardar, para almacenar los datos en un archivo con extensión .sip

Figura 124. Cuadro de Diálogo para Guardar un Archivo



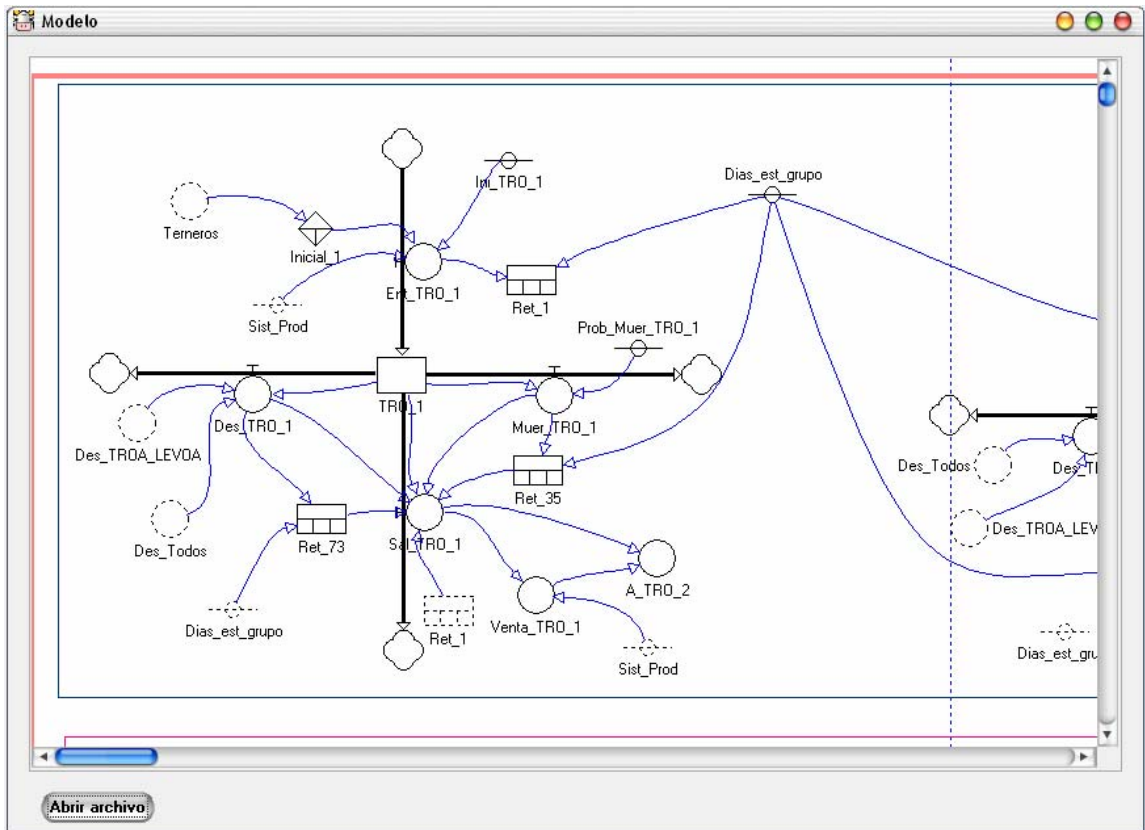
- **Guardar Como**

Permite guardar el archivo con un nombre diferente.

- **Abrir Modelo Evolución**

Permite al usuario ver un archivo con extensión .mev, que son modelos creados en el software Evolución 3.5. El modelo utilizado para la simulación se denomina modelo.mev y se encuentra dentro de la carpeta modelo en los archivos del programa.

Figura 125. Formulario para Abrir un Modelo de Evolución.



- **Salir**

Esta instrucción cierra el programa en ejecución.

3.2 MENÚ ADMINISTRACIÓN

Este menú permite modificar o crear fincas, municipios y departamentos a todos los usuarios del sistema, igual que lo hace el Usuario Administrador.

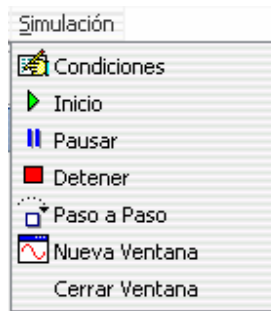
Figura 126. Menú Administración.



3.3 MENÚ SIMULACIÓN

Este menú contiene las acciones que tienen que ver con la simulación del sistema.

Figura 127. Menú Simulación.



- **Condiciones**

Figura 128. Formulario para Editar las Condiciones de Simulación

A screenshot of a software window titled "Condiciones". The window has a title bar with standard window controls (minimize, maximize, close). The main area is divided into two sections: "Tiempo de Simulación" and "Punto de Quiebra". Under "Tiempo de Simulación", there are two input fields: "Tiempo Inicial" with a value of 0 and "Tiempo Final" with a value of 100. Under "Punto de Quiebra", there is one input field labeled "Punto Parada". At the bottom center of the window is a "Guardar" button.

Para un usuario con conocimientos de Modelado con Dinámica de Sistemas y permisos especiales, el formulario "Condiciones" permite modificar otros parámetros de simulación, como el método de integración y el tiempo de grabación.

Figura 129. Condiciones de Simulación Usuario Modelador

The screenshot shows a window titled "Condiciones" with four panels for configuring simulation parameters:

- Tiempo de Simulación:** "Tiempo Inicial" is 0, "Tiempo Final" is 100.
- Punto de Quiebra:** "Punto Parada" is an empty text box.
- Integración:** "Paso" is 1, "Método" is Euler (selected in a dropdown menu).
- Grabación:** "Tiempo Inicial" is 0, "Paso" is 1.

A "Guardar" button is centered at the bottom of the window.

- **Iniciar**
Inicia la simulación con las variables seleccionadas.
- **Pausar**
Pausa la simulación y permite reanudarla desde el punto donde se detuvo.
- **Detener**
Detiene la simulación (No se puede reanudar).
- **Paso a Paso**
Permite simular paso a paso, viendo de esta manera los valores que va tomando cada variable en una variación de tiempo.
- **Nueva Ventana**
Abre una nueva ventana de simulación.
- **Cerrar Ventana**
Cierra la ventana de simulación que se encuentra activa.

3.4 MENÚ REPORTES

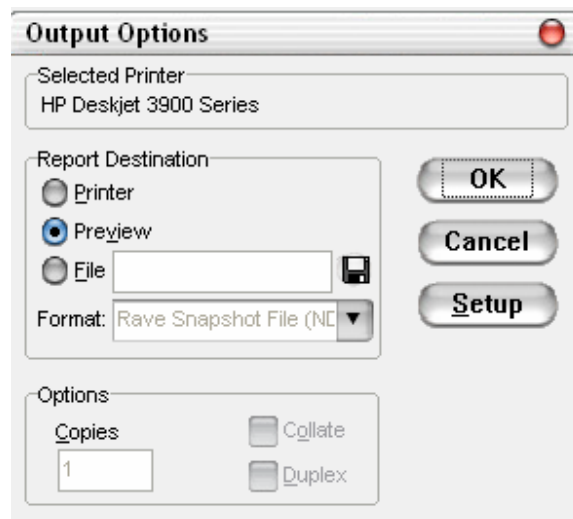
Se pueden generar reportes de los precios utilizados en la simulación, algunos costos relevantes para el usuario, los ingresos y egresos, y algunos parámetros económicos.

Figura 130. Menú Reportes



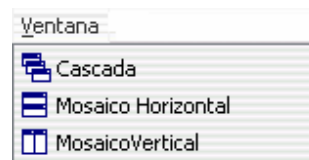
Al dar clic en alguno de ellos se despliega un cuadro de dialogo donde se permiten visualizar, guardar o imprimir estos reportes:

Figura 131. Formulario para Generar Reportes



3.5 MENÚ VENTANA

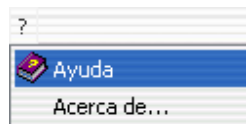
Este menú permite ver las ventanas abiertas en: Cascada, Mosaico Horizontal y Mosaico Vertical



3.6 MENÚ AYUDA

El menú ayuda contiene la Ayuda del software y el Acerca De del mismo.

Figura 133. Menú Ayuda



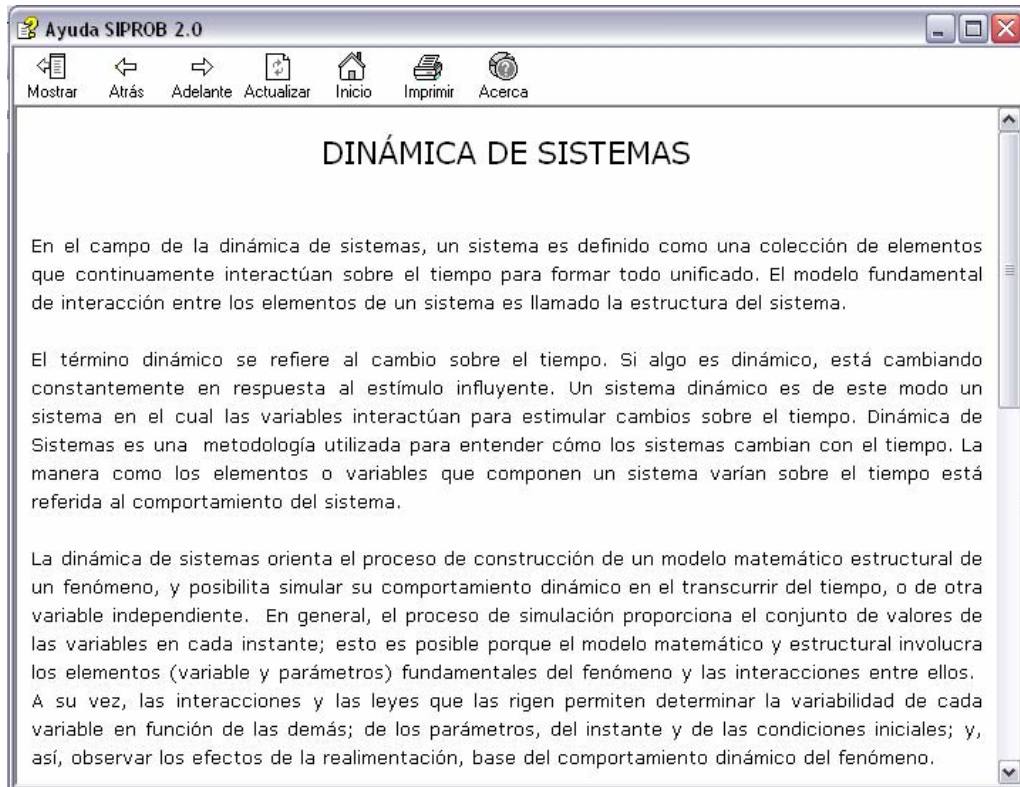
- **Submenú Ayuda**

La ayuda permite orientar al usuario en la comprensión del sistema que desea simular mediante explicaciones de los temas relacionados con la Dinámica de Sistemas, la representación de los sistemas de ganadería bovina en modelos, y los conceptos de Sistemas de Producción Ganaderos

Figura 134. Formulario Inicial de la Ayuda.



Figura 135. Presentación de un tema de Ayuda.



También permite buscar por palabras alusivas a los temas mencionados:

Figura 136. Uso del Buscador en la Ayuda

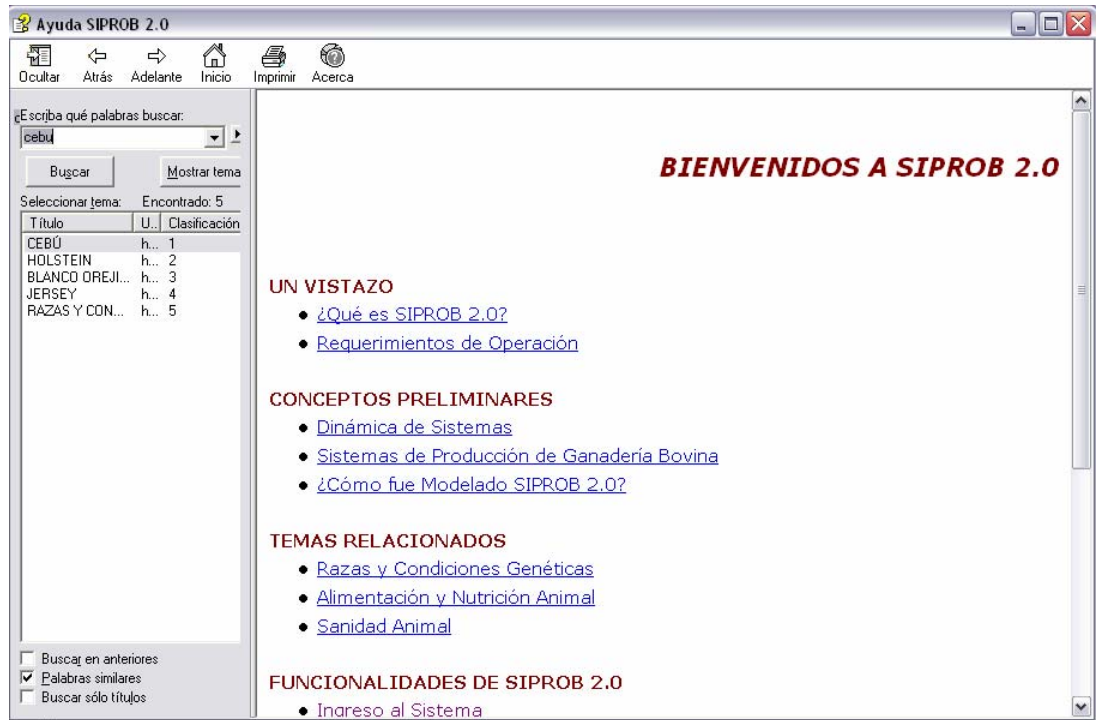


Figura 137. Presentación de un tema de Ayuda.



- **Submenú Acerca De**

Figura 138. Formulario de Créditos

