

**DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA PARA MEJORAR LA
PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO EN UNA GRANJA EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

**HUGO ALBERTO FRANCO CORREA
LINA PAOLA MARULANDA GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2017**

**DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA PARA MEJORAR LA
PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO EN UNA GRANJA EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

**HUGO ALBERTO FRANCO CORREA
LINA PAOLA MARULANDA GARCÍA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR
JULIÁN GONZÁLEZ VELASCO
INGENIERO INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2017**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, primeramente, a Dios, por guiarnos en esta etapa de crecimiento como profesionales íntegros y permitirnos concluir este trabajo de grado.

A nuestras familias por creer y darnos el apoyo incondicional en todos los momentos.

A la Universidad del Valle por brindarnos la oportunidad de terminar la Ingeniería Industrial y ser profesionales para el bien de la sociedad.

A cada uno de los docentes que aportaron a nuestra formación, en estos años de aprendizaje.

A nuestros amigos y compañeros de clase, por la amistad, compañerismo y los momentos agradables que aportaron para seguir adelante en esta carrera profesional.

A nuestro director de trabajo de grado, por su confianza y creer desde un principio en este proyecto.

Agradecemos a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para el desarrollo de este proyecto de trabajo de grado, a ellos mil gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo General	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN	16
2. MARCO DE REFERENCIAL	17
2.1 MARCO CONCEPTUAL	17
2.2 ANTECEDENTES.....	19
2.3 MARCO TEÓRICO	24
2.3.1 La ganadería en el mundo	24
2.3.2 Historia de la ganadería en Colombia	26
2.3.3 La ganadería bovina en Colombia como actividad económica	27
2.3.4 Tipos de explotación ganadera	30
2.3.5 Ciclos de producción ganadera.....	30
2.3.6 Modelos productivos de ganadería	31
2.3.7 Razas de ganado bovino en Colombia.....	32
2.3.8 Sistemas de Pastoreo	35
2.3.9 Pastos y especies forrajeras	38
2.3.10 Factores ambientales en la actividad ganadera bovina.....	41
2.3.11 Dinámica de sistemas	42
3. DISEÑO METODOLÓGICO	46
4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO QUE SE IMPLEMENTA ACTUALMENTE EN LA GRANJA OBJETO ESTUDIO.....	47
4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	47

4.2	CLIMA.....	47
4.3	RELIEVE.....	48
4.4	FUENTE HÍDRICA.....	48
4.5	SUELO Y PASTURA	49
4.6	SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERA BOVINA DE LA GRANJA OBJETO ESTUDIO	49
4.6.1	Ciclo de producción de la granja objeto estudio	50
4.6.2	Método de producción de la granja objeto estudio	50
4.6.3	Raza de bovino de la granja objeto estudio	50
4.7	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA GRANJA OBJETO ESTUDIO.....	51
4.8	IMPACTO AMBIENTAL EN LA GRANJA DEBIDO A LA ACTIVIDAD GANADERA BOVINA.....	52
5.	DESARROLLO DEL DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO.....	53
5.1.1	Subsistema Productivo.....	54
5.1.2	Subsistema Financiero.....	57
5.1.3	Subsistema Biofisico	59
6.	VALIDACIÓN DEL DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN DINAMICA PARA MEJORAR LA PRODUCCION DE GANADO BOVINO EN LA GRANJA OBJETO ESTUDIO.....	65
7.	CONCLUSIONES	72
8.	RECOMENDACIONES.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXOS.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ganado Bovino de Carne.....	26
Tabla 2. Exportaciones colombianas por país de destino carne bovina.	29
Tabla 3. Principales gramíneas forrajeras y su uso.	38
Tabla 4. Principales leguminosas forrajeras y su uso.	39
Tabla 5. Módulo 1 - Evaluación Productiva de la Granja Objeto estudio	51
Tabla 6. Comparativo de Utilidades Netas.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La Ganadería Esquema de las actividades ganaderas del Neolítico relacionadas con sus herramientas	25
Figura 2. Distribución de la superficie agrícola y pecuaria.....	28
Figura 3. funcionamiento del sistema ganadero en los sectores cárnicos y lácteos	29
Figura 4. Botón de Oro (<i>Ranunculus acris</i>).....	40
Figura 5. Ramio (<i>Boehmeria nivea</i>)	40
Figura 6. Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	40
Figura 7. Esquema general del proceso de creación y uso de un modelo.....	42
Figura 8. Mapa geográfico de la granja objeto estudio	47
Figura 9. Mapa Relieve de Granja Objeto estudio	48
Figura 10. <i>Cynodon nlemfluensis</i> (Pasto Estrella)	49
Figura 11. Ganado Bovino Brahmán.....	51
Figura 13. Erosión del suelo por pisoteo.....	52
Figura 14. Diagrama causal del sistema productivo de la granja objeto estudio ...	53
Figura 15. Diagrama de flujo-nivel del subsistema productivo	55
Figura 16. Diagrama de flujo-nivel del subsistema	58
Figura 17. Diagrama de flujo-nivel del subsistema Biofísico	60
Figura 18. División de potreros de granja Objeto estudio	63
Figura 19. Grafica comparativa de ganancia de novillo en Kilogramos/día	65
Figura 20. Grafica comparativa de UGG de novillos.....	66
Figura 21. Grafica del comportamiento del consumo y crecimiento del pasto estrella en la granja.....	67
Figura 22. Grafica del comportamiento del PRV en el sistema de producción de la granja.....	68
Figura 23. Grafica de comparación de las utilidades del modelo actual vs el modelo mejorado	69
Figura 24. Tabla comparativa de Utilidades del modelo en Vensim PLE.....	70

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Inventario de novillos 2015-2016 en la Granja El Placer.	80
Anexo 2. Encuesta Realizada a la granja El Placer	83
Anexo 3. Proceso Productivo de ganado de bovino actual de la granja El Placer.	84
Anexo 4. Mapa de distribución de bovinos, Censo ICA 2016	85
Anexo 5. Mapa de distribución de predios bovinos, Censo ICA 2016.....	86
Anexo 6. Tabla de población bovina en municipios del Valle del Cauca	87
Anexo 7. Tabla de población bovina en Departamentos de Colombia.....	88
Anexo 8. Variables Matemáticas del modelo de simulación actual.....	89
Anexo 9. Variables Matemáticas del modelo de simulación mejorado	91
Anexo 10. Precios de Peso Vivo diciembre 2016.	96
Anexo 11. Características de adaptación, calidad y tasas de siembra de las especies tropicales utilizadas en el Proyecto del norte del Valle del Cauca.	97
Anexo 12. Rubros para producir un kilo de carne en pie	98
Anexo 13. Nueva estructura de costos de producción ganadera.....	98

INTRODUCCIÓN

La ganadería es una actividad económica del sector primario que consiste en el manejo de la cría y domesticación de animales para fines de consumo humano. Al igual que otras actividades esta es explotada por el hombre desde tiempos antiguos y ha sido el sustento para satisfacer las necesidades de alimento como carne, cuero, huesos y leche. Esta al ser desarrollada para generar mayor producción termina afectando los recursos naturales (agua, la tierra, bosques, fauna y flora, entre otros), causando múltiples problemáticas ambientales. En este sentido, para mitigar dichas situaciones, es importante la creación de herramientas que beneficien el sector mejorando su calidad y el manejo de buenas prácticas en la producción.

De esta manera, el trabajo de grado fue enfocado en el diseño de un modelo de simulación dinámica, que permitió el mejoramiento de la producción de ganado bovino en una granja del Norte del Valle del Cauca, partiendo desde la adecuación del suelo, la administración de las pasturas, la alimentación del animal y hasta la salida del ganado al mercado comercial; con el diseño de modelo de simulación se tomaron en cuenta estrictamente los elementos de producción de ganado bovino, como lo son: subsistema productivo, financiero y biofísico (Gómez, Andrade, & Vásquez, 2015). Al comprender las causas estructurales del comportamiento del sistema productivo de ganado bovino, fue necesario analizar con detenimiento los posibles elementos que podían alterar las condiciones de los recursos en el proceso que, en condiciones reales, dinamiza y potencializa el sostenimiento y desarrollo de cada una de las partes involucradas.

Finalmente, para mejorar la producción de ganado bovino en la granja se introdujo al modelo de simulación dinámica el método de producción de pastoreo revolucionario en la administración de las pasturas que es el Pastoreo Racional Voisin (PRV) y se integró específicamente en el subsistema biofísico, el PRV un método basado en 4 leyes inicialmente propuestas por su creador e inspirador el fisiólogo André Voisin en 1963 pero perfeccionadas con el tiempo gracias a la intervención de profesionales como Edgardo Vanoni, Guillermo Lebrón y Luiz Pinheiro (Ardila, 2009).

Dado lo anterior, el presente documento se desarrolla en ocho (8) capítulos correspondientes a la descripción del proyecto de grado, marco referencial, diseño metodológico, caracterización del sistema de producción de la granja, desarrollo del diseño del modelo de simulación dinámica, la validación del diseño del modelo de simulación dinámica, conclusiones y recomendaciones.

Primer Capítulo: “Descripción del proyecto de trabajo de grado”, en el que se hace alusión a los aspectos iniciales de la investigación, en los que se exponen el planteamiento del problema, los objetivos, justificación, alcance y delimitación del estudio.

Segundo Capítulo: “Marco Referencial” que corresponde a los aspectos teóricos conceptuales que se tuvieron en cuenta en el proceso de la investigación y los antecedentes para el desarrollo de la misma.

Tercer Capítulo: “Diseño Metodológico” corresponde a los aspectos metodológicos de la investigación como el tipo de investigación, el método y las técnicas en la recolección de la información.

El Cuarto Capítulo: “Caracterización del Sistema de Producción de Ganado en la Granja”, en este se presenta la localización geográfica, clima, relieve, fuentes hídricas, suelos y pasturas de la granja, evaluación y análisis de los parámetros de producción, el impacto ambiental, entre otros aspectos.

Quinto capítulo “Desarrollo del Diseño de Modelo de Simulación Dinámica” este apartado desarrolla todos los elementos que intervienen en el sistema de producción como los subsistemas productivo, financiero, biofísico.

Sexto capítulo “Validación del Diseño de Modelo de Simulación Dinámica” en este capítulo se desarrolla la comparación financiera y productiva de la utilidad del modelo.

Séptimo y octavo capítulo “Conclusiones y Recomendaciones” estos recogen las principales conclusiones de la presente investigación, además se presentan algunas recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con el tema de estudio. Finalmente se presenta la bibliografía y anexos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ganadería bovina es una actividad generalizada y desarrollada, considerada como un renglón socioeconómico de gran importancia para el desarrollo del campo, ha sido y es cuestionada fuertemente por su desempeño productivo y por su impacto ambiental. (Mahecha, Gallego, & Peláez, 2002).

En Colombia este tipo de ganadería, es afectada directamente por factores que limitan la producción y comercialización de sus productos, los cuales determinan el comportamiento del mercado a través de los costos y métodos de producción evitando el aprovechamiento de las oportunidades de expansión que posee la actividad bovina.

La experiencia de los dueños y administradores de las granjas ganaderas dedicadas a la producción de ganado bovino para satisfacer la demanda de carne y leche, ha permitido identificar dos tipos de factores que limitan de manera importante la productividad de la industria ganadera, los factores climáticos y factores operativos. En cuanto a los factores climáticos, estos condicionan la producción y las características del pasto, que es el principal alimento del animal y están relacionados principalmente con el régimen de lluvias, que, a su vez, se articula a la ubicación geográfica de la granja. Los factores operativos hacen referencia a la programación y puesta en marcha de la producción, elementos que están estrechamente ligados con la tecnología utilizada, la mano de obra, las características de los insumos y los métodos de producción (Caliz Ospino & Alean Ruiz, 2002).

Aunado a lo anterior, la ganadería bovina es una de las actividades económicas más contaminantes en el planeta, ya que genera impactos destructivos en el medio ambiente, pérdida de ecosistemas, escasez de recursos hídricos y sobrepoblación animal debido a un inadecuado manejo en la producción de esta actividad económica. Las grandes extensiones de territorio que se necesitan en el desarrollo de la actividad ganadera en granjas o haciendas para la siembra de pastizales implica arrasar con bosques y selvas, solo esto provoca un daño irreparable en la naturaleza.

Por otro lado, la sobrepoblación de animales bovinos puede causar altos niveles en emisiones de metano, perjudiciales para la capa de ozono del planeta, además daños como la compactación y erosión del suelo, afectando en la disminución del recurso forrajero. Dicha sobrepoblación causa escasez en el recurso hídrico, la actividad ganadera gasta diez veces más agua que la agricultura.

Según estudios realizados en el Valle del Cauca por el programa de investigación en Desarrollo de Sistemas Sostenibles de Producción Ganadera de la Universidad Nacional de Colombia en el año 2012, afirman que el 90% de los suelos que utilizan los grandes hatos ganaderos vallecaucanos están en sobreuso, además indican que las prácticas de manejo del ganado bovino se hacen de manera intensiva y con muy poco análisis sobre el daño de los suelos y conllevan a bajos niveles de productividad y competitividad en el sector.

De esta manera, existe gran incertidumbre en los propietarios y administradores de las granjas, debido a que se están generando pocas utilidades en la producción y además la actividad está provocando daños medio ambientales. En busca de la rentabilidad de la producción ganadera, los productores han optado por sistemas que generen bajo costo, como el pastoreo continuo que es un sistema extensivo en el que el animal permanece durante un periodo prolongado en un mismo potrero, provocando deterioro del mismo, pero sin tener en cuenta el costo/beneficio de la actividad.

Asimismo, para mejorar las situaciones o impactos ambientales que son producidos en el desarrollo de la actividad bovina, es que se proponen estrategias y modelos que beneficien no solo parte económica de las granjas o haciendas, sino que minimice los daños a que se expone constantemente el medio ambiente o en la región, específicamente en las zonas donde más se produce actividad ganadera.

En concordancia con lo anterior, se planteó el siguiente interrogante, ¿Cómo mejorar la producción de ganado bovino considerando los elementos productivos que intervienen en la actividad ganadera bovina en una granja del norte del valle del cauca?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de simulación que permita plantear alternativas de mejora para la producción de ganado bovino en una granja del Norte del Valle del Cauca.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el sistema de producción de ganado bovino que se implementa actualmente en la granja objeto estudio.
- Desarrollar el diseño del modelo de simulación dinámica para mejorar la producción de ganado bovino en la granja.
- Validar el comportamiento del diseño de modelo de simulación dinámica frente a escenarios que se generen dentro del mismo sistema de producción de ganado bovino.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Un modelo de simulación dinámica que se aplique a la producción de ganado bovino, es una herramienta muy importante para el sector ganadero en cualquier región del país, especialmente en el Norte del Valle del Cauca, ya que dada la compleja naturaleza del sistema suelo-planta-clima-animal, el uso de modelos de simulación es una herramienta útil para evaluar manejos alternativos de praderas, en distintos suelos y climas.(Castellaro & Squella, 2006). Además permite evaluar diferentes alternativas de manejo general del sistema, justificado principalmente cuando la realización de lo que se tiene en mente o la simple experimentación resultan ser costosas, arriesgadas o se tiene duda de su funcionamiento. En el caso de la ganadería, por ser una actividad que para su desarrollo es necesario el manejo de los recursos naturales que son susceptibles al deterioro y el desequilibrio económico que ha traído esta actividad en los últimos años, es importante tomar decisiones correctas.

Ante esta realidad se diseña una herramienta que permite evaluar las diferencias en el manejo del sistema productivo de la Granja, basándose en lo posible en las soluciones obtenidas por el modelo, para así apoyar la toma de decisiones tanto de los expertos, como de los productores, con el propósito de que no se tenga que incurrir en los grandes costos que implica el esperar los resultados en un sistema real de ganadería.

Además, enfocar la Ingeniería industrial, al profundizar en la solución de problemas y optimización de procesos en el sector primario, a partir de la implementación de herramientas y técnicas propias de esta profesión, apuntar a la aplicación de soluciones viables como factor clave que empuje a las organizaciones a centrarse en aliviar los problemas que acarrea la actividad y así proporcionar beneficios económicos y sociales, mejorar los sistemas de producción ganaderos de la región. Mediante esto se espera generar un impacto positivo en el bienestar de las organizaciones rurales, a partir del mejoramiento de los procesos, aumento de la calidad, lo que a su vez se va a ver reflejado un incremento de las utilidades, logrando avances tecnológicos, en la forma en que se produce, con nuevas técnicas en la toma de decisiones y así brindando un desarrollo económico, social y ambiental.

En este orden de ideas, de alguna forma se busca la disminución de los niveles de contaminación que produce la actividad ganadera, es de agrado para el sector ganadero disminuir las emisiones de contaminación, y esto se logra haciendo un buen uso de todos los elementos de que intervienen en esta actividad productiva. Existen técnicas de producción muy viables para la reducción de estos problemas ambientales como el sistema PRV (El Pastoreo Racional Voisin) este sistema de producción ganadero es el más eficiente a base de pasto. Esta eficiencia se logra a través de la utilización de todos los conocimientos, herramientas, teorías y leyes

existentes sobre la producción de forrajes y producción animal, sin dejar ningún componente fuera del sistema.

1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN

Este trabajo de grado, “Diseño de un Modelo de Simulación Dinámica para Mejorar la Producción de Ganado Bovino en una Granja en el Norte del Valle del Cauca”, solo simulará la producción de ganado bovino en la etapa de ceba o engorde, partiendo desde la adecuación del suelo, la administración de las pasturas, la alimentación del animal y hasta la salida del ganado al mercado comercial, estos elementos son estocásticos ya que no se pueden conocer con anterioridad lo cual lleva a una incertidumbre en el resultado.

Además, el diseño del modelo de simulación dinámica no toma en cuenta la variación del clima, ya que la investigación se hizo en una temporada de verano. En el momento de hacer un comparativo entre verano e invierno se toma como referencia algunos autores que mencionaron estas características en condiciones muy similares a la de la granja objeto estudio.

2. MARCO DE REFERENCIAL

2.1 MARCO CONCEPTUAL

La ciencia encargada del estudio de la ganadería es la zootecnia y los profesionales encargados directamente del desarrollo de la producción animal son los ganaderos, ayudados por los zootecnistas y los profesionales dedicados a la producción animal, en estrecha colaboración con los médicos veterinarios que son los encargados de la prevención y control de las enfermedades de los animales (Santillana, 2011).

A continuación, se describen términos que hacen parte de la actividad ganadera bovina y términos en la simulación dinámica poco usados en lo cotidiano.

La Federación Colombiana de Ganaderos FEDEGÁN es una organización gremial sin ánimo de lucro, creada el 13 de diciembre de 1963 con sujeción al derecho privado colombiano y como decisión del IX Congreso Nacional de Ganaderos (Fedegan, s.f.).

Sistemas Silvopastoriles (SSP): Son un tipo de arreglo que combina en el mismo espacio plantas forrajeras como pastos y leguminosas rastreras, con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal y usos complementarios. (Bernal Eusse, 1994)

Para unificar el peso de los animales que pastorean en un área determinada se emplea una medida internacional llamada Unidad de Gran Ganado. Una UGG equivale a un animal de 450 Kg, es decir un animal de 120 kilos corresponde a 0,3 UGG y así de manera equivalente para cada tamaño. (García, 2012)

La Carga Animal, es la cantidad de animales que puede sostener un potrero por unidad de área (Hectáreas, cuadras) en un tiempo determinado (días, meses, años).

El Forraje Verde (FV) es el consumo diario de un novillo correspondiente a 10 y un 15% de su peso vivo. En términos prácticos se puede considerar un 12 o 13% (Cardona, 2012)

La oferta de forraje determina la capacidad de carga de los sistemas establecidos y se calcula por medio de aforos. Aforar es determinar o medir y se hace en kilos por hectárea, cuadra, fanegada o kilos por metro cuadrado

Consumo Voluntario: Es el alimento total que come un animal en un día.

Forraje: Es el pasto verde o seco que se utiliza con el fin de alimentar animales.

Biomasa: Es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, apto para ser aprovechados energéticamente. La energía que reciben las plantas a través de la fotosíntesis es almacenada en forma de materia orgánica. (RENOVETEC, 2012)

Capacidad de Carga: Es la capacidad que tiene una pastura o un terreno para soportar determinado número de animales o cantidad de U.G.G. sin afectar su productividad en un tiempo determinado.

Materia Seca (MS): Es el pasto que no tiene humedad, producto de ser cortado y expuesto al sol, lo cual hace que se marchite y cambie a color café o amarillento debido a su pérdida de agua.

Gramíneas: Son una familia de plantas herbáceas, o muy raramente leñosas. Entre las especies más destacadas están: La caña de azúcar, el trigo, la avena, el arroz, el maíz, el sorgo, la cebada, el centeno o el bambú.

Leguminosas: Son una familia de plantas del orden de las Fabales. Comprenden árboles, arbustos y hierbas perennes.

Fabales: son plantas con gran importancia económica. En alimentación son utilizados los frutos, las semillas o la planta entera como forraje para alimentación animal. En este grupo también se encuentran las de uso medicinal, de uso industrial para la producción de gomas, aceites y perfumes.

Hierba Perenne: Las plantas Perenne herbáceas son aquellas que no forman tejido leñoso permanentemente. En climas cálidos pueden crecer continuamente.

Frigorífico: Es una instalación industrial donde se procesan y se almacenan productos de origen animal.

2.2 ANTECEDENTES

En la literatura existe una gran variedad de trabajos y artículos de investigación sobre la producción ganadera en bovinos, los primeros autores que relacionan la modelación simulada en la producción de ganado, se da por (Sanders & Cartwright, 1979), “Modelo de eficiencia simulada de la producción de carne para un sistema de gestión de engorde vaca-becerro del medio oeste”, esta investigación estudia los efectos de cruzamiento en la eficiencia biológica y económica de la producción de carne de una vaca-becerro. En este contexto, el modelo más importante resultó ser el desarrollado por (Kahn, 1982), que es una modificación del modelo TAMU propuesto por (Sanders & Cartwright), dado que permitió extraer las funciones animales requeridas.

En 1990, (Hirooka & Yamada), realizan una investigación, de “*Un modelo para simular el crecimiento de ganado y la producción de carne*”. El modelo se construyó, en base a ARC sistema de energía metabolizable en principio, y se incorpora hasta a la fecha de conocimiento e información en los modelos reportados anteriormente. El modelo puede aplicarse a cubrir una amplia gama de condiciones genéticas y ambientales, ya que se tienen en cuenta muchos factores relacionados con el crecimiento del ganado y la producción de carne. El modelo puede proporcionar una mejor comprensión de los diversos componentes y procesos de los sistemas de producción de ganado de carne.

En el año 2000, (Tess & Kolstad) afirman,

“Cuando se propone un modelo simulación en la producción de ganado bovino, se espera de la investigación el desarrollo de una herramienta capaz de simular, primero el rendimiento de los diversos tipos genéticos en respuesta a los cambios en las estrategias de gestión de calidad y de forraje, lo que representa dinámico interacciones entre el genotipo del ganado, la calidad del forraje, y estado fisiológico. Segundo el desempeño económico de sistemas de producción de vacas y terneros en respuesta a alternar mejoramiento y administración de sistemas. Los modelos matemáticos son herramientas útiles para la evaluación de los sistemas de producción ganadera. El proceso de modelado requiere la integración y síntesis de información científica descubrimiento de varios, a veces diferentes, áreas de investigación. En la medida en que los investigadores tienden a ser más centrado en áreas especializadas, los esfuerzos de modelado son extremadamente valiosos en la aplicación de la investigación

básica. Los esfuerzos para modelar sistemas biológicos zonas de altas luces donde la información es deficiente o incompleta. Como tal, esto puede ser una de las más valiosas contribuciones de investigación de sistemas (p.1159–1169)”.

Uno de los elementos más significativos a la hora de producir carne en la ganadería bovina es la fase de engorde del ganado presenta diversas modalidades. El inicio de los animales que entran a formar parte del sistema, la edad al destete, raza, condiciones de manejo o circunstancias socioeconómicas o culturales que puedan imponer determinadas limitantes, son entre otros los factores que condicionan esta etapa final en la vida del animal. La alimentación es el factor más relevante, por eso su optimización ha sido y es objeto de mucha una atención especialmente por parte de los técnicos, ganaderos, investigadores y economistas.

Debido a esto, (Garcia & Rodriguez, 1998), realizan una investigación de optimización del engorde de bovinos en pastoreo en la pampa argentina mediante programación lineal. En esta se una metodología que permite establecer la ración a coste mínimo, así como el nivel de producción de máximo beneficio en la invernada en el engorde o cebo del bovino de la región pampeana argentina, bajo un sistema productivo básicamente pastoril. Se calcula mediante programación lineal la ración a mínimo coste, contemplando las restricciones de energía metabólica, energía neta de crecimiento y engorde, proteína bruta, consumo de materia seca y administración de concentrado. Una vez establecida la ración a mínimo coste se determina por iteraciones múltiples el nivel de ganancia media diaria que genera un beneficio máximo. El modelo permite incorporar todas aquellas restricciones fisiológicas que se estimen oportunas y calcula la ración de máximo beneficio.

Se ha señalado por varios autores que muchos de los factores que limitan la producción de las pasturas tropicales, están relacionados con limitaciones de los suelos (Till, 1981; Paretas, 1990; Botero, 1993; Pezo, 1997). En áreas de ganadería, y específicamente en zonas tropicales se presentan agudos problemas de deterioro de la relación suelo pastizal, con pérdidas de la fertilidad de los suelos, erosión, salinidad y baja persistencia del pasto. El incremento de la fertilidad del suelo es el resultado de la aplicación racional de los principios de manejo de los componentes del sistema de producción y el conocimiento de las potencialidades de los recursos disponibles en el ecosistema ganadero (Paretas, 1990; Senra, 1992). Por su parte, los fertilizantes orgánicos mejoran las propiedades fisico-químicas del suelo, debido al aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y micro elementos (Crespo & Arteaga, 1986; Teitzel et al., 1991; Altieri, 1996).

Desde hace varias décadas, especialistas y productores ganaderos vienen realizando esfuerzos para identificar, adecuar y establecer alternativas que

mejoren el suministro de fibra, energía y proteínas al ganado, en lo cual no siempre se han considerado las particularidades de cada ecosistema. Las características del pastizal su composición florística, altura, densidad y valor nutritivo son una consecuencia del manejo del pasto y de las condiciones de clima y suelo (Pinheiro, 1998). Las mismas, son los principales factores que afectan los hábitos de comportamiento de los animales, medidos en las variables de conducta en pastoreo e indicadores de producción. Pues se ha señalado que para alcanzar buenas producciones en praderas tropicales, es necesario seguir un manejo correcto en el sistema suelo-planta-animal y de mejor manera en los que pueden ser controlados por el hombre (Sosa, González, Hernández, & Eguiarte, 1991).

(Urbano, Dávila, & Castro, 2008), sostienen,

“Que el efecto del pastoreo, especialmente la carga animal, sobre la producción tanto por animal como por superficie, han sido estudiados y son fácilmente explicables. Los efectos del pastoreo sobre la estabilidad y composición de las pasturas, a mediano plazo, son difíciles de predecir, así que la presión de pastoreo y los días de descanso, deben probarse para los nuevos genotipos en diferentes condiciones ecológicas. Generalmente los productores se encargan de las introducciones de nuevas especies y variedades de pastos, la mayoría de las veces no son exitosas, por no alcanzar los valores de producción y calidad nutritiva esperada”.

Para un manejo adecuado de la pastura es necesario utilizar los días de descanso apropiados para cada especie, dependiendo de la recuperación de la planta, de la estación del año y de la calidad esperada del forraje. Este período está limitado entre un mínimo de días necesarios para que la plantas recuperen sus reservas de carbohidratos solubles y un máximo, que garantice una calidad apropiada del material ingerido por los animales, así como un número adecuado de pastoreo al año. A veces el manejo de una planta bajo corte o pastoreo a intervalos iguales constituye un error básico, ya que existe época de escaso crecimiento que requerirían tiempo largo de descanso, mientras que en época de crecimiento acelerado, se permitirían tiempos cortos de reposo (Sorio, 2006).

Los estudios de factibilidad son herramientas que permiten analizar y cuantificar el monto de una inversión como también el beneficio o pérdida a obtener, al implementar un cambio en un sistema de producción o emprender una nueva actividad productiva, con base en la recolección de datos pertinentes y actualizados de carácter técnico, social, ambiental y económico de la actividad en estudio (Sapag & Sapag, 2008).

En el año 2009, (Gutiérrez, Wing Ching, & Rosales), desarrollan un estudio de factibilidad del establecimiento de un sistema de producción de engorde de búfalos en pastoreo, se evaluó la viabilidad técnica, financiera y el análisis de riesgo para el establecimiento de un sistema de producción de engorde de búfalos

en pastoreo. Se contó, con 10 animales con 250 kg de peso inicial y 500 kg a los 12 meses. La evaluación del sistema se basó en la metodología de presupuesto de capital, que considera flujos de caja nominales y aplica los indicadores de rentabilidad financiera: tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN), relación costo/beneficio (C/B), y período de recuperación de la inversión (PRI). El análisis de sensibilidad se realizó mediante la técnica de Hertz o de Análisis Multidimensional; para medir TIR y VAN se evaluó el costo operativo por animal, ganancia de peso diaria, peso final a la venta, y cantidad de animales producidos al año. La evaluación del riesgo se efectuó mediante una simulación de Monte Carlo o Método de Ensayos Estadísticos; se usó ganancia de peso, precio de compra y venta de los animales, y costo de capital (p.183-191).

(Vargas, 2009), desarrolla un modelo de simulación para la producción de carne bovina, este trabajo estudia el problema de simular los sistemas de producción de carne bovina basados en el pastoreo y se fundamenta en las investigaciones agronómicas existentes aplicables a las condiciones tropicales. El modelo de simulación que se presenta considera el modelo de crecimiento de los animales, el modelo de crecimiento del pasto en los repastos, el efecto del clima, el proceso de rotación y las decisiones que puede tomar el hombre respecto a dicha rotación.

En ese mismo año, (Galindo & Vargas), diseñaron un modelo estocástico de simulación representativo de un sistema de producción bovino de cría y engorde bajo condiciones de pastoreo. El modelo se utilizó para estimar el rendimiento bio-económico anual del sistema y para evaluar la importancia relativa de distintas variables de entrada sobre 2 parámetros de rendimiento del sistema: kilogramos de ternero destetado por vaca expuesta a toro y utilidad neta. Los resultados se presentaron en forma de valores económicos (utilidad neta/variable entrada) para rasgos biológicos de interés. De acuerdo con el modelo la tasa de preñez es la variable biológica que presenta mayor impacto sobre estos 2 parámetros, estimándose un valor.

Por otra parte, (Chajin & Jimenez, 2010), proponen un modelo de simulación para un sistema de producción bovina intensiva, con el uso de la Dinámica de Sistemas y el Pensamiento Sistémico, el modelo se compone de seis prototipos, aumentando la complejidad a medida que se avanza en el prototipito. Los diferentes sectores que contiene cada prototipo son: demográfico, biofísico, productivo y económico. Además, el modelo consta de un prototipo adicional, que muestra el comportamiento de la ganancia de peso del animal, acorde al alimento suministrado. Para apoyar la toma de decisiones y ayudar al reconocimiento y aprendizaje de los diversos comportamientos que se puedan presentar en los diferentes prototipos que conforman el modelo, se ha recurrido a la implementación de una herramienta software denominada SIPROBI 1.0, la cual por medio de gráficas, tablas y controles de variables relevantes, ayuda a visualizar a los usuarios finales -estudiantes y docentes del sector agroindustrial,

así como productores bovinos a grande, mediana y pequeña escala, los resultados de la simulación.

(Castellaro G., Aguilar G., Vera I., & Morales, 2012), elaboraron y validaron un modelo de simulación de crecimiento de pastizales perennes, basado en variables de suelo y clima. En una primera aproximación se consideró que el suelo tenía adecuados niveles de fertilidad, por lo cual la disponibilidad de agua y el nivel de fitomasa fueron las principales variables que inciden sobre el crecimiento del pastizal. Se consideraron subrutinas de balance hídrico, crecimiento del pastizal y dinámica de biomasa radical. Las hipótesis referidas al funcionamiento del sistema fueron formuladas en un sistema de ecuaciones, el cual se resolvió numéricamente mediante un programa escrito en Visual Basic. Los datos de suelos, termo-pluviométricos, y de radiación solar fueron obtenidos de una estación meteorológica ubicada en la misma localidad.

(Gomez, Andrade, & Vasquez, 2015), proponen una metodología que orienta, facilita y motiva la construcción de ambientes de aprendizaje para la formación y entrenamiento sobre la toma de decisiones, la administración y la investigación de procesos agropecuarios. La metodología está apoyada en modelos de simulación que permiten, mediante matemática no lineal y computación soportada en la Dinámica de Sistemas, la generación de posibles escenarios para abordar la complejidad dinámica de los fenómenos en estudio. La propuesta resulta ser útil y conveniente para aprendices e investigadores que en grupos interdisciplinarios asumen el reto de abordar la complejidad de sistemas productivos. La complejidad dinámica de los modelos está asociada a la complejidad de su estructura realimentada, de tal forma que las perturbaciones en una de las variables se transmiten en los ciclos retornando sobre la variable inicial, el desarrollo de modelos con DS orientados a la comprensión del comportamiento de los sistemas de producción agropecuario, contemplando lo demográfico de manera integrada con lo biofísico, productivo y económico, es baja dada la complejidad de estos sistemas productivos.

Los sistemas de producción agraria en general, y en particular la producción ganadera ha sufrido en los últimos años un cambio sustancial en los países más desarrollados pasándose de las típicas explotaciones extensivas ligadas al terreno, a las granjas intensivas en donde se ha incrementado la carga ganadera, bien aumentando el número de cabezas en pastoreo o mediante la construcción de granjas intensivas en establo. Esta transformación de la ganadería ha sido más drástica para algunas especies, apareciendo en ciertas zonas una alta concentración de animales, que es la causa principal de los problemas medioambientales y generó la necesidad de la normativa medioambiental (Bigeriego & De Saavedra, 2004).

Para Colombia, una legislación ambiental más coherente debe estar acorde con la realidad del país y proporcionar opciones para cuantificar el deterioro ambiental a

través de estándares o indicadores, depurando normas que generen conflictos por competencias entre instituciones encargadas de aplicarlas, mayor rigidez en el estatuto penal para conductas en contra del ambiente, pero a la vez estímulos para quienes menos contaminan o generen menos daños. El aspecto más importante de una legislación ambiental no es su gran profundidad o si abarca todas las temáticas que pueda contemplar, se trata más bien de su aplicabilidad y de los desarrollos que a nivel regional surgen como una necesidad de respuesta a las problemáticas locales enmarcadas en un contexto nacional y mundial (Patiño, 1999).

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 La ganadería en el mundo

La ganadería es una actividad económica del sector primario que consiste en el manejo de la cría y domesticación de animales para fines de consumo humano. Al igual que otras actividades esta es explotada por el hombre desde tiempos antiguos y ha sido el sustento para satisfacer las necesidades de alimento como carne, cuero, huesos y leche. La actividad ganadera inicia en el siglo XV, como una producción poco explotada, fue desarrollándose a gran escala generando altas ganancias y producción en creces. “Durante los siglos XIX y XX con la colonización europea de América, ésta logró un desarrollo intensivo, que terminó afectando los recursos naturales” (Santillana, 2011).

Uno de los procesos más conocidos en la historia de la actividad ganadera fue de pasar de una economía de recolección donde se tenía la caza de animales y la pesca a una economía de producción libre de ciertas plantas y animales. Cierta número de individuos establecieron la reproducción de vegetales y animales para asegurar su bienestar al suplir las necesidades primarias como los alimentos de consumo, carne, cuero, huesos y otros. Estos individuos como sociedades primitivas en la caza y recolección se desplazaban grandes distancias siguiendo las migraciones de bovinos, cérvidos u otros. Desde “hace unos 10.000 años los seres humanos del neolítico descubrieron que capturar animales, domesticarlos y mantenerlos vivos para utilizarlos cuando fuera preciso, les permitía reducir la incertidumbre que en relación con las posibilidades de alimentación, les suponía el hecho de tener que depender de la caza” (Secretaría Agricultura y Ganadería de Honduras, 2009).

Este sedentarismo estuvo unido al nacimiento de las prácticas agrícolas, que ligaban al hombre a la tierra y además permitían el cultivo de forraje para los animales. De ese modo, cuando el hombre inició la domesticación de animales

herbívoros como vacas, ovejas, cabras y abandonó la caza y la recolección de frutos, nació la ganadería, durante el neolítico y muy probablemente, al mismo tiempo que la agricultura. La domesticación de animales permitió también utilizarlos para realizar trabajos agrícolas o transportar cargas. Además, los restos de las cosechas que no eran utilizables en la alimentación humana podían aprovecharse como alimento para el ganado (Castro Martínez, Escoriza Mateu, Fregeiro Morador, Oltra Puigdomenech, & Sanahuja Yll, 2003).

La producción cárnica se comenzó a desarrollar a finales del siglo XV, como una producción precaria de escasos recursos, escasa comercialización y escaso consumo. Luego fue desarrollándose a gran escala generando alta ganancia y producción en creces. Durante los siglos XIX y XX, con la colonización europea de América, tuvo un desarrollo intensivo, que agotaba los recursos naturales. En la actualidad, el área de extensión de la ganadería es superior que la de la agricultura, ya que el ganado puede ser criado en áreas donde el duro clima imposibilita el crecimiento de los cultivos, como en las altas montañas o las zonas con una aridez extrema. La estabulación del ganado y el desarrollo de nuevas técnicas de alimentación han contribuido para disminuir la dependencia de las condiciones del medio (Clasificaciones, 2016).

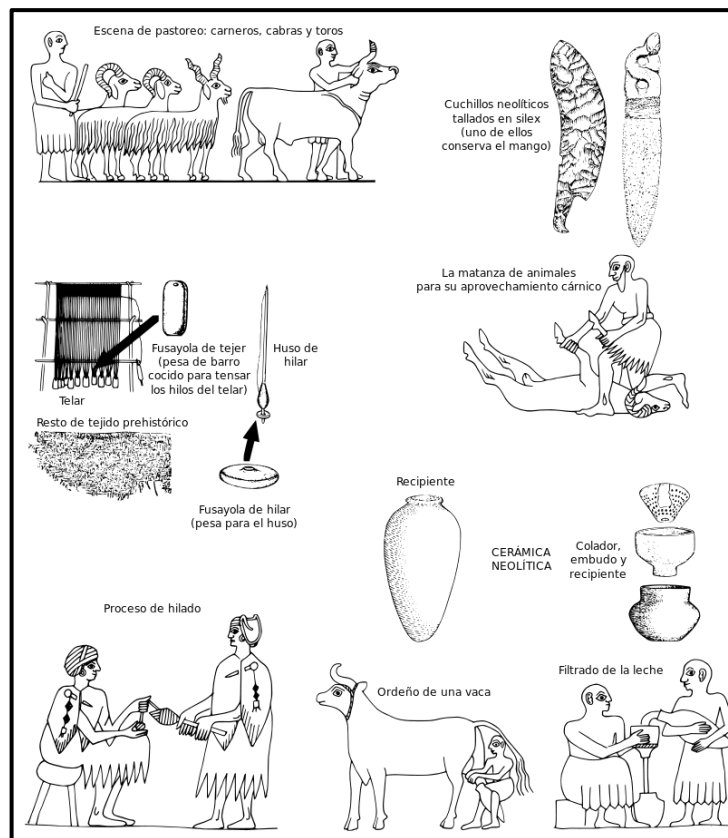


Figura 1. La Ganadería Esquema de las actividades ganaderas del Neolítico relacionadas con sus herramientas. Fuente: (Benito, 2009)

A nivel mundial el análisis de producción en lo que se refiere a bovinos es el siguiente:

Tabla 1. Ganado Bovino de Carne

COMERCIO EXTERIOR		
OFERTA Y CONSUMO MULDIAL 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

2.3.2 Historia de la ganadería en Colombia

La ganadería en Colombia inicia en la época de las primeras migraciones de europeos en territorio americano. Otero (2013) afirma:

“Los Primeros vacunos llegaron con el segundo viaje de Colón a la isla de la española, lo que hoy es Haití y Santo Domingo y de ahí pasaron a Colombia a través de Panamá. En 1524 Rodrigo de Bastidas obtiene autorización real para traer a territorio colombiano cerca de doscientos vacunos los cuales desembarcaron a Santa Marta el 16 de mayo de 1525. Años más tarde llegaron también a Cartagena, Santa Marta y la Península de la Guajira, grupos de vacunos. En estos dos últimos lugares se multiplicaron y luego iniciaron su avance hacia el interior donde encontraron el medio físico favorable. Posteriormente se introdujeron más vacunos desde el sur, por Ecuador y otros desde Venezuela, en 1543. Con estos últimos empezaron a poblarse los Llanos Orientales. A finales del siglo XVI, de las áreas del Río Cesar, Isla Mompós, Sabanas bajas cenagosas de Bolívar se expandió el ganado vacuno hacia Antioquia, a los Territorios que hoy forman los Santanderes y remontando el Magdalena al centro del país. Cuando a finales del siglo pasado vino la expansión cafetera, al lado del grano colonizador, el pasto y la vaca se regaron por las entrañas de los ramales andinos que enmarcan los Valles del Magdalena y Cauca y sus

numerosos afluentes. La expansión ganadera en el Valle del Cauca la iniciaron los colonizadores con los cuales llegaban los vacunos procedentes de Antioquia, Tolima, Huila y la Costa Atlántica. Adaptándose, multiplicándose por el medio favorable y pastos abundantes que encontraron. Los bovinos que llegaron inicialmente parecían a la especie Bos Taurus, provenientes de las razas españolas: Andaluza negra, Pirenaica, gallega, Barrenda Andaluza y murciana, que mezcladas en diferentes proporciones fueron adquiriendo características y cualidades fisiológicas que se han conservado a través de muchas generaciones”.

2.3.3 La ganadería bovina en Colombia como actividad económica

Gracias a su ubicación geográfica Colombia cuenta con gran variedad de pisos térmicos que van desde el nivel del mar hasta regiones de páramo, ello permite la explotación de diferentes razas bovinas productoras de carne, leche y doble propósito. La Población Bovina en el país está distribuida en 494.402 predios y constituida aproximadamente por 22´689.420 animales, ubicados principalmente en los departamentos de Antioquia (11,67%), Córdoba (8,61%), Casanare (8,18%), Meta (7,36%), Santander (6,26%) Cesar (6,02%), Caquetá (5,94%), Cundinamarca (5,57%) y Magdalena (5,35%) que agrupan el 64,96% de la población total nacional (Instituto Colombiano Agropecuario(Ica), 2016).

La ganadería bovina tiene una importancia por su aporte al producto interno bruto agropecuario y a la demanda agregada a través del consumo de los hogares, las mejoras tecnológicas y la distribución del hato entre llanura y montaña que se ha producido en los últimos años, ocurre por el margen de rentabilidad que ofrecen la tendencia de los precios y consumo y la capacidad de competencia de la actividad frente a otros usos del suelo. La población ganadera y la producción anual dependen en gran medida de la dinámica que exprese el crecimiento de los mercados terminales. El consumo determinado por los ingresos, el precio, las elasticidades ingreso y precio del producto y el comportamiento poblacional, así como el tipo de mercado competitivo con una lógica especial de formación de los precios a su interior, condicionan la evolución del subsector. (Bonilla, 2016).

Colombia se ha caracterizado por ser un productor de ganado bovino, a través de los años, en la región del Caribe colombiano donde predomina la cría de bovinos tipo carne bajo un sistema de explotación extensivo en las grandes sabanas en condiciones de pastoreo con forrajes tropicales. En esta zona del país que está comprendida por los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre tienen condiciones idóneas para la explotación agrícola y pecuaria, ya que genera un índice PIB muy significativo para el país. (Mejía, 2016)

En la figura 2, se puede observar cómo están distribuidas las zonas de actividad agrícola y pecuaria en condiciones de pastos, malezas y rastrojos, Transitorios y permanentes.

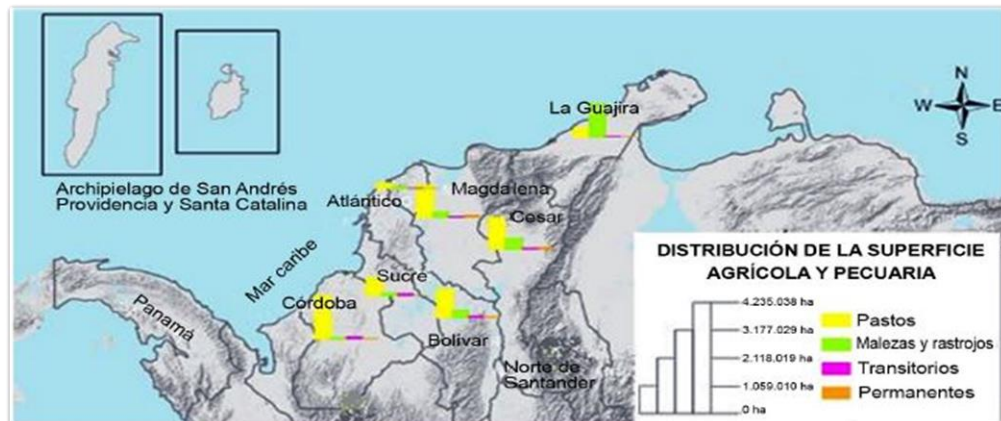


Figura 2. Distribución de la superficie agrícola y pecuaria. Fuente: (Lombana Coy, y otros, 2012)

El sector bovino se caracteriza por tener una gran cantidad de actores que intervienen en la cadena de suministro, como son: el productor ganadero (P. G.); intermediarios, bien sean comercializadores, o bien frigoríficos, industria de transformación; los distribuidores, y el consumidor final. En Colombia, la integración de la cadena láctea se ha hecho parcialmente a través de cooperativas entre productores e industria. Sin embargo, la gran mayoría de interacciones se presentan entre distintos eslabones (Lombana Coy, y otros, 2012).

A continuación, se muestra gráficamente el funcionamiento del sistema ganadero en los sectores cárnicos y lácteos; donde se observa como el productor ganadero tiene dos alternativas de actividad de explotación ganadera.

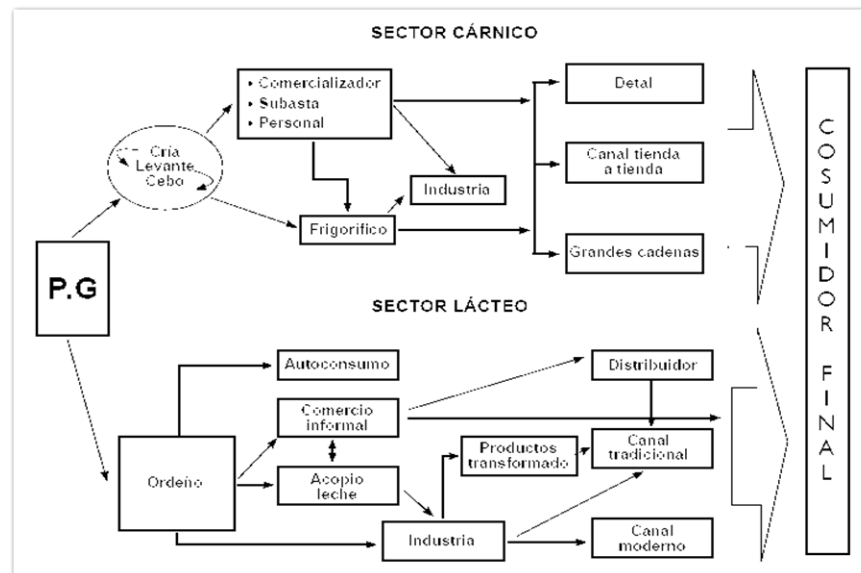


Figura 3. funcionamiento del sistema ganadero en los sectores cárnico y lácteos. Fuente: (Lombana Coy, y otros, 2012)

Por su parte, la producción de carne no es muy diferente, animales que en estado natural podrían vivir hasta 30 años son sacrificados en tan solo 36 meses. Solo en 72 municipios de Colombia, para el año 2008, se sacrificaron en las “plantas de sacrificio autorizadas” conocidas como mataderos, un total de 2.525.550 (147.061 solo en Medellín) cabezas de vacunos.

Tabla 2. 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)

2.3.4 Tipos de explotación ganadera

Según Jarque Megias (2014), en Colombia se pueden visualizar tres tipos de explotación ganadera que son utilizados por los productores pecuarios y agropecuarios dependiendo de los recursos económicos y tecnológicos disponibles las cuales son:

- **Explotación extensiva:** Es la ganadería tradicional en donde se encuentran grandes cantidades de terreno con pocos animales que se alimentan directamente de lo que produce el terreno, de los recursos que se encuentran en él sin un mejoramiento de praderas. No hay cercado en todo el potrero.
- **Explotación intensiva:** Este tipo de ganadería es la que se desarrolla con fines productivos altos, utilizando las últimas tecnología o tecnología de punta; los animales son estabulados y confinados en espacios que generalmente son adecuados bajo condiciones de temperatura, luz y humedad que han sido creadas en forma artificial, con el objeto de incrementar la producción en el menor tiempo posible, minimización de espacio, de fuerza de trabajo y optimizando el control de manejo, nutrición y producción.
- **Explotación mixta:** Es aquella en la que se tienen los animales un tiempo en estabulación y otro en potrero. Esto se hace con el fin de manejar la alimentación en las etapas de engorde y de lactancia. También es importante en el manejo de renovación de praderas y el de darle un bienestar a los animales al sentirse libres, se estresan menos y producen más.

2.3.5 Ciclos de producción ganadera

Un ciclo productivo comprende un proceso prolongado en el tiempo que involucra distintas etapas desde que el ternero(a) nace hasta que está listo para la comercialización del producto final, sea carne, leche o sus derivados. La dinámica de los ciclos es diferente según el tipo de explotación, las condiciones del predio y la predilección del ganadero por una etapa sobre otra o la tradición que se haya adquirido a lo largo de los años. Etapas del Ciclo Productivo en Ganadería:

- **Cría:** La etapa de la producción temprana (cría) va desde el nacimiento hasta los 6 meses de edad. De acuerdo con el gerente general de Subastar

S.A., el modelo productivo de cría es extensivo en lugar de un modelo intensivo estabulado. Se estima que son necesarias grandes extensiones de tierra para producir crías.

- **Levante:** El levante va desde el séptimo mes hasta los 18 meses. Esta etapa también está determinada por el peso: aquellos animales que estén por debajo de los 230 kilos hacen parte de período. (Fonseca, 2016)
- **Ceba:** La etapa de ceba va desde los 19 meses y se extiende hasta los 24 o 36 meses de edad. Este límite lo define el peso de los animales, pues se considera que cuando alcanzan 450 kg a 470 kg, estos están listos para el sacrificio. (Fonseca, 2016)
- **Ciclo completo:** Este ciclo productivo comprende las 3 etapas anteriores, cría, levante y ceba. Los ganaderos que se dedican al ciclo productivo completo, adquieren terneros, los levantan y los ceban hasta llevarlos a sacrificio (Fonseca, 2016)

2.3.6 Modelos productivos de ganadería

- **Ganadería de carne:** Es la actividad ganadera donde el objetivo principal es la producción de carne y está directamente relacionada con la ceba de machos, asegurando que al finalizar su ciclo tengan el peso, y la cantidad de tejido muscular apta para su beneficio. (CONtexto Ganadero, 2014).
- **Ganadería de leche:** Es la actividad ganadera donde el objetivo principal es la producción de leche y está directamente relacionada con la cría de hembras. La clave de éxito de este aprovechamiento depende, en primera instancia, de una selección de genética apta para la producción láctea, además de un adecuado proceso de gestión de la madre y de la buena crianza de las terneras (CONtexto Ganadero, 2014).
- **Ganadería doble propósito:** El doble propósito es un sistema tradicional del trópico bajo latinoamericano en el cual se produce carne y leche simultáneamente utilizando como base vacas cebú/criollas o cruzadas con razas lecheras europeas, lo que generalmente va acompañado de la cría de terneros mediante amamantamiento (Restom Bitar, 1996).

2.3.7 Razas de ganado bovino en Colombia

- **Aberdeen angus:** Raza originaria de Escocia que se adapta muy bien en terrenos escabrosos. Son animales de color negro, carentes de cuernos, buena habilidad materna, longevos, de crecimiento rápido, precocidad sexual, fertilidad, facilidad de parto y buena producción de leche; esto permite obtener terneros destetos con buen peso para el levante y ceba. Los machos adultos pueden alcanzar los 950 kilogramos y las hembras 600 kilogramos de peso. Su canal es de carne de alta calidad, marmoleada y con vetas de grasa. El cruce con cebú dio origen al ganado Brangus (Finagro, 2009; UNAD, 2011).
- **Limousine:** Se caracterizan por su color rojo alazán sin manchas, mucosas pardas, cabeza y cuello corto, anca ancha y cuartos traseros gruesos, bien definidos y redondeados. Excelente productor de carne por su precocidad, rendimiento en canal, poca grasa de cobertura, finura y color. (Finagro, 2009).
- **Bosmara:** Raza taurina de origen africano, formada por el cruce de 5/8 de Afrikáner, 3/16 de Hereford y 3/16 de Shorthorn. Se reconoce por su alta fertilidad, facilidad de parto, habilidad materna, buen crecimiento en campo abierto como en estabulado y de gran mansedumbre; su carne es de alta calidad por su ternura y buen sabor (Finagro, 2009).
- **Charoláis:** Originaria de Francia. Se caracteriza por su pelaje de color blanco o crema pálida, cabeza pequeña y corta, cuernos claros y alargados, orejas delgadas con poco pelo, cola pequeña y de escasa borla, tren posterior muy musculoso, de patas cortas y pesadas. Las vacas alcanzan de 700 a 800 kilogramos y los toros de 1000 a 1200 kilogramos de peso, con algo más del 65% de rendimiento en canal. Las vacas son buenas lecheras y la raza es considerada precoz, prolífica y dominante. Su cruzamiento con la raza Brahmán dio origen a la raza Charbray (UNAD, 2011).
- **Hereford:** Raza originaria de Inglaterra. Se caracteriza por ser de color rojo; la cabeza, el vientre y las partes bajas de las patas de color blanco, y los cuernos grandes y direccionados hacia adelante con agudas puntas. El peso vivo del toro adulto es aproximadamente de 1000 kilogramos, la vaca adulta tiene un peso vivo de 675 kilogramos. Consumen pasto sin dificultad (UNAD, 2011).
- **Simmental alemán y Simmental americano:** Raza originaria de Alemania, introducida a América en los años 60, en donde se creó la raza Simmental

americano. En Colombia los cruces de estas razas o de sus tipos con la raza Brahmán o cebú comercial han dado auge a las ganaderías de doble propósito, llegando a obtener animales de color amarillo claro hasta rojo, con muchas manchas blancas en la cabeza, en la parte ventral del tronco y extremidades; sus pesuñas son blancas; pueden tener cuernos o no, y llegan a pesar 480 kilogramos a los dos años de edad, ofreciendo carne magra o baja en grasa (UNAD, 2011).

- **Shorthorn:** Corresponde a la raza inglesa de doble propósito más grande; los animales son de buen temperamento, por lo que es menos difícil su manejo. Su principal característica son sus cuernos cortos, de allí su nombre de Shorthorn. Pueden ser colorados, blancos o una combinación de estos dos colores. Su hocico es de color carne (UNAD, 2011).
- **Brahmán:** Es una raza obtenida en Estados Unidos a partir del cruce de razas como la Nelore, Guzarat, Gyr y Krishnavalley, especialmente para la producción de carne por su precocidad, productividad, calidad de la canal, ganancia diaria de peso, rentabilidad y su adaptabilidad a las condiciones tropicales. Los animales pueden ser de color rojo, blanco o gris, sobre todo en la parte anterior del cuerpo, el cuello y la giba o morro; su frente es ancha; las orejas son vivaces, de tamaño mediano terminando en punta redondeada; el cuerpo es grande, la línea dorsal recta, los miembros cortos y el esqueleto mediano. Son animales compactados, llenos y muy pesados. De otra parte, el cruce con razas especializadas en leche favorece el desarrollo de la ganadería de doble propósito (Finagro, 2009; UNAD, 2011).
- **Gyr:** Es un ganado cebuino originario de la India y perfeccionado en Brasil, con excelente producción de leche; los cruces con razas lecheras como Holstein, Jersey o Pardo Suizo producen ejemplares F1, con habilidad para adaptarse a las condiciones del trópico bajo y con muy buena producción de leche, lo cual contribuye a potenciar la ganadería de doble propósito. Se caracterizan por su cabeza larga, orejas colgantes, grandes y dobladas en forma de alcatraz, cuernos gruesos y curvados hacia atrás, cuello corto, cuerpo bien conformado y giba grande. Son de color castaño, rojizo y blanco; a veces su pelo presenta una combinación de estos tres colores, con manchas negras, amarillas y blancas (Finagro, 2009; UNAD, 2011).
- **Guzerát:** Es una raza de doble propósito, gran productor de carne y leche. Se adapta a condiciones adversas y de pastoreo. Los animales de esta raza se caracterizan por su color gris, cabeza triangular, frente subcóncava o casi plana, orejas largas, cuernos grandes en forma de lira, giba en forma de riñón, lomos cortos pero anchos y profundos, y prepucio corto. Las hembras presentan ubre con buena capacidad y pezones un poco

voluminosos y largos; los novillos alcanzan el peso de sacrificio a los tres años y medio de edad (Finagro, 2009; UNAD, 2011).

- **Nelore:** Animales originarios de la India, utilizados esencialmente para la producción de carne, aunque presentan buena producción de leche. Se reconocen por su pelaje de color blanco uniforme; los machos presentan un color más oscuro (Finagro, 2009; UNAD, 2011).
- **Santa Gertrudis:** Raza lograda en Estados Unidos a partir del cruce de 5/8 de Shorthorn con 3/8 de cebuino (Guzerat o Nelore). Son animales con gran resistencia a las condiciones climáticas del trópico bajo y la producción de carne es similar a la de la raza Shorthorn. Sus vacas producen abundante leche, destetando terneros a los nueve meses de edad con pesos de 250 kilogramos. Entre sus características se resalta el color rojo cereza, pelo corto, lacio y brillante, con pliegues en el pecho y en el ombligo. Sus piernas son más largas que en las otras razas de carne. Son de temperamento nervioso (Finagro, 2009; UNAD, 2011).
- **Brangus:** Esta raza es originaria de Estados Unidos y, como se indicó anteriormente, proviene del cruce de las razas Brahmán y Angus. Su adaptabilidad a los climas tropicales es altamente adecuada. Su pelaje es negro, liso y suave. Tiene una pequeña saliente en la papada. Su conformación es ancha y profunda; la línea ventral es recata. Su hocico es moderadamente grande. La vaca tiene ubre grande y pezones pequeños, pero bien implantados (UNAD, 2011).
- **Charbray:** La raza es originaria de los Estados Unidos; provino del cruce del Brahmán con el Charoláis. Tienen la habilidad del cebú para adaptarse a climas adversos sin perder su calidad de buenos productos. Es de color tostado claro al nacer, pero cambia en poco tiempo a un blanco cremoso. Tiene cuernos (UNAD, 2011).
- **Razas criollas:** Blanco orejinegro o bon, san martinero, romosinuano, costeño con cuernos, casanareño, y cruces con ganado cebú (pérez, o., 2014).

2.3.8 Sistemas de Pastoreo

Un sistema eficiente de pastoreo debe estar orientado a que el animal consuma la mayor cantidad de forraje posible, que sea de buena calidad para llenar sus requerimientos de sostenimiento, producción y reproducción, según el sistema de explotación con el menor deterioro de la especie forrajera y del suelo. Existen diferentes sistemas de pastoreo, los cuales varían con el nivel de producción que se desea obtener, los costos, especies de pasto, especie y tipo de animal, topografía, disponibilidad de agua y de insumos, precio de la tierra y mano de obra, entre otros factores. (Cardona Mejia, 2012)

2.3.8.1 Pastoreo Continuo

Es el más utilizado en las explotaciones ganaderas, y consiste en mantener a los animales todo el tiempo en un mismo potrero. Este tipo de pastoreo tiene muchas dificultades se puede presentar sobrepastoreo si el grupo de animales es muy alto y la disponibilidad de forraje del potrero no es suficiente, los pastos se agotan con el tiempo y se presentan calvas por sectores debido al debilitamiento de las especies en estos sitios, surgiendo así plantas arvenses. El subpastoreo también se puede presentar y es un problema, debido a que los animales no consumen toda la pradera y comienzan a lignificarse las especies menos palatables, convirtiéndose en zonas acolchonadas que los animales no consumen. El animal gasta más energía en este sistema buscando alimentos para llenar sus requerimientos y la pradera se degrada. Se logran mayores valores en ganancia de peso diario por animal, pero la producción por hectárea será menor debido a que el número de animales en el área será menor. (Cardona Mejia, 2012)

2.3.8.2 Pastoreo Alterno

Consiste en dividir el área en dos potreros más o menos iguales en los cuales se alternan los animales de uno a otro, de esta manera mientras un potrero está ocupado el otro está en descanso, este tipo de pastoreo no es flexible, debido a que el tiempo de descanso de un potrero depende del tiempo que el otro potrero sea capaz de soportar los animales y viceversa. Esto hace los periodos de ocupación iguales a los de descanso, situación que dificulta mantener la composición botánica de la pradera. Se aprovecha el periodo de descanso del potrero desocupado para hacer controles de malezas y fertilizantes. De acuerdo al pasto que se esté explotando se tienen diversos periodos de alternación, por ejemplo: 14 días de ocupación, 14 días de descanso o sea 14:14 viable para pasto estrella, existe la alternación 21:21; 28:28; 35:35; 42:42 y hasta 49:49 siempre dependiendo de la recuperación de la especie utilizada. De todos modos, las alternaciones más largas (42:42 y 49:49) serán implementadas en épocas de verano cuando el periodo de descanso que necesitará el forraje para acumular reservas y de recuperarse será más largo. (Cardona, 2012)

2.3.8.3 Pastoreo Rotacional

Si queremos tener varios potreros pequeños (3 o más) entonces estamos orientados hacia un sistema de pastoreo en rotación en el cual los periodos de ocupación por el ganado son cortos y los periodos de descanso se han de acuerdo a la especie sembrada y a las condiciones climáticas, en este caso las prácticas culturales tales como fertilización, control de malezas y riego se facilitan notablemente, la inversión por concepto de infraestructura es mayor (cercas, saladeros, bebederos, canales de riego, etc.) pero la carga animal es más alta, el consumo y producción de forraje es más uniforme y regulado y por lo tanto la productividad de la finca se incrementa.

Presenta algunas ventajas respecto a los sistemas anteriores:

- Limita la selectividad del animal.
- Permite mayor carga animal por hectárea.
- Se conserva la composición botánica de la pradera, ya que las especies tienen mayor oportunidad de recuperación.
- Permite disminuir la incidencia de parásitos internos y externos.

El sistema de pastoreo rotacional es aconsejable para explotaciones que dispongan de buena tecnología, que tengan pasturas mejoradas y se quiera tener alta rentabilidad. Es conveniente asegurar una excelente administración y un programa paralelo de sanidad animal (Cardona Mejia, 2012) .

2.3.8.4 Pastoreo en Franjas

Es una modificación del pastoreo rotacional y consiste en proporcionar diariamente o por periodos menores a un día franjas de pastura a los animales con ayuda de la cerca eléctrica. Este tipo de pastoreo se recomienda para zonas donde el costo de la tierra es muy alto, porque permite una mayor carga animal por hectárea y con mayor eficiencia. Al ser un sistema de producción intensivo se requiere de suelos de muy buena calidad en fertilidad, topografía, y humedad, así como de especies forrajeras de muy buena calidad nutricional, con un manejo muy especializado en fertilidad, control de malezas y manejo de los animales. Se pueden encontrar algunas desventajas como sería, costos altos por el uso de la cerca eléctrica, también se pueden usar bebederos y saladeros portátiles. (Cardona Mejia, 2012)

2.3.8.5 Pastoreo Racional Voisin (PRV)

Según MILA (2009), el agrostólogo francés André Voisin creó este sistema en el año 1959. El método, denominado Pastoreo Racional Voisin (PRV), con más de medio siglo de vida, obedece a unas leyes que tienen aplicación en el pastoreo en rotación en 4 aspectos:

- **Intervalo suficiente de descanso:** Esto con el fin de que el forraje acumule los carbohidratos de reserva para su crecimiento vigoroso después del pastoreo y tener mayor producción de forraje de adecuada calidad en suficiente cantidad.
- **Periodo de ocupación corto:** Una planta cosechada inicialmente no debe volver a ser cosechada nuevamente por el animal en el mismo periodo de ocupación.
- **El pasto de mayor calidad:** Lo deben cosechar los animales de mayores requerimientos fisiológicos, pastos con altura promedio de 15 – 22 cm. Permiten cosechar la cantidad máxima y forraje de mayor calidad. Se pueden recomendar alturas de corte según la especie.
- **Un animal productivo:** (Vaca lechera) para producir cantidades regulares de leche no debe permanecer más de un periodo en un potrero, lo mejor es rotar los animales.

2.3.9 Pastos y especies forrajeras

Actualmente se viene trabajando con especies forrajeras que son originarias de África, Europa, Asia y América del Sur. Después de muchos años se han naturalizado en sus regiones de colonización y aún persisten, mostrando además buena adaptación y excelentes resultados a nivel productivo. (Pabón, 2007)

Tabla 3. Principales gramíneas forrajeras y su uso.

GRAMINEAS FORRAJERAS Y SU USO		
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	USO
Pasto Amargo	Brachiaria Decumbens	Pastoreo
Pasto Dulce	Brachiaria humidicola	Pastoreo
Pasto Llanero	Brachiaria dictyoneura	Pastoreo
Pasto Marandú	Brachiaria Brizantha	Pastoreo
Acrania, Russziensis	Brachiaria Russziensis	Pastoreo
Pasto Estrella	Cynodon plectostachyus	Pastoreo
Puntero, Uribe o Yaraguá	Hypharrhenia Rufa	Pastoreo
Gordura	Melinis Minutiflora	Pastoreo
Guinea, india o Saboyá	Panicum Maximum	Pastoreo, Corte
Pará	Brachiaria Mutica	Pastoreo
Janeiro	Eriochloa Polystachya	Pastoreo
Imperial	Axonopus scoparius	Corte
Elefante, King Grass	Peninsetum Purpureum	Corte
Carimagua	Andropogum Gayanus	Pastoreo
Mombaza y Tanzania	Panicum Maximum	Pastoreo, Corte
Toledo, Vitorfa, Xaraes	Brachiaria Brizantha GM-36	Pastoreo
Hibrido Mulato	Brachiaria Hibrido	Pastoreo, Corte

F
u

ente: Pabón, A.M.2007. Adaptado de CIAT. No.333. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica

En Colombia, especialmente en el Norte del Valle del Cauca, encontramos las variedades de gramíneas como Cynodon nlemfuensis conocido como pasto estrella, es una gramínea perenne de hábito postrado y estolonífero, es un pasto de apropiada calidad nutricional y exigente en fertilidad de suelos y riego suplementario. También Dichantium aristatum conocido como pasto Angleton, planta de crecimiento erecto y semierecto, con tallos delgados que en sus nudos forma raíces, hojas lanceoladas y de coloración verde claro, se adapta en suelos francos de mediana fertilidad y en amplio rango de pH entre 4 y 8, soporta sequías y suelos salinos. (INATEC, 2016)

Tabla 4. Principales leguminosas forrajeras y su uso.

LEGUMINOSAS FORRAJERAS Y SU USO		
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	USO
Capica	Stylosanthes Capitata	Asociaciones Para Pastoreo
Cratylia o Veranera	Cratylia Argéntea	Ramoneo, Corte, Barrera Viva
Canavalia, Frijol de Playa	Canavalia Ensiformis	Corte, Cobertura, Abono verde
Leucaena, acacia forrajera	Leucaena leucocephala	Bancos de Proteína, Corte, Asociaciones
Matarratón	Gliricidia Sepium	Corte, Cerca viva, Sombrío
Kudzú Tropical	Pueraria Phaseloides	Pastoreo rotacional, Corte, Abono verde, Cobertura vegetal, Asociaciones
Desmodium	Desmodium Heterocarpon	Pastoreo, Asociaciones, erosión, Cobertura vegetal
Soya Forrajera	Glycine Javanica	Pastoreo Rotacional, Asociaciones
Clitoria, Campanita, Conchita	Clitoria Ternatea	Pastoreo, Asociaciones, Banco de proteína

Fuente: Pabón, A.M.2007. Adaptado de CIAT. No.333. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica

En especies de leguminosas forrajeras que son compatibles con ciertas gramíneas en la zona como *Pueraria phaseoloides*, conocido como Kudzú tropical que posee una gran adaptación a zonas húmedas tropicales entre los 0 a 1600 metros sobre el nivel del mar (msnm), es una leguminosa voluble de forma perenne, hojas trifoliadas, flores purpuras en racimo, de fertilidad media y exigente en humedad del suelo. Otra variedad de leguminosa común es la *Arachis pintoi*, conocido como el maní forrajero, planta herbácea de crecimiento postrado estolonífera, de hojas de color verde oscuro con flores amarillas, se adapta a una gran variedad de suelos desde ácidos hasta alcalinos, pero de textura franca o franco arcillosa. (INATEC, 2016)

Como el éxito en una producción ganadera es un abundante y adecuada oferta de alimento para los animales, es bueno no depender solamente de las gramíneas y leguminosas forrajeras, también existe una gran diversidad de especies de diferentes familias botánicas que pueden incorporarse a los sistemas productivos por su aporte nutritivo en términos de energía, proteína, minerales y vitaminas.



El Botón de Oro es una planta herbácea muy ramificada que alcanza alturas hasta de cinco metros; se reconoce por sus grandes flores amarillas con fuerte olor a miel y por sus hojas simples y alternas con tres a cinco lóbulos, el central más grande que los otros (Calle Diaz & Murcia, 2014).

Figura 4. Botón de Oro (*Ranunculus acris*).



Ramio, conocido también como Pasto de la China, planta de textura herbácea, rizomatosa. Con hojas grandes, en forma de corazón y flores bastante chicas de una coloración amarillenta; y que se ubican en panojas en las axilas de las hojas, cubriendo sus frutos que tienen una forma ovalada, son bastante pequeños, pero muy numerosos (Notas de Prensa, 2015)

Figura 5. Ramio (*Boehmeria nivea*). Fuente: (Notas de Prensa, 2015)



La Yuca (*Manihot esculenta* cranz) es una planta tropical originaria de la Amazonia Americana, cultivada extensamente por los aborígenes y difundida como alimento por los conquistadores a Asia y a África tropical.

Figura 6. Yuca (*Manihot esculenta*)

2.3.10 Factores ambientales en la actividad ganadera bovina

Cuando se habla de contaminación ambiental las personas relacionan esta con las diferentes industrias que contaminan el medio ambiente con sus gases tóxicos debido a fábricas que no controlan los residuos, los diferentes vehículos de combustión derivados del petróleo, los mismos seres humanos con sus residuos como el plástico, son muchas las actividades económicas que atentan contra la naturaleza y a su vez dejando especies en vía de extinción, la actividad ganadera bovina, no se queda atrás en cuanto a contaminación, la degradación de los suelos que son mal utilizados por los diferentes tipos de sistemas de ganadería causan por una u otra razón factores de contaminación ambiental.

En los sistemas extensivos, la presión ejercida por los animales permanentemente durante un largo tiempo, provoca la compactación del suelo, que se produce al destruirse los poros y microporos del suelo por causa del pisoteo, añadiendo a esto la emisión de gases producida por las excretas y la orina de los animales. (Bernal Eusse, 1994) Durante años la ganadería ha sido vista como una actividad amenazante para el medio ambiente, como una fuente importante de deterioro de la tierra y de pérdida de biodiversidad.

Por esto es importante abrir nuevas alternativas para el desarrollo del sector agropecuario, como la implementación de sistemas silvopastoriles para la actividad ganadera, que permiten la creación y conservación de pequeños sistemas ecológicos que ayudan a la protección del medio ambiente y conservar tierras útiles para otro tipo de actividad agrícola, así mismo se estaría aportando un granito de arena a la solución de los problemas ambientales que ha causado durante años y al mismo tiempo mejorar la productividad de las granjas, hatos o empresas agropecuarias siendo amigables con el medio ambiente.

De esta manera la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN-FNG) ha realizado una alianza estratégica con el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Cipav), el Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez (Fondo Acción) y The Nature Conservancy (TNC). Con el fin de desarrollar el proyecto denominado Ganadería Colombiana Sostenible. El Proyecto es cofinanciado con aportes de donación del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), administrados por el Banco Mundial (BM), y con aportes financieros y en especie de los cuatro aliados. (FEDEGAN, 2016).

2.3.11 Dinámica de sistemas

Cleland y King (1983) definen un sistema como “el conjunto de partes regularmente interactuantes e interdependientes que forman un todo unificado”, el cual está formado por componentes en interacción de entradas y salidas. Las características de un sistema radican en la complejidad del mismo donde puede estar abierto al impacto del entorno, existen límites y fallos debido a las necesidades del sistema.

La dinámica de sistemas es una metodología para analizar y modelar sistemas complejos e intenta identificar las relaciones existentes entre variables observables, una vez que estas relaciones están identificadas, resulta más sencillo explicar el origen de comportamientos globales del sistema a partir de su estructura causal. Estas relaciones se expresan con ecuaciones algebraicas que tienen en cuenta el cambio en el tiempo y el espacio del sistema observado (Izquierdo, Galan, Santos, & Del Olmo, 2008).

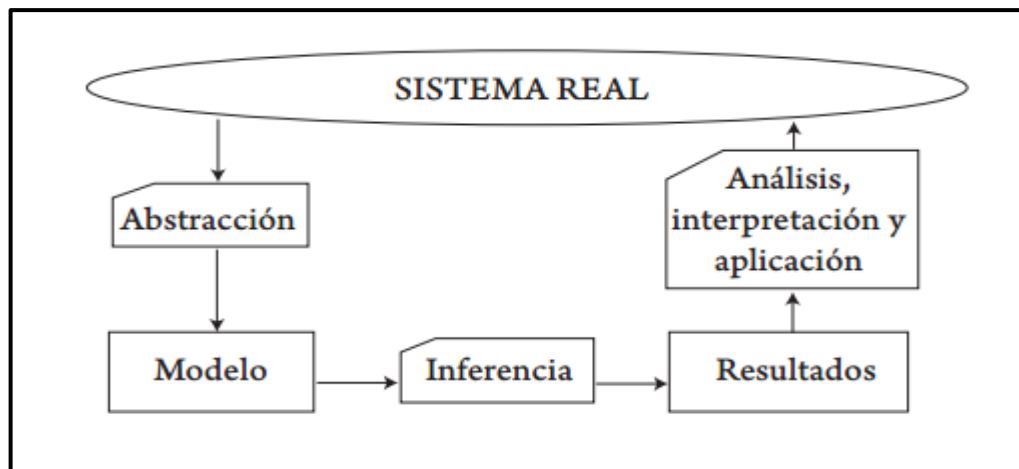


Figura 7. Esquema general del proceso de creación y uso de un modelo. Fuente: (Izquierdo, Galan, Santos, & Del Olmo, 2008).

La dinámica de sistemas, el pensamiento sistémico y la investigación de operaciones, todas aspiran al entendimiento y la mejora de los sistemas (Forrester, 1994). Así, “la dinámica de sistemas combina la teoría, los métodos y la filosofía para analizar el comportamiento de los sistemas” (Forrester, 1998). La dinámica de sistemas nació durante los años cincuenta, de la mano de Jay W. Forrester y se trata de una técnica de modelado de sistemas complejos. También se utiliza para modelar sistemas en ingeniería (Ford, 1997); (Ford y Sterman, 1998), economía y negocios (Sterman, 2000 y Ellis, 2007), planificación y gestión de proyectos (Rodrigues y Bowers, 1996); (Lyneis y Ford, 2007), gestión

medioambiental (Martínez y Esteve, 2007), sanidad pública (Homer y Hirsch, 2006) e incluso historia (Cruz, 2007), por poner algunos ejemplos. La dinámica de sistemas muestra cómo van cambiando las cosas a través del tiempo (Forrester, 1998).

Según Sterman (2000), los pasos generales para modelar un sistema dinámico son:

- Articulación del problema, lo cual implica la delimitación del sistema y la representación de las variables clave en términos de su comportamiento en el tiempo.
- Desarrollar una hipótesis dinámica explicando la causa del problema.
- Construir un modelo de simulación del sistema basado en computadora.
- Probar el modelo para asegurarse de que reproduce el comportamiento observado en el mundo real.
- Formular y evaluar políticas alternativas en el modelo que solucionen el problema.
- Implementar una solución viable de acuerdo a las necesidades y políticas del entorno.

2.3.11.1 Simulación en dinámica de sistemas

Actualmente en el mercado encontramos varios softwares, que son utilizados para modelar en simulación de la dinámica de sistemas, no se necesitan de conocimientos avanzados en informática para su uso y se acomodan a las necesidades de los usuarios, tanto para estudiantes como para profesionales. Los lenguajes o marcas son Evolution 2.0, Dynamo, Ithink, Powersim, Stella y Vensim Ple.

En simulación en dinámica de sistemas los parámetros se calculan con un grado de aproximación de manera que permita que el modelo cumpla su propósito, se dan valores a las Variables del sistema, y las relaciones cualitativas que existen entre ellas, permitiendo simular cualquier ¿Qué pasaría sí?, mediante diferentes escenarios, con el fin de observar comportamientos futuros importantes para la toma de decisiones. Este es uno de los aspectos que hacen diferente a la Dinámica de Sistemas de la mayor parte de los métodos tradicionales de modelización. Es importante entender el comportamiento del modelo e identificar sus relaciones causales para que más adelante mediante análisis de sensibilidad se identifiquen el conjunto de parámetros cuyos valores afectan significativamente el comportamiento del modelo, de este modo dependiendo de las exigencias del sistema que se pretende simular, podemos calcular aquellos parámetros de un modo más exacto. La dinámica de sistemas tiene muchas ventajas en cuanto a ahorro de esfuerzo y tiempo que este método supone.

2.3.11.2 Construcción de un modelo en Vensim PLE

El Diagrama de Flujos, también llamado Diagrama de Forrester, es una forma de representar la estructura de un sistema en la Dinámica de Sistemas. Esta representación es una versión del Diagrama Causal que permite establecer unas relaciones causales y escribir ecuaciones en el computador para validar el modelo, permite observar el comportamiento en un tiempo determinado de las variables y realizar análisis de sensibilidad. (García J. M., 2003)

No hay una forma establecida de cómo construir un modelo en Vensim, pero si podemos conocer algunos pasos para abordar este proceso.

Pasos a seguir:

- Hacer una imagen mental del sistema y lo que salga de él (personas, Ha, Kilogramos, Novillos) eso son Niveles.
- imaginar y crear unos elementos que sean "la variación de los Niveles", es decir que entren y salgan del nivel (Novillos/día, Kilogramos/m²) y esos son los Flujos.
- El resto de elementos son las Variables Auxiliares.

Los "Niveles" son aquellos elementos que nos muestran en cada instante la situación del modelo, presentan una acumulación y varían solo en función de otros elementos denominados "flujos". Las "nubes" dentro del diagrama de flujos son niveles de contenido inagotable. Los niveles se representan por un rectángulo.



Figura 8. Nivel. Fuente: (García J. M., 2003)

Los "flujos" son elementos que pueden definirse como funciones temporales. Puede decirse que recogen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema, determinando las variaciones de los niveles.

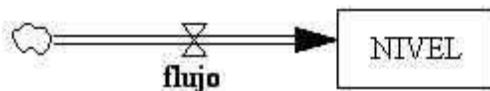


Figura 9. Flujo. Fuente: (García J. M., 2003)

Las "variables auxiliares" y las "constantes", son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos.

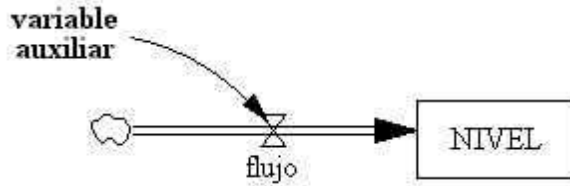


Figura 10. Variable Auxiliar. Fuente: (García J. M., 2003)

Las magnitudes físicas entre flujos y niveles se transmiten a través de los denominados "canales materiales". Por otra parte, existen los llamados "canales de información", que transmiten, como su nombre indica, informaciones que por su naturaleza no se conservan.

MATERIALES



INFORMACIONES



Figura 11. Canal Material. Fuente: (García J. M., 2003)

Figura 12. Canal de información. Fuente: (García J. M., 2003)

Por último, quedan por definir los "retardos", que simulan los retrasos de tiempo en la transmisión de los materiales o las informaciones. En los sistemas socioeconómicos es frecuente la existencia de retardos en la transmisión de la información y de los materiales y tienen gran importancia en el comportamiento del sistema.

RETARDO

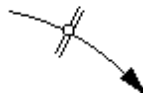


Figura 13. Retardo. Fuente: (García J. M., 2003)

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto de trabajo de grado, se realiza una investigación de tipo correlacional con un enfoque cualitativo, relacionando los elementos asociados al sistema de producción de ganado bovino, para así conocer el comportamiento de estos en el sistema. Es decir, se descompuso el sistema de ganadería bovina en elementos más simples como el subsistema productivo, subsistema financiero y subsistema biofísico. Se analizaron por separado para tener una idea más simple de estos y luego se integran para estudiarlos como un sistema.

En el momento de la obtención de los parámetros de entrada para el diseño del modelo de simulación dinámica, se hace una observación directa e indirecta es decir la recolección de información en la granja objeto estudio se realiza presencialmente, aplicando herramientas de obtención de información como son las entrevistas y las encuestas. Además, se tomó en cuenta investigaciones realizadas por expertos en el tema, esto ayudo a tener una idea clara de los diferentes elementos que hacen parte del sistema productivo de ganado bovino en la etapa de ceba. La investigación documental se realiza consultando revistas científicas, libros, informes o cualquier otro tipo de documento que trate el tema en cuestión, para luego analizar distintas fuentes de información y tener fundamentos teóricos a la problemática del sistema de producción ganadera que sucede en la granja Objeto estudio.

Inicialmente se realiza una visita a la granja objeto estudio, ubicada en el municipio de El Dovio Valle del Cauca, se hace una presentación formal con los dueños y administradores del lugar, con el fin de exponer las ideas de proyecto que se quieren desarrollar. Luego se realizan entrevistas y encuestas, que permitieron recolectar información sobre el entorno ganadero y su sistema de ganadería bovina que se aplica en el lugar de la investigación. Después de realizar varias visitas a esta granja, se procede a caracterizar el sistema de producción con los datos obtenidos de las diferentes herramientas de recolección de información, esto permitió tener una idea del funcionamiento del lugar y así comenzar a caracterizar el sistema de producción y desarrollar el diseño del modelo de simulación dinámica en la granja objeto estudio.

4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO QUE SE IMPLEMENTA ACTUALMENTE EN LA GRANJA OBJETO ESTUDIO

4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La granja objeto estudio, se ubica geográficamente a 7.49 kilómetros del casco urbano del Municipio de El Dovio, Valle del Cauca, Colombia.

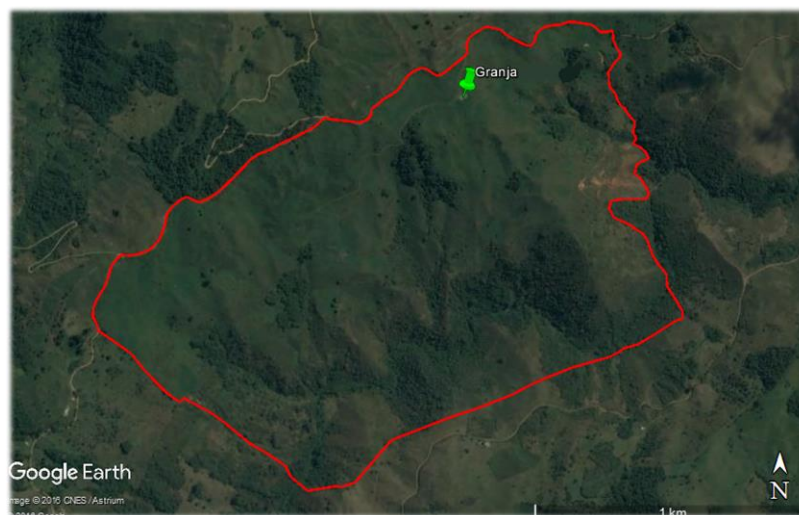


Figura 14. Mapa geográfico de la granja objeto estudio. Fuente: Google Maps. (s.f.)

4.2 CLIMA

El clima en el municipio de El Dovio, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2016), dice que la temperatura promedio es de 17°C en la mayoría de los meses del año, a veces se presentan precipitaciones de nubes bajas y niebla, con variaciones de temperatura de 14°C hasta 20°C y con vientos de 5 a 10 Km/h y lluvias de 10 a 20 mm. Estas variaciones de temperatura son muy similares en la parte occidental del departamento debido a que es una región montañosa, donde se ubica la cordillera occidental de los Andes, caso contrario en la parte plana del departamento, donde se percibe una temperatura más cálida, de 23 a 32 °C en promedio, con vientos de 12 a 32 Km/h. El clima hace de El Dovio una zona fértil en la producción de ganado bovino, especialmente en el crecimiento del pasto.

4.3 RELIEVE

La granja objeto estudio se encuentra a una altitud de 1400 a 1600 metros sobre el nivel del mar, el terreno es ondulado con una pendiente de 15 a 20 grados de inclinación, su extensión o área es de 220 hectáreas, de las cuales 150 son para la ganadería bovina. Esta zona del país, cuenta con dos importantes ecosistemas estratégicos para la región del Valle del Cauca, como lo es la serranía de Los Paraguas, un ecosistema estratégico a nivel mundial y la microcuenca El Salto que es de vital importancia socioeconómica, ya que ahí surgen los suministros de riego para el corregimiento de Cajamarca y la vereda Matecaña (Alcaldía de El Dovio - Valle del Cauca, 2012).



Figura 15. Mapa Relieve de Granja Objeto estudio. Fuente: Google Maps. (s.f.)

4.4 FUENTE HÍDRICA

El Río más importante es el Garrapatas, con una extensión de 79 Kilómetros, y recorre las veredas La Pradera, La Hondura, Monteazul, Maravelez, Guatemala, Lituania, Bitaco, Balcanes, El Dumar, Sirimunda, La Peña, Montebello, Playa Rica, El Pedral, y El Resguardo Indígena del Cañón del Rio Garrapatas. Otros ríos importantes son: Río Dovio que surte de agua el acueducto municipal y para el riego por donde pasa su recorrido, además de las quebradas Almorzadero, Cauquita y El Castillo que utilizan sus recorridos también para el riego de

hortalizas en la zona plana y es la fuente hídrica de los novillos de la granja objeto estudio.

4.5 SUELO Y PASTURA

El suelo es húmedo, moderadamente erosionado, la mayor parte compuesta por rocas ígneas que dan origen a suelos con diversos grados de fertilidad. En la granja Objeto estudio se cuenta con la variedad *Cynodon nlemfluensis*, comúnmente llamado Pasto Estrella, que es una gramínea perenne que produce tallos con entrenudos largos y abundantes estolones. El pasto estrella está muy bien adaptado a los climas cálidos y medios, como la zona cafetera (hasta los 1.700 metros sobre el nivel del mar), son resistentes a la sequía y tolera las altas temperaturas y la sombra; no prospera bien por encima de los 2.200 metros sobre el nivel del mar (NULLVALUE, 1999).



Figura 16. *Cynodon nlemfluensis* (Pasto Estrella). Fuente: Autores

4.6 SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERA BOVINA DE LA GRANJA OBJETO ESTUDIO

La ganadería bovina en el municipio de El Dovio Valle, según un censo realizado por el Instituto Colombiano Agropecuario en el año 2016, establece que hay registrados 13646 bovinos que son criados y cebados en 376 Granjas. Para datos más específicos del censo de 2016.

4.6.1 Ciclo de producción de la granja objeto estudio

El ciclo de producción es de tipo ceba o engorde, consiste en comprar novillos machos de 220 a 250 Kilogramos, con buenas condiciones como homogeneidad genética, peso, anchura y altura, todos estos requisitos se realizan antes de comprar los novillos, luego que los animales son descargados en los corrales se procede a realizar los debidos planes sanitarios que tiene estipulado la granja para así liberarlos en el potrero para que empiecen el pastoreo y son cebados durante un periodo de tiempo donde alcanzan un peso de 420 a 450 Kilogramos destinados para la venta a los diferentes canales de distribución. (Ver Anexo. 3 Proceso productivo de ganado de bovino actual de la granja Objeto estudio).

4.6.2 Método de producción de la granja objeto estudio

El método de producción que se utiliza es el pastoreo continuo o extensivo que consiste en la permanencia de los novillos durante largos períodos de tiempo en un mismo potrero, este tipo de pastoreo genera una carga excesiva en las épocas secas y deficiente durante las épocas de lluvia, lo que deteriora el pasto. Además, hace que se propaguen las malezas, no permite que se distribuyan las heces y la orina adecuadamente y no propicia el descanso del terreno.

4.6.3 Raza de bovino de la granja objeto estudio

La Raza Bovina predominante en la granja es el Brahmán, según La Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Cebú (2016), describe a esta raza con porte grande, cabeza ancha, perfil recto, cuello corto y grueso con papada desarrollada. Los cuernos son cortos, medianamente gruesos y dirigidos hacia atrás y hacia fuera; las orejas son de tamaño mediano, costillas arqueadas, vientre voluminoso, denotando una gran capacidad. Se caracteriza por su giba bien desarrollada, inclusive en las hembras. El tronco es cilíndrico con caderas amplias y musculosas, ancas ligeramente inclinadas, y la cola de inserción alta y fina en la extremidad.

En la granja Objeto estudio se tiene un inventario de 150 novillos Brahmán Rojo, que entraron a principios del año 2015, para ser engordados y vendidos al consumidor final. (Ver Anexo 1)



Figura 17. Ganado Bovino Brahmán. Fuente: Autores

4.7 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA GRANJA OBJETO ESTUDIO

La Federación de Ganaderos de Colombia, ha estado desarrollando nuevas herramientas productivas para el mejoramiento de los pequeños empresarios ganaderos. El Emprendegan-Mecceg es una herramienta que permite evaluar desde un primer plano como es la situación actual de la granja comparada con granjas exitosas en el mercado, y permite recolectar información valiosa para determinar el estado actual del negocio o de la granja. A continuación, en la tabla 5, se observa Emprendegan-Mecceg a la granja Objeto estudio.

Tabla 5. Módulo 1 - Evaluación Productiva de la Granja Objeto estudio

MODULO 1 EVALUACION PRODUCTIVA DE LA GRANJA OBJETO ESTUDIO				
Indicador	Medida	Indicadores de referencia (Promedio observado en fincas exitosas)	Finca a evaluar	Puntaje Finca a evaluar frente a indicadoresde referencia
Capacidad de carga	Cab/ha	3	0,681818182	22,73
Productividad novillo/año	Kg/novillo/año	255	450,1828133	176,54
Productividad Ha/año	Kg/Ha/año	765	306,9428273	40,12
Oferta de concentrado por cada kilo producido	Gr/Kg	200	200	100,00
Oferta de forraje verde (FV)	Kg de FV/ha/año	91980	81200	88,28
Edad de venta	Meses	30	24	80,00
Nivel de eficiencia productiva de la finca a evaluar respecto al promedio de las Granjas exitosas				84,61

Fuente: Autores

Este módulo evalúa la productividad de la granja, con un puntaje de 84,61 de 100, se evidencia un faltan de 15,39 por mejorar y llegar a las condiciones ideales para una granja de alto rendimiento, se espera, con el diseño del modelo de simulación dinámica de la producción de ganado bovino, se alcance esta cifra o si no estar muy cerca del rendimiento óptimo del sistema de producción ganadera de bovina.

Resumen general de la granja objeto estudio está dividida así:

- Agricultura se destina 10 hectáreas
- Ganadería de leche se destina 10 Hectáreas
- Bosques o reserva silvestres 50 hectáreas
- Ganadería bovina de ceba 150 hectáreas
- En total son 220 hectáreas
- Número total de animales de ceba 150 novillos para 2015-2016
- Raza de novillos de ceba Brahmán Rojo

4.8 IMPACTO AMBIENTAL EN LA GRANJA DEBIDO A LA ACTIVIDAD GANADERA BOVINA

El principal impacto ambiental de la producción de ganado bovino en la granja es el pastoreo excesivo y conduce a la degradación de la vegetación, el deterioro de su fertilidad y estructura, esto causa una reducción en las especies de pastos y un aumento en las malezas, aumenta la erosión de los suelos, indirectamente debido a la pérdida de la capa vegetal, exponiéndolo a la erosión. Los caminos que hace el bovino corta las laderas y causa un proceso de degradación del suelo que puede producir la formación de arroyos.



Figura 18. Erosión del suelo por pisoteo de novillos. Fuente: Autores

5. DESARROLLO DEL DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO

El diseño del modelo de simulación se desarrolló con el programa de simulación dinámica Vensim PLE, Versión 6.4b, en el sistema operativo de Windows 10.

La construcción del diseño del modelo de simulación dinámica para mejorar la producción de ganado bovino en etapa de ceba, se inicia extrayendo los parámetros de entrada, que se obtuvieron, gracias a la caracterización del sistema de producción de ganado bovino en la etapa de ceba, que actualmente se presenta en la granja objeto estudio.

El diseño del modelo de simulación dinámica, está compuesto por tres subsistemas, los primeros dos hacen parte del sistema real, estos son el subsistema productivo y financiero que compone el sistema de producción que actualmente reside en la granja objeto estudio. El tercer subsistema que es el biofísico, hace parte de la mejora que se aplicó al sistema de producción de ganado bovino, ya que la granja no contaba con este subsistema. Fue primordial estudiar estos elementos por separado para así tener resultados valiosos al momento de relacionarlos en conjunto. En la figura 14, se puede observar el diagrama causal del diseño del modelo de producción, donde se encuentran el subsistema productivo, financiero y biofísico.

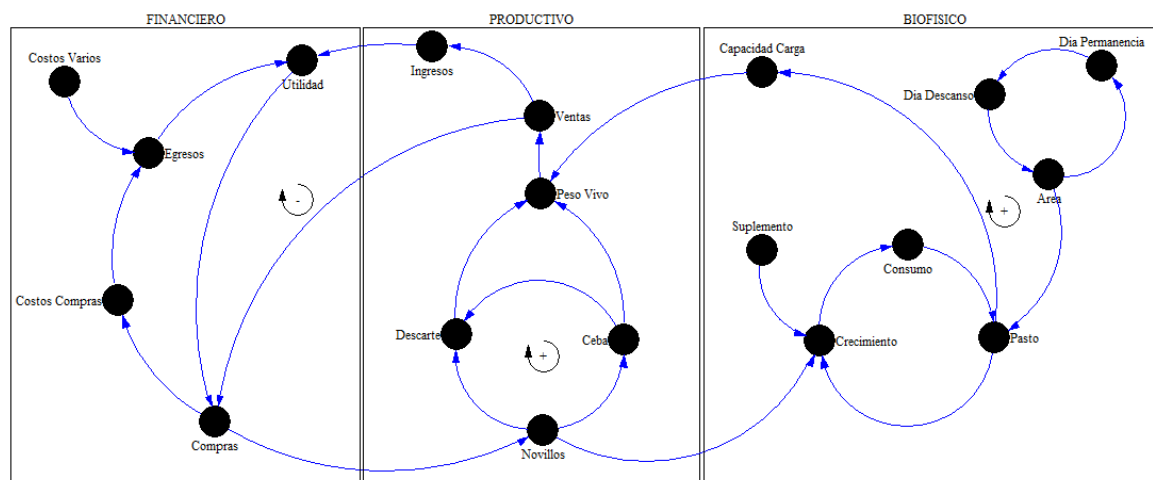


Figura 19. Diagrama causal del sistema productivo de la granja objeto estudio. Fuente: Autores

El diagrama causal Inicia con la variable compras lo que significa que, a mayor cantidad de compras, se tendrá mayor cantidad de producto final, en este caso animales cebados que se podrán vender y generar un flujo de efectivo. Tenemos aquí el primer ciclo de realimentación Positivo (+).

Al aumentarse las compras, se incrementan los costos de compras y los costos varios generados por la actividad, por lo tanto, se tendrá una entrada de egresos y hará que la utilidad sea menor al final y la capacidad de compra disminuya, es decir no se podrán comprar novillos para cebar y por ende no habrá nada que vender, mostrando aquí el segundo ciclo de realimentación de forma negativa (-). Al incrementarse la compra de novillos, aumenta la probabilidad de que haya descartes por muerte, generando así una pérdida que sería reflejada en menos ingresos totales, observando allí el tercer ciclo de realimentación negativa (-). Por otro lado, entre más cantidad de novillos cebados se tengan, aumentara el peso vivo y las ventas serán mayores, viéndose reflejado en un aumento en los ingresos totales, observando aquí el cuarto ciclo de realimentación de forma positiva (+).

Ahora del subsistema biofísico dependerá del rendimiento y la producción del sistema, teniendo como base el área destinada para la producción de forraje y pastoreo, a mayor área, mayor producción de pasto, a mayor oferta forrajera, obtengo un incremento de la capacidad de carga, es decir puedo sostener más novillos, sin correr el riesgo de degradar la pastura, observando aquí un ciclo de realimentación positivo (+). Por otro lado, a mayor cantidad de novillos, mayor consumo y a mayor consumo, disminuye la capacidad de carga, lo que indica que no se pueden ingresar más animales al sistema, y entre menos animales tenga el sistema, menores serán las ventas, observando allí un ciclo de realimentación negativo (-).

Con el fin de evitar, una disminución de la capacidad de carga y evitar el deterioro de las pasturas, se implementó un sistema de subdivisión del área de la granja destinada para la ganadería en potreros y un sistema de rotación de los mismos que consta de un periodo de permanencia y un periodo de descanso para cada potrero, con el fin de que se obtenga una recuperación rápida de la pastura y aumente la oferta forrajera, a mayor oferta forrajera, mayor la capacidad de carga, es decir que se pueden tener más animales de manera óptima en el sistema, que serán destinados más adelante a la venta, lo que genera un flujo de efectivo mayor y mejores utilidades, viéndose un ciclo de realimentación positiva (+).

5.1.1 Subsistema productivo

El primer subsistema es el productivo, este involucra la entrada de los novillos (Ceb Ins) al sistema productivo, los cuales varían en función de los flujos de crecimiento de novillos de ceba de entrada (Nov Ceb Acc) y los novillos de ceba de salida (Nov Ceb Des), este último es afectado por la tasa de descarte de novillos de ceba (Tas Nov Ceb Des), los cuales son descartados (Descarte), es decir no cumplen con las especificaciones fisionómicas de la granja y son vendidos de acuerdo a su peso vivo (Peso Ceb Ini) de novillo de ceba.

Apartir de la ganancia de peso diario (Ganan Dia) y de acuerdo a la tasa de crecimiento (Tasa Crec), se puede obtener un peso vivo (Pv) de animales de ganado bovino de ceba, esta medida esta en kilogramos, que despues se relaciona con la medida de unidad de gran ganado por hectarea (UGG), esta medida equivale a una vaca 450 Kg (Tam UGG). Es muy importante obtener la diferencia de unidad de gran ganado (Dif UGG) con la capacidad de carga del potrero, esta diferencia da la disponibilidad de pasto o forraje sobrante, el cual permite la compra de mas novillos (Cap Com) al sistema.

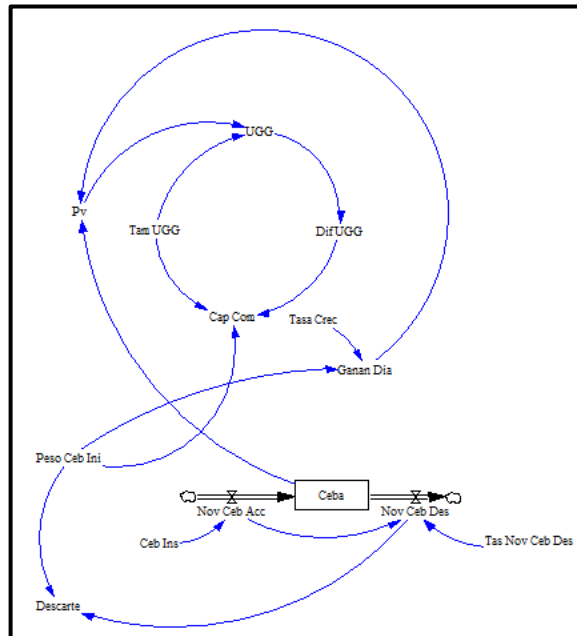


Figura 20. Diagrama de flujo-nivel del subsistema productivo. Fuente: Autores

5.1.1.1 Variables de nivel

- Ceba: Muestra la diferencia de novillos entre los novillos de entrada y los descartados en el proceso.

5.1.1.2 Variables de flujo

- Nov Ceb Acc: Esta variable es la entrada de los novillos al sistema de producción ganadera.
- Nov Ceb Des: Aquí se descartan los novillos por una razón como muerte, no cumplen los requisitos de la granja

5.1.1.3 Variables auxiliares o endógenas

- Descarte: Muestra los kilogramos descartados del sistema de producción ganadera
- UGG (Unidades de Gran Ganado): Es una medida utilizada para expresar la cantidad de animales que pueden mantenerse en un área determinada, ésta medida permite hacer equivalencias entre diferentes tipos, especies, estados, entre otras características, de animales, mediante varios factores de conversión. (Cardona, 2012) Comenta las siguientes equivalencias comprobadas:

Una vaca de 450 Kg	equivale	1 UGG
a.....		
Un Toro o un caballo	equivalen	1.2 UGG
a.....		
Una Novilla de vientre o un macho de ceba	equivalen	0.8 UGG
a.....		
Un animal macho o hembra de levante	equivale	0.7 UGG
a.....		
Un ternero de cría	equivale	0.4 UGG
a.....		

- Cap Com: Esta capacidad me indica que cantidad de animales puedo comprar, teniendo en cuenta la disponibilidad de pasto o forraje de oferta.
- Dif UGG: esta diferencia da la disponibilidad de pasto o forraje sobrante, el cual permite la compra de mas novillos (Cap Com) al sistema.
- Ganar Día: Esta variable muestra en gramos la ganancia diaria en peso vivo que obtienen los animales que entran al sistema.
- Pv: Apartir de la ganancia de peso diario (Ganan Dia) y de acuerdo a la tasa de crecimiento (Tasa Crec). Se puede obtener el peso vivo (Pv) de los animales, esta medida esta en kilogramos.

5.1.1.4 Variables constantes o exógenas

- Ceb Ins: Esta variable es una constante que me indica la cantidad de animales que ingresan al sistema.
- Peso Ceb Ini: Es el peso inicial con el que entran los animales al proceso de ceba.
- Tas Nov Ceb Des: Es la tasa o probabilidad de que haya un descarte o que un Novillo sea retirado del sistema.

- Tam UGG: Es la representación de la cantidad de animales en unidades de UGG según la conversión correspondiente.
- Tas Crec: Es una constante que me afecta la ganancia día, que me indica a razón de que crece el animal.

5.1.2 Subsistema financiero

El segundo subsistema es el financiero, este se concentra en estimar la relación de costo-beneficio (Utilidad) apartir de la diferencia entre los egresos (Egresos) del sistema y los ingresos del mismo (Ingresos). Como todo sistema productivo de ganado bovino de ceba existen costos por producción (Cos Prod), costos por alimentación de la ganado (Cos Alimen), servicios veterinarios o zootecnistas (Cos Profesional), costos por vacunación (Cos Sani), costos por instalación y mantenimiento de los potreros (Cos InsyMant) y por último los costos de compras (Cos Compras). En este subsistema existen ingresos que representan las ganancias antes de egresos, esto surge debido a la venta de los novillos vendidos a precio Novillo Vivo (Precio Carne) y cuando son descartados en el proceso de engorde se fija un precio de venta (Precio Descarte). Estos precios de venta generan ingresos al sistema de producción (Ing Carne) y (Ing Descarte).

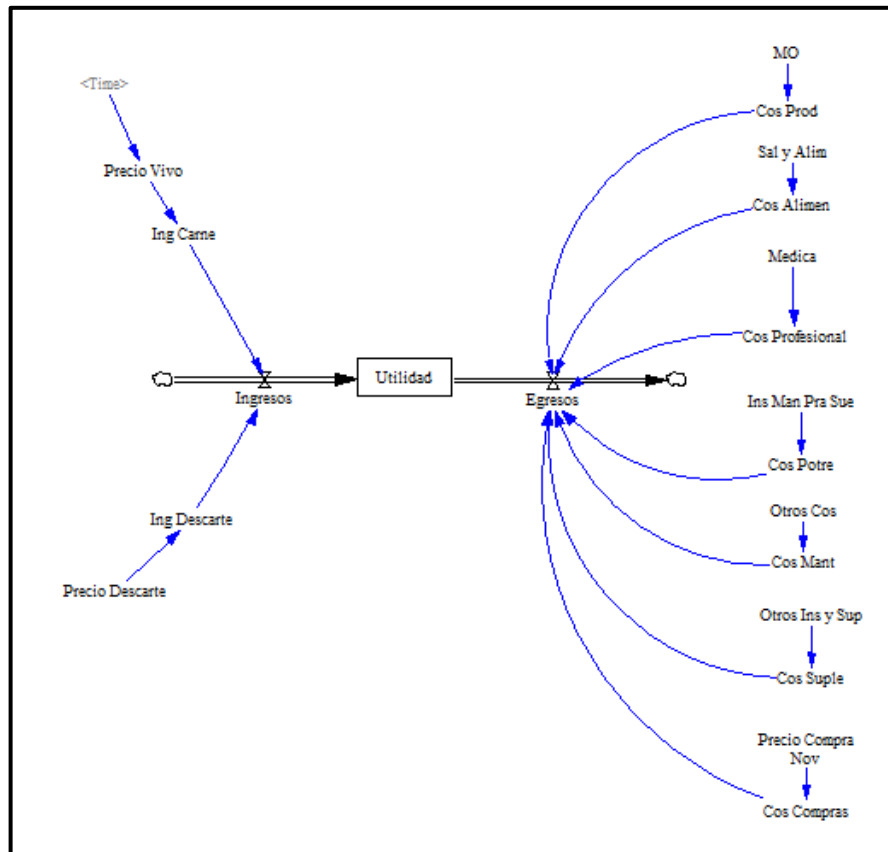


Figura 21. Diagrama de flujo-nivel del subsistema. Fuente: Autores

5.1.2.1 Variables de nivel

- Utilidad: Esta variable muestra la diferencia de los ingresos y egresos del sistema producción de ganado bovino de ceba. La ecuación de esta relación es $\text{Ingresos} - \text{Egresos}$.

5.1.2.2 Variables de flujo

- Ingresos: Esta dado por la cantidad de dinero que ingresa de la actividad ganadera.
- Egresos: Es la sumatoria de todos los costos que demanda la producción ganadera.

5.1.2.3 Variables auxiliares o endógenas

- Cos Prod: Costos varios.
- Cos Alimen: Costos alimenticios y suplementarios.
- Cos Profesional: costos generados por asesoramientos profesionales.
- Cos Sani: Me representa los gastos generados por el plan sanitario (vacunación, desparasitaciones, suplementación, etc.)
- Cos InsyMant: Es lo que me cuesta la instalación y manutención de lo requerido para la actividad.
- Cos Compras: Estos costos están dados por los gastos que genera la compra, como costos de transporte, permisos y demás.

5.1.2.4 Variables constantes o exógenas

Los siguientes son valores constantes, valores que siempre se van a dar en determinado momento y que tienen poca variación

- Labores
- Insumos
- Servicios Veterinarios
- Sanidad
- Mantenimiento
- Precio Compra Nov

5.1.3 Subsistema biofisico

Este subsistema, tiene la particularidad de contener

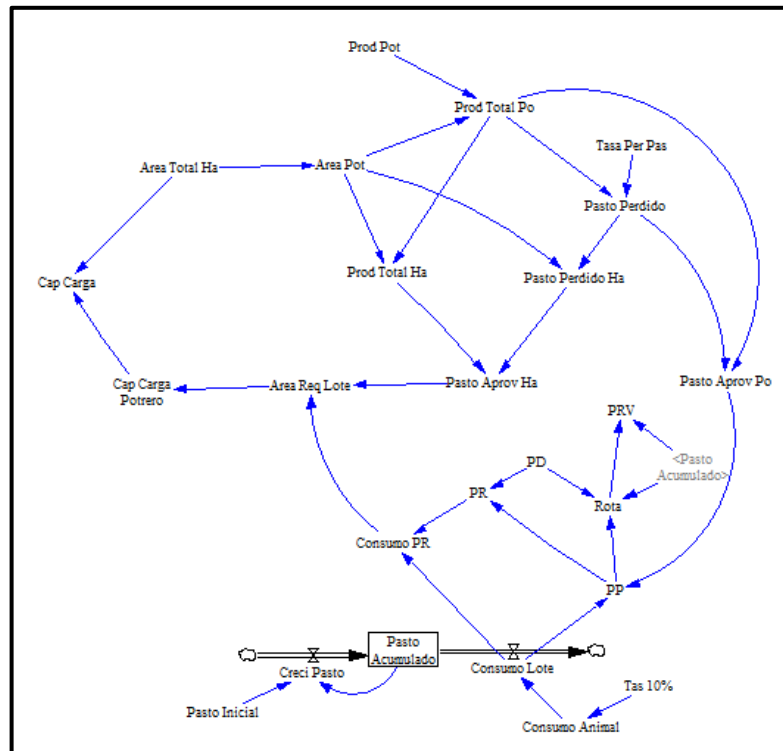


Figura 22. Diagrama de flujo-nivel del subsistema Biofísico. Fuente: Autores

5.1.3.1 Variables de nivel

- Pasto Acumulado: Cantidad de forraje acumulado diariamente, la variación diaria está dada por la diferencia entre la tasa de crecimiento y la tasa de pérdida.

5.1.3.2 Variables de flujo

- Creci Pasto: Es la diferencia entre el pasto inicial y pasto acumulado, me indica que cantidad de pasto o forraje ha crecido.
- Consumo del Lote: Es la cantidad total de forraje que consume todo el lote de animales por día. Para calcular cuánto consume el lote es necesario multiplicar el consumo animal por la cantidad de animales que contiene el lote.

5.1.3.3 Variables auxiliares o endógenas

- Producción total del Potrero (Prod Total Pot): Es la producción total de forraje en el potrero. Para estimarla es necesario saber con exactitud el área del potrero y la multiplicamos por la producción de cada metro cuadrado.

$$D = E \times A$$

D= Producción total del potrero

E= Área del potrero

A= Producción por m²

- Producción total por Hectárea (Prod Total Ha): Es la producción total de forraje por Hectárea.

$$F = \frac{D}{E}$$

F= Producción total por Hectárea

D= Producción total del potrero

E= Área del potrero

- Pasto Perdido: Es la cantidad de pasto que se pierde por pisoteo, heces, orina, etc. Este porcentaje de perdida puede oscilar entre el 20% y 40% según (Cardona, 2012).

$$G = \frac{D \times H}{100}$$

G= Pasto perdido por pisoteo

D= Producción total del potrero

H= Porcentaje estimado de perdida por pisoteo

- Perdida Por Hectárea: Es la cantidad de pasto perdido por hectárea.

$$I = \frac{F \times H}{100}$$

I= Pasto perdido por hectárea

F= Producción total por Hectárea

H= Porcentaje estimado de perdida por pisoteo

- **Pasto Aprovechable:** Es la cantidad de pasto aprovechable o consumible por los animales. Este valor lo estimamos descontando de la producción total, las pérdidas por pisoteo.

$$J = D - G$$

J= Pasto aprovechable

D= Producción total del potrero

G= Pasto perdido por pisoteo

Ahora el pasto aprovechable por Ha sería:

$$K = F - I$$

K= Pasto aprovechable por Ha

F= Producción total por Ha

I= Pasto perdido por Ha

- **Tamaño del Lote:** El tamaño del lote esta expresado en términos de UGG (Unidades de Gran Ganado). Para determinar a cuantas UGG equivale el lote y partiendo de las equivalencias anteriores, es necesario realizar el producto entre el número de animales que conforman el lote y la equivalencia correspondiente en UGG.

$$L = M \times N$$

L= Total del UGG del lote

M= UGG por animal

N= Numero de animales

- **Consumo Animal:** Es la cantidad de forraje que consume el animal por día. (Coordinación de Investigación y Desarrollo de FEDEGAN – FNG, 2013) Comenta que el consumo es de aproximadamente el 10 % del peso vivo, equivalente a 45 kg de material forrajero fresco), para un animal de 450 Kg (1 UGG).
- **Periodo de Permanencia (PP):** De acuerdo a la producción de forraje que posee el potrero y la cantidad de pasto aprovechable (cantidad de forraje que puede ser consumido por el animal), puedo determinar el número de días que puedo ocupar el potrero (PP), con el fin de realizar un uso racional y sostenible sin que corra el riesgo de degradación de la pradera. Este periodo será calculado de la siguiente manera:

$$PP = \frac{J}{O}$$

PP= Periodo de permanencia

J= Pasto Aprovechable

O= Consumo diario del lote

- Rota: Esta variable permite la rotación de los novillos en los diferentes potreros.

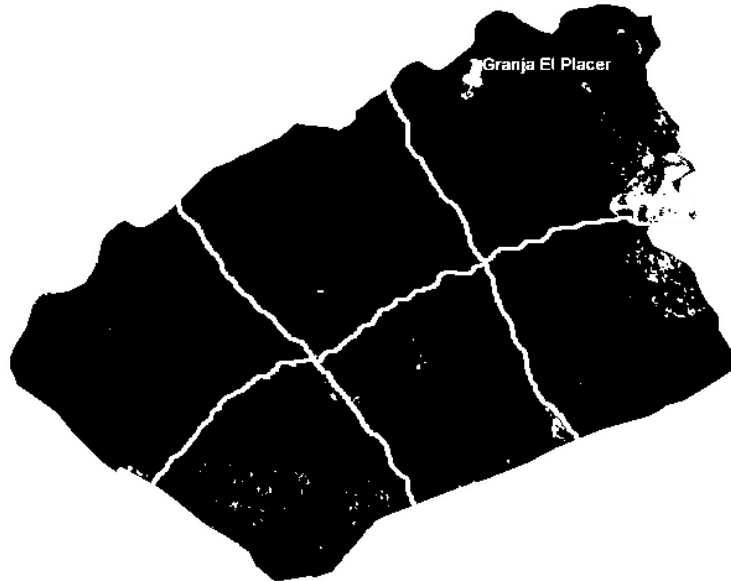


Figura 23. División de potreros de granja Objeto estudio

Se dividió la granja objeto estudio en 6 potreros de 25 hectáreas, con periodos de descanso de 42 días y los periodos de permanencia de los novillos en el potrero, el modelo de simulación dinámica lo hace con la relación del pasto aprovechable y el consumo del lote en ese momento.

- PRV Pastoreo Racional de Voison: Esta variable integra las cuatro leyes del pastoreo Voison, La ley del descanso, La ley de la ocupación, La ley de la ayuda y La ley de los rendimientos regulares. Cada una de las leyes tiene restricciones al momento de aplicarlas, estas se integraron en las variables relacionadas con la rotación de potreros.

5.1.3.4 Variables constantes o exógenas

- Producción Potencial (Prod Pot): Es Aquella que se daría en condiciones óptimas. La producción potencial se estima realizando un aforo (medir la cantidad de forraje en un área determinada), para establecer la carga animal que puede soportar la pastura en un tiempo determinado, con el fin de disminuir el riesgo de su degradación. La carga animal esta expresada en términos de UGG/Ha (Unidades de Gran Ganado, donde cada unidad equivale a 450 Kg de peso vivo por Hectárea).

- A continuación, se describe una forma práctica de realizar el aforo de los potreros:
- Observar el potrero para determinar si hay uniformidad o si existen zonas con diferencias muy notorias, en base a esto se seleccionan 4 o 6 sitios más representativos.
- En cada uno de los sitios seleccionados, se delimita un área de 1m x 1m (1m²). Se puede hacer un marco en madera o en tubo de PVC.
- Después de delimitar el área con el cuadro, se hace un corte como el que haría el animal con la boca (simulando el pastoreo), y se recoge.
- El pasto recolectado se debe pesar inmediatamente y el peso total se divide por el número total de muestras (cuadros cosechados). De este modo se obtiene un promedio de peso por cada metro cuadrado (m²).

$$A = \frac{B}{C}$$

A= Producción de forraje / m²

B= Peso total del pasto cortado en los cuadros

C= Numero de cuadros cosechados.

- Periodo de Descanso (PD): Es el tiempo que mantiene en descanso el lote o potrero, mientras crece el pasto (Bernal Eusse, 1994).

6. VALIDACIÓN DEL DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA PARA MEJORAR LA PRODUCCION DE GANADO BOVINO EN LA GRANJA OBJETO ESTUDIO

En esta etapa de validación del diseño del modelo de simulación dinámica para mejorar la producción de ganado bovino, se realiza un comparativo del diseño del modelo simulación construido (Diseño del modelo) versus las condiciones reales de la granja, es decir el subsistema productivo y financiero (Condiciones reales).

Los resultados obtenidos que se muestra a continuación corresponden a una corrida de 570 días de los diseños del modelo de simulación dinámica.

Escenario 1. Comparación de la Ganancia diaria en peso vivo de novillos del Diseño del modelo Vs Condiciones reales.

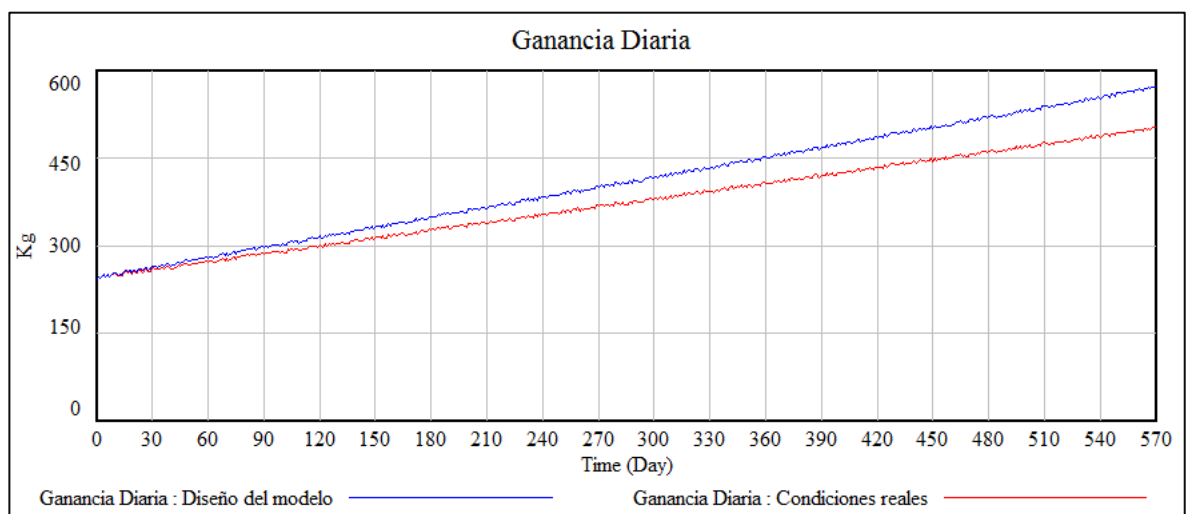


Figura 24. Grafica comparativa de ganancia de novillo en Kilogramos/día. Fuente: Autores

Inicialmente el novillo entra con un peso promedio de 220 a 250 kilogramos, en la gráfica 22, la línea azul representa el sistema mejorado y la roja el sistema actual de la granja. Se evidencia una ganancia de peso mayor del mejorado al sistema actual de la granja. Obteniendo una ganancia 123 gramos/día, más que el lleva la granja actualmente de 373 a 512 gramos/día, es decir con la incorporación del subsistema Biofísico se tiene una ganancia de peso vivo de 419 a 635 gramos/día. En consecuencia, el modelo mejorado obtiene los 450 kilogramos en 360 días y el modelo actual lo hace a los 450 días, y así logrando el propósito de la ganadería bovina de ceba, mayor ganancia en kilogramos a menor tiempo en días.

Escenario 2. Comparación de la diferencia de UGG del Diseño del modelo Vs Condiciones reales.

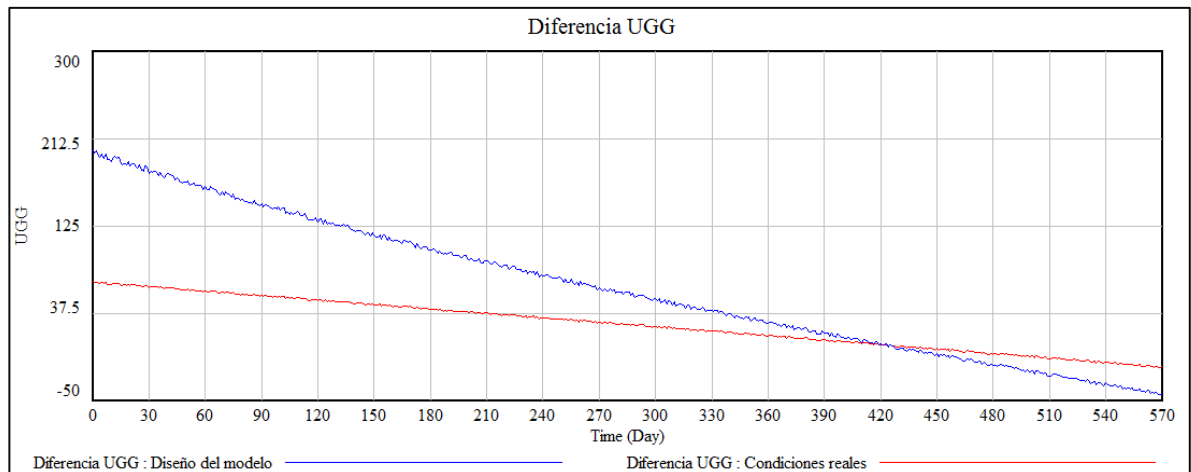


Figura 25. Grafica comparativa de UGG de novillos. Fuente: Autores

La diferencia de UGG es el resultado de la capacidad de carga total de pasto menos el peso vivo total de novillos en el sistema de producción de ganado bovino de ceba, esta medida arroja el número de novillos por hectárea que puede soportar un potrero en peso vivo. Comparando las diferencias de UGG entre el modelo actual y el mejorado, se evidencia en la gráfica 23, que con un pastoreo extensivo o continuo que actualmente tiene la granja objeto estudio, se inicia con un 69.21 UGG que pasado los días disminuirá debido al incremento de peso vivo de los novillos que se encuentran en ceba o engorde. Pero con un pastoreo rotacional intensivo como lo es el PRV, estas UGG inician 201.5, es decir tiene más capacidad de carga el modelo mejorado. Esto ocurre debido a que en un pastoreo continuo el pasto se gastara al mismo tiempo en toda la granja, caso contrario en el pastoreo rotacional, ya que la granja está dividida en lotes o potreros, y solo se gastara en esa parcela. Además, por ser un pastoreo intensivo rotacional permite pasar a un siguiente potrero y el anterior se pueda recuperar en cuestión de capacidad carga un beneficio que no tiene el pastoreo continuo que reside en la granja.

Escenario 3. Comportamiento del consumo de pasto en el Diseño del modelo en la granja objeto estudio.

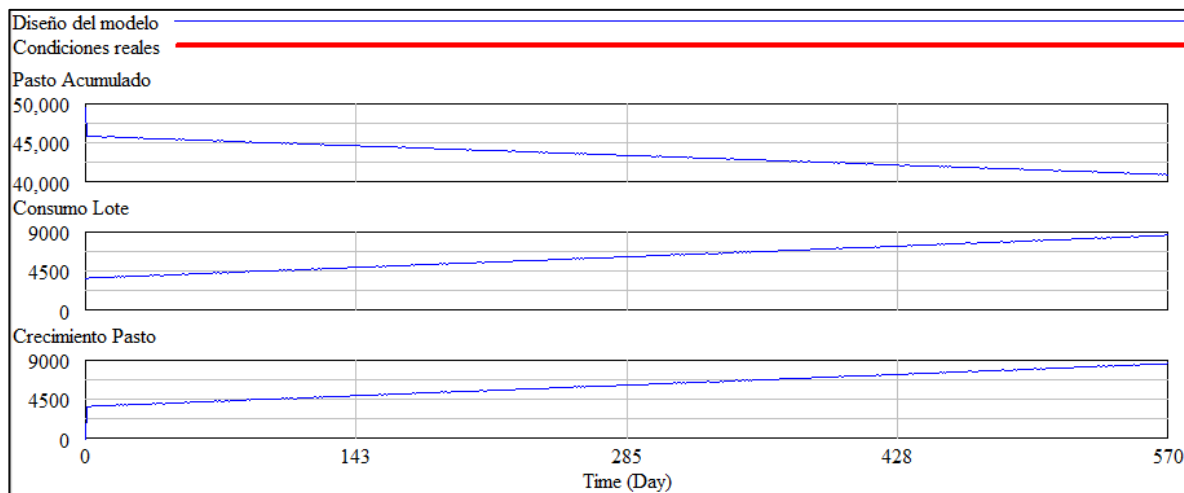


Figura 26. Grafica del comportamiento del consumo y crecimiento del pasto estrella en la granja. Fuente: Autores

El diseño del modelo de simulación dinámica de la producción de ganado bovino en la etapa de ceba de la granja objeto estudio, contempla el subsistema Biofísico, este a su vez está construido con elementos que interactúan con los demás subsistemas, por ejemplo, la parte del crecimiento y su consumo del pasto, la división y rotación de potreros, hacen que el subsistema biofísico sea un componente muy importante en todo el sistema de producción ganadera de la granja.

El consumo de pasto es una variable muy importante al momento de analizar el comportamiento de este, en el modelo mejorado el consumo por lote o potrero de pasto, se da de lo consuman los novillos en el paso de los días, como se sabe cada animal especialmente los bovinos consumen el 10% de su peso vivo, es decir cuando se inició la corrida del modelo entraron los 150 novillos al sistema de producción, el peso vivo total de ellos era 36354.9 Kilogramos y si le sacamos el porcentaje de consumo día, esto daría 3635.49 kilogramos/día por todo el lote de animales. La demanda de pasto en esta actividad es muy exigente por eso es muy indispensable crear sistemas de producción que nos ofrezcan beneficios como lo es pastoreo racional de Voisin un pastoreo rotacional intensivo. Cada vez que hay un consumo por parte del lote de novillos en un potrero A, hay un crecimiento de pasto en un potrero B y así sucesivamente, cuando un potrero este periodo de descanso de 42 días, el otro estará en periodo de permanencia de días que le asigne el modelo de simulación.

Escenario 4. Comportamiento del PRV o Pastoreo Racional de Voisin en el sistema de producción mejorado de ganadería bovina de ceba en la granja.

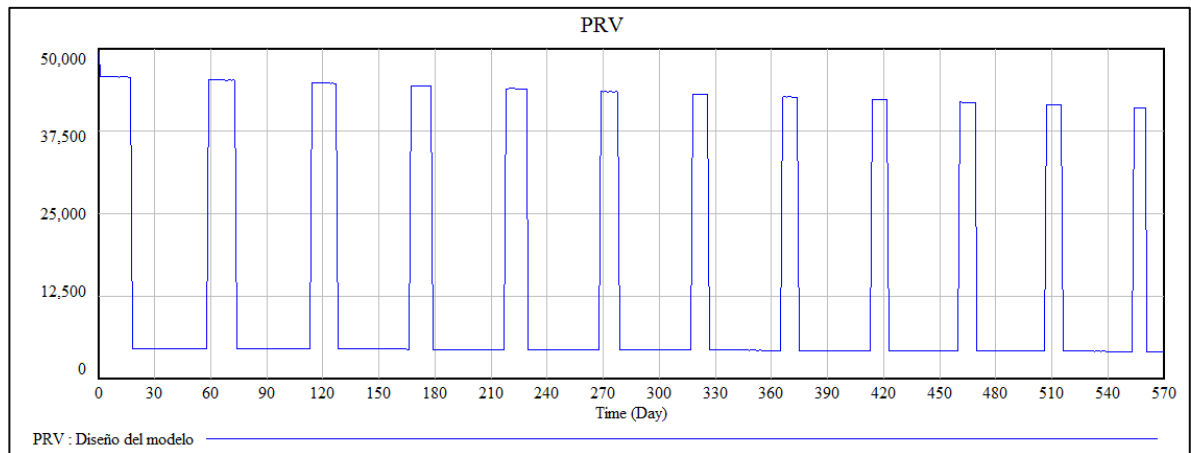


Figura 27. Grafica del comportamiento del PRV en el sistema de producción de la granja. Fuente: Autores

En todo sistema de producción ganadero y más con pastoreo rotacional intensivo se hace necesario tener una división de potreros, el cual nos permita maximizar en lo posible la carga de pasto por lote, es decir con un adecuado periodo de descanso, facilitando la recuperación del suelo por el pisoteo del novillo y el crecimiento de los pastos o forrajes del potrero. Además, relacionando de forma correcta las variables del pasto aprovechable y el consumo del lote se puede obtener un buen periodo de permanencia de los novillos en los lotes o potreros de la granja.

El modelo de simulación dinámica, contempla en total 6 potreros de 25 hectáreas, para un lote de 150 novillos de los cuales son divididos a la proporción de la capacidad de carga del potrero y el peso vivo de los animales. En la figura 25, se observa como es la rotación de potreros en el subsistema biofísico, se inicia con un pasto inicial de 49500 kilogramos que serán consumidos en el lote o potrero 1, faltando un 10% del pasto, el modelo calculara el periodo de permanencia y ubicara el lote de novillos en el siguiente potrero. El periodo de descanso de cada potrero es de 42 días, este dato es lo que se demora el pasto estrella en recuperar su aflore y permitiendo la recuperación del suelo por el pisoteo de los novillos.

Escenario 5. Comparación del modelo actual vs el modelo mejorado en las utilidades o ganancias

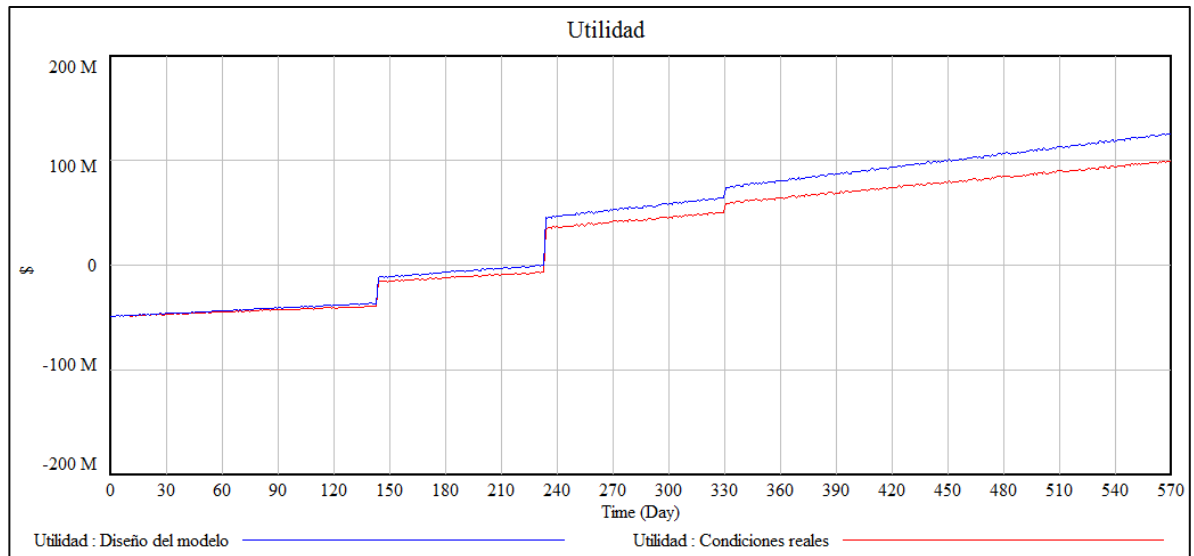


Figura 28. Grafica de comparación de las utilidades del modelo actual vs el modelo mejorado. Fuente: Autores

En la gráfica se puede observar que la utilidad es negativa hasta los 231 días, debido a la inversión inicial de novillos comprados, después se llega a un punto de equilibrio y se comienza a ver las utilidades del negocio. La utilidad tiene una tendencia escalona debido a que el precio de novillos en pie, cambia dependiendo de la edad del animal, es decir para un novillo de 1 a 143 días, el precio del kilogramo del mercado es de 2400 pesos, para un novillo de 144 a 234 días, el precio es de 2900 pesos kilogramo vivo y esto igual para los novillos después 235 en adelante con un precio de 3850, estos precios son estipulados por el mercado de acuerdo a la oferta y demanda en la temporada.

En las gráficas que arroja el programa de simulación, se puede observar como el modelo mejorado en los 360 días, donde los novillos alcanzan el peso de salida para la venta de 450 Kilogramos, la utilidad es mayor que la del modelo actual.

Time (Day)	"Ganancia	Ganancia Diaria	Time (Day)	"Utilidad"	Utilidad
357	Diaria" Runs:	446.227 402.316	357	Diseño del	7.88606e+007 6.25393e+007
358	Diaria" Runs:	449.894 405.86	358	modelo	8.0227e+007 6.386e+007
359	Diaria" Runs:	452.289 408.132	359	Condiciones	8.11192e+007 6.47065e+007
360	Diaria" Runs:	451.166 406.886	360	reales	8.06998e+007 6.42414e+007
361	Diaria" Runs:	450.207 405.804	361		8.03419e+007 6.38378e+007
362	Diseño del	449.956 405.43	362		8.02475e+007 6.36977e+007
363	modelo	451.387 406.738	363		8.07806e+007 6.4185e+007
364	Condiciones	451.494 406.722	364		8.08199e+007 6.41786e+007
365	reales	455.766 410.871	365		8.24116e+007 6.57246e+007
Time (Day)	"Ganancia	Ganancia Diaria	Time (Day)	"Utilidad"	Utilidad
447	Diaria" Runs:	499.379 444.398	447	reales	9.86184e+007 7.81826e+007
448		500.952 445.848	448		9.9204e+007 7.87224e+007
449		504.519 449.292	449		1.00533e+008 8.00058e+007
450		499.562 444.212	450		9.86848e+007 7.81118e+007
451		505.675 450.202	451		1.00963e+008 8.03441e+007
452		502.104 446.508	452		9.96311e+007 7.89667e+007
453		503.747 448.028	453		1.00243e+008 7.95327e+007
454		503.141 447.299	454		1.00017e+008 7.92606e+007
455		505.172 449.207	455		1.00773e+008 7.99713e+007

Figura 29. Tabla comparativa de Utilidades del modelo en Vensim PLE.

Es de aclarar que el día 360, el modelo actual, los novillos no han alcanzado el peso de salida del sistema, este lo logra en el día 450, es decir el modelo mejorado logra reducir casi 3 meses engordando o cebando los novillos, y así logrando el objetivo primordial de la ceba, más ganancia de peso en menos tiempo.

En la tabla 6, se describe unos datos que el modelo arroja en la simulación estos datos están relacionados hasta que los novillos alcancen los 450 kilogramos, cifra en el cual los animales salen del sistema para ser vendidos.

Tabla 6. Comparativo de utilidades netas

DESCRIPCION	MODELO MEJORADO	MODELO ACTUAL	DIFERENCIA
Inversión Inicial	\$ -87'251.000	\$ -87'251.000	\$ 0
Ingresos	\$ 260'285.000	\$ 256'274.000	\$ 4'011.000
Egresos	\$ 179'585.000	\$ 178'162.000	\$ 1'423.000
Utilidad Neta	\$ 80'700.000	\$ 78'112.000	\$ 2'588.000

La inversión inicial, de acuerdo a los históricos de precios de esa fecha, cuando se compraron los 150 novillos costó alrededor de 87 millones de pesos. Los ingresos

en el modelo mejorado son alrededor de 260 millones, una diferencia de 4 millones con el modelo actual, los egresos son de 1'423.000 pesos más en el modelo mejorado debido a las adaptaciones que se hicieron para mejorar el rendimiento en el peso vivo de los novillos, así obteniendo una utilidad neta libre alrededor de 80 millones en el modelo mejorado.

Si se hace un horizonte de evaluación a tres años, para establecer los beneficios del diseño del modelo mejorado versus el diseño del modelo actual, se podría afirmar que, en una corrida que equivale a 1080 días en los modelos, se tendría una diferencia de casi 360 días, es decir un año de diferencia del modelo mejorado hacia el modelo actual, esto equivale que en 3 años se tendría 150 novillos más para la venta que en el modelo actual.

7. CONCLUSIONES

El diseño del modelo de simulación dinámica para mejorar la producción de ganado bovino de ceba en la granja objeto estudio, cumple con los objetivos que se propusieron al principio de este trabajo, la forma de cómo se investigó en las diferentes fuentes y en la obtención de información valiosa que aportaron a la realización del mismo, fueron de gran ayuda en la caracterización del lugar y así poder desarrollar el diseño del modelo con las diferentes variables en cada uno de los subsistemas en la producción de ganado bovino.

Desde un principio se quería acoplar o engranar todos los componentes que hacen parte del sistema de producción de ganado bovino de ceba, tomando como referencia una granja en el Norte del Valle del Cauca, estos componentes se clasificaron como subsistemas, entre ellos el productivo, el financiero y el más relevante para este trabajo de investigación el biofísico. El cual permitió la obtención de mayores ganancias en peso vivo por parte de los novillos en un periodo de tiempo más corto, reduciendo la sobrepoblación en el terreno, y evitando la erosión en el suelo y así logrando que la granja, obtuviera mayor participación y competitividad en el mercado regional y facilitando la toma de decisiones al momento de administrar los recursos.

Pasar de un pastoreo extensivo a uno intensivo por rotación, brinda la reducción en la presión de pastoreo, hace que sea menor la duración en la estadía del ganado en áreas específicas, la regulación de novillos y movimiento del animal. Según Vélez et al. (2002), el aprovechamiento del pasto en un sistema rotacional intensivo puede llegar al 70 %, mientras que en un sistema continuo llega hasta 50%, el resto no es consumido debido al pisoteo, a su contaminación con heces u orina o por estar muy lignificado. Esto lleva a que la producción en términos de carne por unidad de área sea de 10-15% superior en un sistema rotacional.

El propósito de este trabajo fue comparar el modelo que actualmente existe en la granja objeto estudio, con el modelo mejorado, buscando la mejor alternativa de producción en la ganadería bovina y llegando a unos resultados satisfactorios de producción con el diseño del modelo mejorado y afirmando el propósito de la ganadería de bovina de ceba, a mayor ganancia en peso, menor tiempo en días.

8. RECOMENDACIONES

Los resultados anteriores ratifican que este modelo, en su primera versión, simula en forma realista la evolución del peso vivo (PV) de los novillos en su etapa final de ceba o engorde hasta que están listos para ser sacrificados y a su vez el crecimiento de la pastura o forraje. No obstante lo anterior, se sugiere tener en cuenta la variación del clima, ya que este es un factor muy influyente en el crecimiento de las pasturas, principal alimento de los novillos.

También resulta importante, incorporar en este modelo una subrutina dinámica que me permita visualizar el crecimiento y el valor nutritivo de los diferentes tipos de pastos y forrajes en función del clima. Lo anterior permitiría realizar simulaciones a corto y largo plazo que permita evaluar el comportamiento productivo de los animales y obtener diferentes alternativas de ceba o engorde para llevar a la práctica la que resulte ser más eficiente, rentable y sostenible.

Es importante para los dueños de las granjas o empresas agropecuarias, tener en cuenta buenas prácticas nutricionales que son esenciales para una buena salud y producción del ganado, en la ración diaria será necesario proveer de una cantidad adecuada de nutrientes para el crecimiento, mantenimiento corporal, preñez y producción (ganancia diaria de peso); cada uno de estos procesos requiere energía, proteína, minerales, vitaminas, agua y la cantidad necesaria de alimento apropiado y balanceado para el estado productivo del animal que satisfaga sus requerimientos nutricionales.

Por otro lado, durante la producción en campo, los forrajes pueden sufrir contaminación con facilidad por un uso inadecuado de plaguicidas y fertilizantes. La producción adecuada de los forrajes puede mejorar la estructura del suelo y aumentar la materia orgánica. Por estas razones se debe seguir un programa de buenas prácticas o contar con la ayuda o asesoramiento de un profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de El Dovio - Valle del Cauca*. (26 de Septiembre de 2012). Obtenido de http://www.eldovio-valle.gov.co/informacion_general.shtml#ecologia
- Altieri, M. A. (1996). El Estado del Arte de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. *Agroecología y Agricultura Sostenible*, 121.
- Ardila, J. S. (Febrero de 2009). *Productos y Servicios Ganaderos*. Obtenido de Prosegran Colombia: <http://jairoserano.com/>
- Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Cebú*. (2016). Obtenido de ASOCEBU: <http://www.asocebu.com/index.php/el-cebu/razas/brahman#características-raziales>
- Benito, J. M. (28 de Junio de 2009). La Revolucion del Neolitico: La Ganaderia. *La Revolucion del Neolitico: La Ganadería*.
- Bernal Eusse, J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales*. Bogota.
- Bernal, J. (1998). *Contexto Ganadero*. Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/reportaje/rotacion-de-potreros-herramienta-para-incrementar-la-produccion>
- Bigeriego, T., & De Saavedra, J. (2004). *Nueva legislación ambiental en ganadería*. Recuperado el 9 de 10 de 2015, de <http://europa.sim.ucm.es/compludoc/AA?a=Bigeriego+Mart%edn+de+Saavedra%2c+Manuel&donde=castellano&zfr=0>
- Botero, R. (1993). Papel de los árboles y arbustos forrajeros en el mejoramiento de los suelos de laderas en los trópicos. *Rev. Ind. Agr*, 7-21.
- Caliz Ospino, R. A., & Alean Ruiz, I. A. (2002). *La investigacion de operaciones aplicada al mejoramiento de la produccion en fincas ganaderas en colombia*. Bucaramnaga: Universidad Industrial de Santander.
- Calle Diaz, Z., & Murcia, E. (10 de Diciembre de 2014). *engormix*. Obtenido de <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/boton-oro-arbusto-gran-t6595/p0.htm>
- Cardona Mejia, J. F. (2012). Pastos y forrajes en arauca. *Fedegan Asistegan*, 55-60.
- Cardona, J. F. (2012). *FEDEGAN*. Obtenido de <http://www.fedegan.org.co/modulo-pastos-y-especies-forrajeras>

- Castellaro G., G., Aguilar G., C., Vera I., R., & Morales, L. (2012). Un Modelo de Simulación de Pradera Perenne Mesofítica. *Agricultural Research*, 72.
- Castro Martinez, P. V., Escoriza Mateu, T., Fregeiro Morador, M., Oltra Puigdomenech, J., & Sanahuja Yll, M. (2003). Trabajo, Produccion y neolitico. *III Congreso Neolítico Peninsular*, (pág. 16). Santander.
- Chajin, V., & Jimenez, N. (2010). *Modelo de simulacion de ganaderia bovina intensiva*. Bucaramanga.
- Clasificaciones, E. d. (2016). *Tipos de Ganaderia*. Obtenido de <http://www.tiposde.org/economia/525-tipos-de-ganaderia/>
- CONtexto Ganadero. (06 de Febrero de 2014). *CONtexto ganadero*. Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/como-tener-un-buen-hato-de-produccion-lechera-en-colombia>
- Coordinación de Investigación y Desarrollo de FEDEGAN – FNG. (16 de Septiembre de 2013). *Contexto Ganadero*. Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/reportaje/planeacion-forrajera-herramienta-esencial-para-la-nutricion-bovina>
- Crespo, G., & Arteaga, O. (1986). *Utilización del estiércol vacuno en la producción de forraje*. La Habana, Cuba: EDICA.
- Desarrollo, P. d. (2011). *Sistema de Documentacion e Informacion Municipal*. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/el%20dovio%20Ovalle%20del%20cauca%20pd%202012%20-%202015.pdf>
- Diaz Gutierrez, C., WingChing-Jones, R., & Rosales, R. (2009). Factibilidad del establecimiento de un sistema de produccion de engorde de bufalos en pastoreo. *Agronomia Costarricense*, 183-191.
- FEDEGAN. (2004). *Modelo de Gestión de Desarrollo Ganadero Regional*. Recuperado el 09 de 10 de 2015, de http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG_PORTLETS/NOTICIASYCOMUNICADOS/DOCUMENTOS/MODELO%20DE%20GESTI%20D3N%20TEXT0%20NOV%208%2004%20ASD%20NUEVA%20VER.PDF
- Fedegan. (s.f.). *Fedegan*. Obtenido de <http://www.fedegan.org.co/quienes-somos/fedegan>
- Fonseca, P. (17 de Junio de 2016). *CONtexto ganadero*. Obtenido de <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-asi-funcionan-los-ciclos-productivos-de-las-ganaderias>
- Galindo, J., & Vargas, B. (2009). Modelo estocástico para evaluación bio-económica de un sistema de producción bovino de cría y engorde bajo condiciones de pastoreo. *Livestock Research for Rural Development*, 21.

- Garcia, A., & Rodriguez, J. (1998). Optimizacion del engorde de bovinos en pastoreo en la pampa argentina mediante programacion lineal. *Invest Agr Prod Sanid Anim*, 13.
- Gomez, U. E., Andrade, H. H., & Vasquez, C. A. (2015). Lineamientos Metodológicos para construir Ambientes de Aprendizaje en Sistemas Productivos Agropecuarios soportados en Dinámica de Sistemas. *Informacion tecnologica*.
- Gutiérrez, C., Wing Ching, J., & Rosales, R. (2009). Factibilidad del establecimiento de un sistema de producción de engorde de búfalos en pastoreo. *Agronomía Costarricense*, 183-191.
- Hirooka, H., & Yamada, Y. (1990). A general simulation model for cattle growth and beef production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 205-218.
- Izquierdo, L. R., Galan, J. M., Santos, J. I., & Del Olmo, R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulacion basada en agentes y mediante dinamica de sistemas. *Metodologia de ciencias sociales*, 85-112.
- Jarque Megias, J. J. (16 de Marzo de 2014). *Ganaderia*. Obtenido de <http://3ajarquemegias.blogspot.com.co>
- Kahn, H. E. (1982). Tesis Phd. The development of a simulation model and its use in the evaluation of cattle production systems. *University of Reading*, 290.
- Lombana Coy, J., Martinez Martelo, D., Valverde Sanchez, M., Rubio Oquendo, J., Castrillon Cifuentes, J., & Marino Manga, W. (2012). Caracterización del sector ganadero del Caribe Colombiano. Barranquilla: Universidad del Norte, Fundación Universidad del Norte.
- Mahecha, L., Gallego, L. A., & Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 213-225.
- Notas de Prensa. (2015). *Ramio, calidad nutricional para la alimentación animal*. Panama: IDIAP Panama.
- Otero, M. (29 de Enero de 2013). Obtenido de <http://tecnicosostenible.blogspot.com.co/2013/01/produccion-bovina-en-colombia-historia.html>
- Otero, M. (29 de Enero de 2013). *Produccion bovina en colombia - Historia de la ganaderia bovina en colombia*. Obtenido de <http://tecnicosostenible.blogspot.com.co/2013/01/produccion-bovina-en-colombia-historia.html>

- Otero, M. (29 de Enero de 2013). *Tecnico sostenible*. Obtenido de <http://tecnicosostenible.blogspot.com.co/2013/01/produccion-bovina-en-colombia-historia.html>
- Paretas, J. J. (1990). Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. *Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes*, 178.
- Patiño, M. (1999). *Derecho ambiental colombiano*. Recuperado el 9 de 10 de 2015, de <http://www.virtualcentre.org/silvopastoral/juridico/collaws.htm>
- Pezo, D. (1997). Producción y utilización de pastos tropicales para la producción de leche . *Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes*, 53-72.
- Pinheiro, L. C. (1998). Comportamiento de pastoreo de los bovinos. *Revista Pecuaria de Nicaragua*, 41.
- Restom Bitar, F. (5 de Marzo de 1996). *El Tiempo*. Obtenido de GANADO DE DOBLE PROPÓSITO: LECHE Y CARNE SIMULTÁNEAS: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-343307>
- Sanders, J. O., & Cartwright, T. C. (1979). A general cattle production systems model Part 1 Description of the model. *Agricultural Systems*, 217-227.
- Santillana. (2011). Bloque 5. Geografía Economica. En *La Enciclopedia del Estudiante* (pág. 150). Santillana.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparacion y evaluacion en la empresa*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Secretaria Agricultura y Ganaderia de Honduras. (25 de Junio de 2009). Obtenido de <http://infoagro.sag.gob.hn>
- Senra, A. F. (1992). Producción de leche en los sistemas que se aplican en Cuba. *Revista Cubana Ciencia Agrícola*, 227.
- Sorio, H. (2006). *Pastoreo Voisin; Teorías Prácticas y Vivencias*. Brasil: Méritos Editora .
- Sosa, R. M., González, S. A., Hernández, V. R., & Eguiarte, J. (1991). Producción intensiva de leche en praderas. *IV Reunion de avances agropecuarios* (págs. 141-143). Universidad de Colima.
- Teitzel, J. K., Gilbert, M. A., & Cowan, R. T. (1991). Sustaining productive pastures in the tropics. *Tropical Grasslands*, 111.
- Tess, M. W., & Kolstad, B. W. (2000). Simulation of cow-calf production systems in a range environment: I. Model development . *American Society of Animal Science*, 1159-1169.

- Till, A. R. (1981). Cycling of plant nutrients in pastures. *Grazing Animals Elsevier Publications Amsterdam, Netherlands*, 33-53.
- Urbano, D., Dávila, C., & Castro, F. (2008). *Producción de pastos y forrajes, base de la alimentación sustentable para los bovinos*. Recuperado el 9 de 10 de 2015, de www.avpa.ula.ve/congresos/memorias_xivcongreso/pdf/.../urbano.pdf
- Vargas, E. (2008). Desarrollo de un modelo de simulación para la producción de carne bovina. *Tecnología en marcha*, 4-14.
- Vargas, E. (Enero de 2009). Desarrollo de un modelo de simulación para la producción de carne bovina. *Tecnología en Marcha*, págs. 4-14.

ANEXOS

Anexo 1. Inventario de novillos 2015-2016 en la Granja Objeto estudio.

INVENTARIO DE NOVILLOS GRANJA EL PLACER - 2015-2016				
N.Novillos	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	PF-PI Kg	Gramos/Dia
1	249,3	451,4	202,1	0,421
2	233,8	462,8	229,0	0,477
3	250,6	461,5	210,9	0,439
4	237,4	458,5	221,1	0,461
5	245,8	440,1	194,3	0,405
6	250,6	473,4	222,8	0,464
7	252,0	465,8	213,7	0,445
8	227,5	473,2	245,8	0,512
9	256,1	445,5	189,4	0,395
10	226,2	434,4	208,2	0,434
11	248,1	433,3	185,2	0,386
12	239,1	430,3	191,2	0,398
13	239,8	448,5	208,7	0,435
14	246,6	444,4	197,8	0,412
15	240,8	441,5	200,7	0,418
16	237,3	446,3	209,0	0,435
17	255,4	434,2	178,8	0,373
18	239,0	437,0	198,1	0,413
19	236,3	447,6	211,3	0,440
20	220,2	438,3	218,1	0,454
21	247,5	470,1	222,7	0,464
22	242,6	438,6	195,9	0,408
23	251,7	465,7	213,9	0,446
24	245,2	434,7	189,5	0,395
25	239,6	440,7	201,1	0,419
26	230,3	447,6	217,3	0,453
27	244,2	470,1	225,9	0,471
28	244,1	437,2	193,1	0,402
29	241,1	450,2	209,2	0,436
30	231,7	454,4	222,7	0,464
31	240,8	449,8	209,0	0,435
32	247,9	456,5	208,6	0,435
33	250,5	453,5	203,0	0,423
34	247,4	452,3	204,9	0,427
35	243,1	455,4	212,3	0,442
36	239,0	470,7	231,7	0,483
37	243,9	458,6	214,7	0,447
38	235,1	455,5	220,5	0,459
39	244,9	433,1	188,1	0,392
40	234,9	437,2	202,3	0,421
41	244,0	451,2	207,2	0,432
42	239,9	440,8	200,8	0,418
43	233,1	455,7	222,6	0,464
44	241,6	455,3	213,7	0,445
45	244,0	464,6	220,7	0,460
46	244,2	457,0	212,8	0,443
47	249,0	453,6	204,6	0,426
48	245,5	457,6	212,1	0,442
49	244,1	464,5	220,3	0,459
50	236,8	446,5	209,7	0,437

Continuación: Inventario de novillos 2015-2016 en granja objeto estudio.

INVENTARIO DE NOVILLOS GRANJA EL PLACER - 2015-2016				
N.Novillos	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	PF-PI Kg	Gramos/Dia
51	240,9	467,8	226,9	0,473
52	241,2	470,8	229,6	0,478
53	238,4	463,2	224,9	0,468
54	243,3	467,6	224,3	0,467
55	242,0	466,3	224,3	0,467
56	241,5	443,5	202,1	0,421
57	239,7	439,2	199,4	0,416
58	235,4	448,3	212,9	0,444
59	236,2	454,7	218,6	0,455
60	247,7	472,1	224,4	0,467
61	242,0	435,8	193,8	0,404
62	249,6	439,1	189,5	0,395
63	253,6	471,5	217,9	0,454
64	248,6	440,0	191,4	0,399
65	235,2	433,9	198,7	0,414
66	242,4	475,2	232,8	0,485
67	241,8	434,7	192,9	0,402
68	247,2	435,8	188,6	0,393
69	236,1	468,4	232,3	0,484
70	241,6	437,0	195,4	0,407
71	250,8	446,5	195,7	0,408
72	240,9	432,0	191,0	0,398
73	236,4	436,5	200,1	0,417
74	238,0	445,9	207,9	0,433
75	251,8	434,1	182,3	0,380
76	244,7	430,4	185,8	0,387
77	242,3	429,7	187,4	0,391
78	237,1	440,3	203,2	0,423
79	235,3	469,6	234,2	0,488
80	234,1	450,8	216,7	0,452
81	230,1	450,9	220,8	0,460
82	241,7	429,9	188,2	0,392
83	253,0	454,6	201,6	0,420
84	236,6	427,8	191,3	0,399
85	235,2	432,0	196,8	0,410
86	244,6	470,2	225,7	0,470
87	246,5	432,3	185,8	0,387
88	248,6	440,1	191,5	0,399
89	232,6	467,8	235,2	0,490
90	245,5	443,8	198,2	0,413
91	237,8	476,4	238,6	0,497
92	240,5	434,5	193,9	0,404
93	249,0	446,8	197,8	0,412
94	232,4	445,8	213,4	0,445
95	241,7	466,9	225,2	0,469
96	245,6	441,9	196,2	0,409
97	244,4	443,1	198,7	0,414
98	233,3	443,7	210,3	0,438
99	246,1	454,9	208,8	0,435
100	241,6	467,9	226,2	0,471

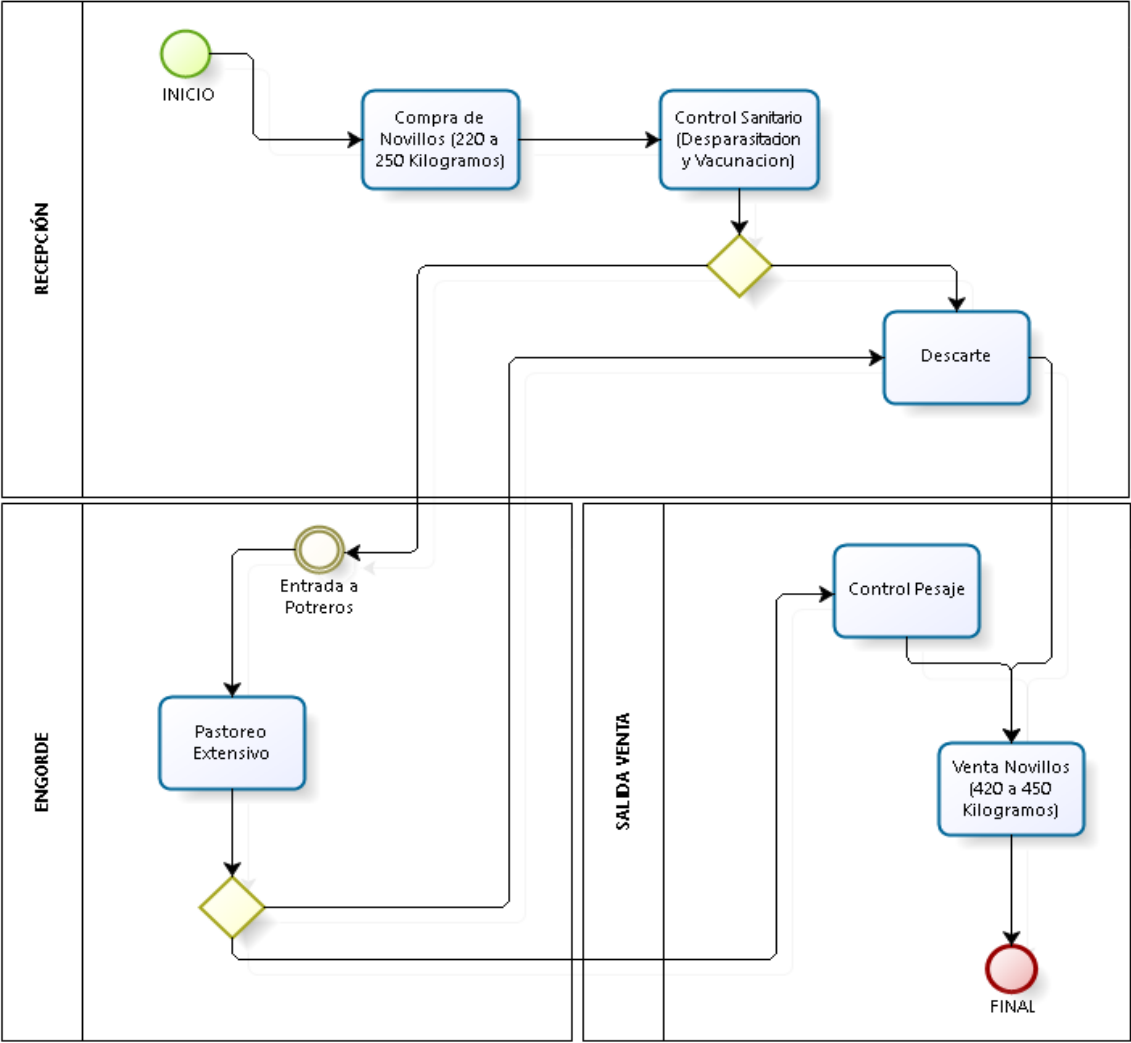
Continuación: Inventario de novillos 2015-2016 en granja objeto estudio.

INVENTARIO DE NOVILLOS GRANJA EL PLACER - 2015-2016				
N.Novillos	Peso Inicial Kg	Peso Final Kg	PF-PI Kg	Gramos/Dia
101	249,6	463,2	213,6	0,445
102	249,4	432,7	183,3	0,382
103	248,4	457,2	208,8	0,435
104	245,0	462,7	217,7	0,454
105	234,4	432,1	197,8	0,412
106	235,2	438,8	203,5	0,424
107	244,7	454,9	210,2	0,438
108	240,6	461,1	220,6	0,460
109	235,3	441,3	205,9	0,429
110	237,9	471,6	233,7	0,487
111	247,3	435,4	188,1	0,392
112	244,8	436,3	191,5	0,399
113	240,0	428,2	188,2	0,392
114	236,9	445,9	209,0	0,435
115	238,8	475,2	236,5	0,493
116	245,9	438,4	192,5	0,401
117	250,1	476,7	226,6	0,472
118	244,0	434,0	190,0	0,396
119	246,9	454,2	207,4	0,432
120	247,6	444,7	197,0	0,411
121	240,7	443,2	202,6	0,422
122	242,3	473,8	231,4	0,482
123	243,7	435,2	191,5	0,399
124	231,2	428,5	197,3	0,411
125	245,4	453,3	208,0	0,433
126	241,4	445,4	204,0	0,425
127	246,0	460,3	214,3	0,447
128	249,5	449,2	199,7	0,416
129	240,1	451,8	211,7	0,441
130	249,7	475,8	226,1	0,471
131	236,8	476,3	239,5	0,499
132	246,6	471,8	225,2	0,469
133	241,7	458,7	217,0	0,452
134	246,7	449,2	202,5	0,422
135	237,9	440,0	202,1	0,421
136	238,4	433,0	194,6	0,405
137	243,9	471,9	228,0	0,475
138	240,4	448,3	208,0	0,433
139	233,7	448,7	215,0	0,448
140	244,7	465,3	220,6	0,460
141	242,0	435,3	193,3	0,403
142	234,1	441,8	207,7	0,433
143	235,3	436,4	201,1	0,419
144	253,0	449,8	196,8	0,410
145	243,2	451,7	208,6	0,435
146	232,5	435,1	202,6	0,422
147	243,9	467,6	223,7	0,466
148	247,1	436,7	189,6	0,395
149	241,0	457,6	216,6	0,451
150	240,8	453,0	212,2	0,442

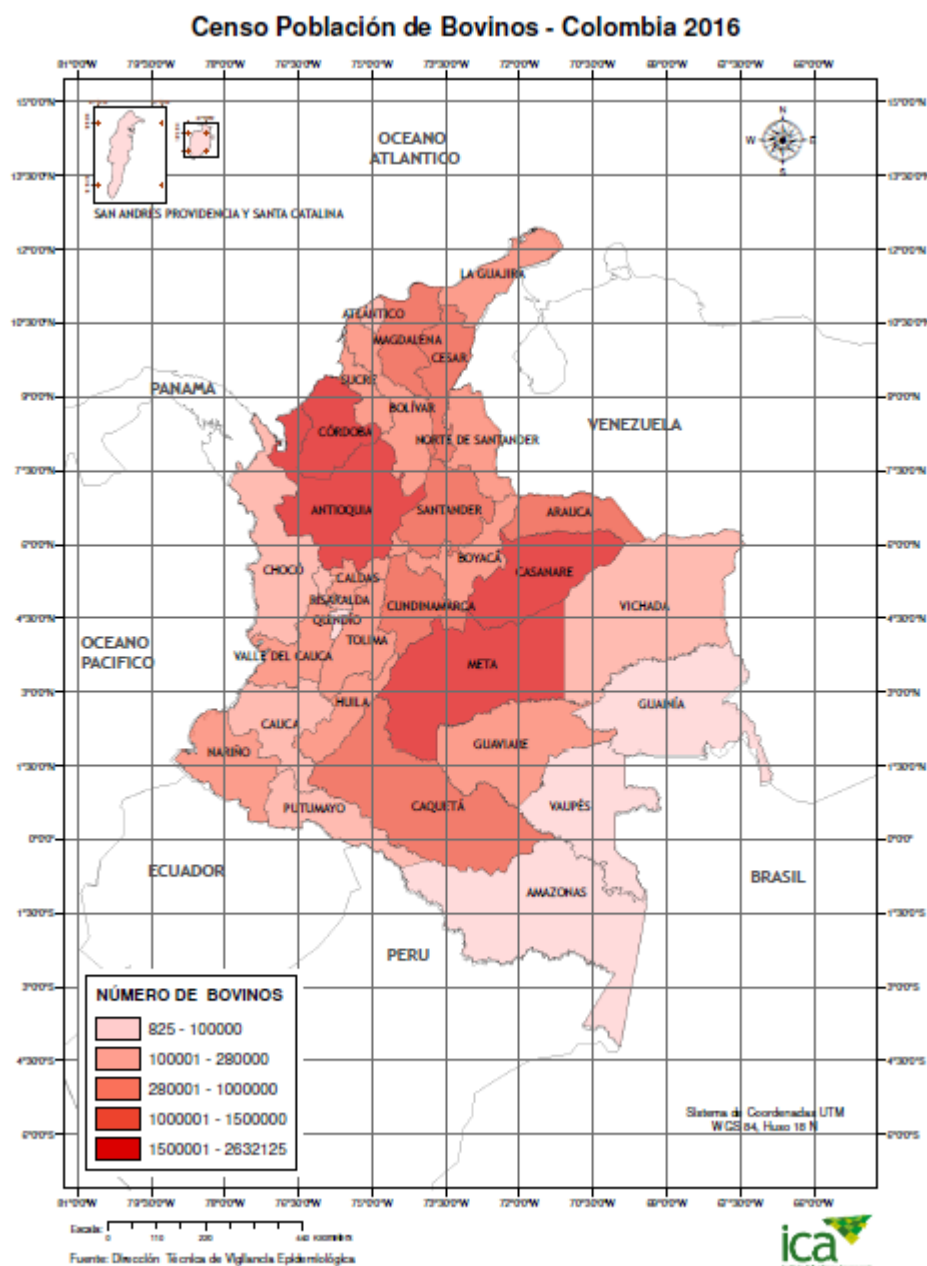
Anexo 2. Encuesta Realizada a la granja Objeto estudio

ENCUESTA A GRANJA DE GANADO BOVINO		
1	Nombre de la Granja	_____
2	Area de la Granja	_____
3	Actividad en su Granja	
	Ganado de Ceba	☐
	Ganado de Leche	☐
	Ganado de Doble Proposito	☐
	Otro: ¿Cuál?	☐ _____
4	Numero de hectareas de la Granja que destina a agricultura	_____
5	Numero de hectareas de la Granja que destina al ganado de leche	_____
6	Numero de hectareas de la Granja que destina al ganado de ceba	_____
7	Numero de hectareas de bosque	_____
8	Razas bovinas en su Granja:	
	Angus	☐
	Cebu Blanco	☐
	Cebu Rojo	☐
	Gyr Lechero	☐
	Holstein	☐
	Jersey	☐
	Normando	☐
	Pardo Suizo	☐
	Otras: ¿Cuáles?	☐ _____
9	¿Qué raza predomina en su Granja?	_____
10	La alimentacion del ganado se suministra en	
	Potrero	☐
	Establo	☐
	Semiestabulado	☐
11	¿Qué tipo de alimentacion le suministra a su ganado?	
	Pasto	☐
	Suero	☐
	Concentrado	☐
	Melaza	☐
	Otros: ¿Cuáles?	☐ _____
12	¿Realiza ensilaje en su Granja?	_____
13	¿Cuántos trabajadores tiene en la Granja?	_____
14	¿Cómo lleva las cuentas de su Granja?	_____
	<i>Ej: en cuaderno, de memoria, en computador, otros</i>	_____

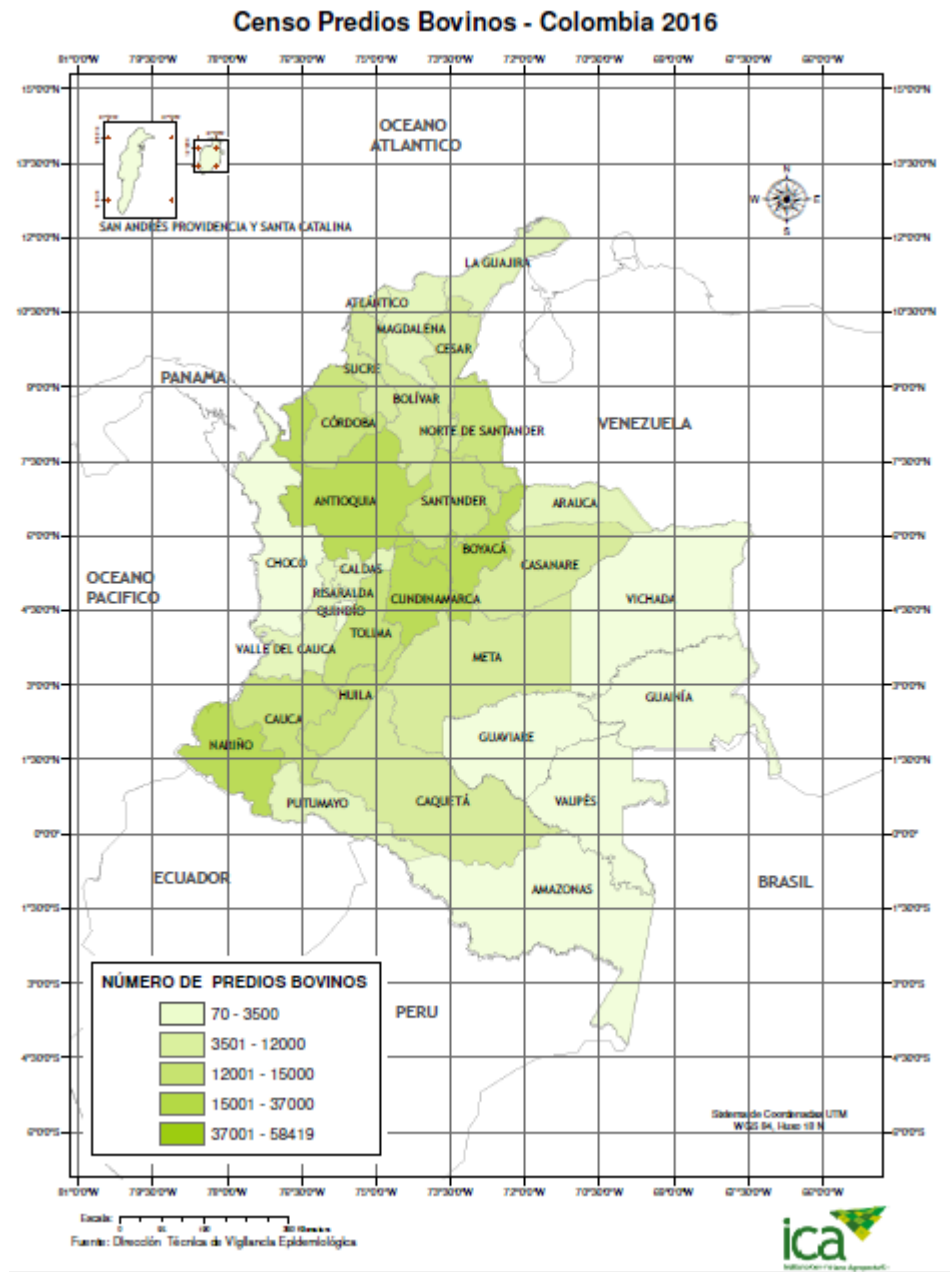
Anexo 3. Proceso Productivo de ganado de bovino actual de la granja Objeto estudio



Anexo 4. Mapa de distribución de bovinos, Censo ICA 2016



Anexo 5. Mapa de distribución de predios bovinos, Censo ICA 2016



Anexo 6. Tabla de población bovina en municipios del Valle del Cauca, Censo ICA 2016

MUNICIPIO	TOTAL BOVINOS - 2016	Nº DE FINCAS 1 A 50	Nº DE FINCAS 51 A 100	Nº DE FINCAS 101 A 500	Nº DE FINCAS 501 O MAS	TOTAL FINCAS CON BOVINOS - 2016
ALCALA	6.243	88	26	19	0	133
ANDALUCIA	6.901	130	14	8	2	154
ANSERMANUEVO	20.634	200	38	52	4	294
ARGELIA-V	4.495	133	8	9	0	150
BOLIVAR-V	14.628	308	33	31	1	373
BUENAVENTURA	397	31	1	0	0	32
BUGALAGRANDE	23.334	209	28	33	11	281
CAICEDONIA	4.413	174	11	11	0	196
CALI	8.115	351	15	13	1	380
CALIMA	9.932	191	19	28	0	238
CANDELARIA-V	3.713	92	12	4	1	109
CARTAGO	24.598	183	40	59	9	291
DAGUA	7.322	326	24	12	0	362
EL-AGUILA	4.605	155	12	6	1	174
EL-CAIRO	6.336	231	16	11	1	259
EL-CERRITO	9.914	175	34	24	1	234
EL-DOVIO	13.646	305	41	29	1	376
FLORIDA	4.621	179	7	9	0	195
GINEBRA	6.389	207	19	11	0	237
GUACARI	3.949	165	8	9	0	182
GUADALAJARA-DE-BUGA	22.753	388	47	65	1	501
JAMUNDI	10.890	268	32	17	2	319
LA-CUMBRE	4.428	207	9	9	0	225
LA-UNION-V	5.224	184	19	8	0	211
LA-VICTORIA-V	24.460	180	32	56	7	275
OBANDO	13.257	204	23	35	2	264
PALMIRA	18.516	362	39	43	2	446
PRADERA	5.611	141	12	8	1	162
RESTREPO-V	9.678	147	28	29	0	204
RIOFRIO	10.473	199	20	15	3	237
ROLDANILLO	8.609	157	23	26	2	208
SAN-PEDRO-V	9.168	218	20	21	0	259
SEVILLA	18.540	274	26	33	5	338
TORO	10.794	161	23	28	1	213
TRUJILLO	8.359	271	16	16	0	303
TULUA	33.160	596	93	75	3	767
ULLOA	4.590	102	10	8	1	121
VERSALLES	13.204	231	37	24	2	294
VIJES	3.885	113	9	9	0	131
YOTOCO	14.686	199	22	28	6	255
YUMBO	3.600	120	13	7	1	141
ZARZAL	21.526	148	22	40	7	217

Anexo 7. Tabla de población bovina en Departamentos de Colombia, Censo ICA 2016

DEPARTAMENTOS	TOTAL BOVINOS - 2016	No DE FINCAS 1 A 50	No DE FINCAS 51 A 100	No DE FINCAS 101 A 500	No DE FINCAS 501 O MAS	TOTAL FINCAS CON BOVINOS - 2016
AMAZONAS	1.264	120	1	0	0	121
ANTIOQUIA	2.632.125	47.168	6.103	4.571	577	58.419
ARAUCA	1.048.543	4.503	2.272	2.228	325	9.328
ATLANTICO	224.978	4.775	610	449	17	5.851
BOLIVAR	925.446	8.320	2.364	1.977	184	12.845
BOYACA	748.701	50.990	1.289	158	56	52.493
CALDAS	370.345	7.090	844	787	62	8.783
CAQUETA	1.340.049	6.032	3.481	3.521	229	13.263
CASANARE	1.845.226	7.341	2.332	3.131	727	13.531
CAUCA	273.663	16.910	640	279	16	17.845
CESAR	1.357.512	6.710	2.584	2.705	450	12.449
CHOCO	152.228	1.742	292	242	51	2.327
CORDOBA	1.942.770	19.403	3.151	3.504	663	26.721
CUNDINAMARCA	1.256.535	51.782	2.437	255	78	54.552
DISTRITO-CAPITAL	26.125	810	53	4	0	867
GUAINIA	4.703	46	13	13	0	72
GUAVIARE	281.611	1.684	820	729	48	3.281
HUILA	415.246	13.061	1.265	676	19	15.021
LA-GUAJIRA	285.298	3.255	854	627	39	4.775
MAGDALENA	1.207.764	5.910	2.554	2.766	322	11.552
META	1.660.147	7.120	2.657	3.382	581	13.740
NARINO	384.686	41.820	474	121	1	42.416
NORTE-SANTANDER	389.694	17.666	1.239	625	30	19.560
PUTUMAYO	197.611	6.635	502	264	16	7.417
QUINDIO	81.788	2.003	266	155	6	2.430
RISARALDA	109.117	3.294	282	200	14	3.790
S. ANDRES / PROVID	825	68	2	0	0	70
SANTANDER	1.412.313	31.356	3.067	2.309	268	37.000
SUCRE	862.008	10.233	1.897	1.764	195	14.089
TOLIMA	547.647	14.508	1.753	1.091	77	17.429
VALLE	459.596	8.703	981	978	79	10.741
VAUPES	1.223	81	4	0	0	85
VICHADA	242.633	584	381	471	103	1.539
Total general	22.689.420	401.723	47.464	39.982	5.233	494.402

Anexo 8. Variables Matemáticas del modelo de simulación actual

- | | |
|--|---|
| <p>(01) Cap Carga= 150
Units: UGG</p> | <p>(12) Descarte= Nov Ceb Des*Peso
CebIni
Units: Kg</p> |
| <p>(02) Cap Com= (Dif UGG*Tam
UGG)/Peso Ceb Ini
Units: Nov</p> | <p>(13) Dif UGG= Cap Carga-UGG
Units: UGG</p> |
| <p>(03) Ceb Ins= 150
Units: Nov</p> | <p>(14) Egresos= Cos Alimen+Cos
Compras+Cos Mant+Cos
Prod+Cos Profesional+Cos
Potre+Cos Suple
Units: \$</p> |
| <p>(04) Ceba= Nov Ceb Acc-Nov Ceb
Des
Units: Nov</p> | <p>(15) FINAL TIME = 570
Units: Day
The final time for the
simulation.</p> |
| <p>(05) Cos Alimen= Sal y Alim*Pv
Units: \$</p> | <p>(16) Ganan Dia= Peso Ceb
Ini+Tasa Crec
Units: Kg</p> |
| <p>(06) Cos Compras= IF THEN
ELSE(Pv=36354.9, (Precio
Compra Nov*Pv), (Precio
Compra Nov*36354.9))
Units: \$</p> | <p>(17) Ing Carne= Pv*Precio Vivo
Units: \$</p> |
| <p>(07) Cos Mant= Otros Cos*Pv
Units: \$</p> | <p>(18) Ing Descarte= Descarte*Precio
Descarte
Units: \$</p> |
| <p>(08) Cos Potre= Ins Man Pra
Sue*Pv
Units: \$</p> | <p>(19) Ingresos= (Ing Carne+Ing
Descarte)
Units: \$</p> |
| <p>(09) Cos Prod= MO*Pv
Units: \$</p> | <p>(20) INITIAL TIME = 0
Units: Day
The initial time for the
simulation.</p> |
| <p>(10) Cos Profesional=
Medica*Pv
Units: \$</p> | <p>(21) Ins Man Pra Sue= 41
Units: \$/UGG</p> |
| <p>(11) Cos Suple= Otros Ins y Sup*Pv
Units: **undefined**</p> | |

- (22) Medica=94.3
Units: \$/UGG
- (23) MO= 933.7
Units: \$/UGG
- (24) Nov Ceb Acc=Ceb Ins
Units: Nov
- (25) Nov Ceb Des= Nov Ceb
Acc*Tas Nov Ceb Des
Units: Nov*Dmnl
- (26) Otros Cos= 125.8
Units: \$/UGG
- (27) Otros Ins y Sup= 99.8
Units: **undefined**
- (28) Peso Ceb Ini= RANDOM
BETA(220, 256, 1,1,241.98,
6.168, 0)
Units: Kg/Nov
- (29) Precio Compra Nov= 2400
Units: \$/Nov
- (30) Precio Descarte= 3500
Units: \$/Kg
- (31) Precio Vivo= IF THEN
ELSE(Time >= 0 :AND: Time
<144, 2400, 0)+IF THEN
ELSE(Time >= 144 :AND:
Time <234, 2900, 0)+IF THEN
ELSE(Time >= 234 :AND: Time
<331, 3700,0)+IF THEN
ELSE(Time >=331, 3850, 0)
Units: \$/Kg
- (32) Pv= Ceba*Ganan Dia
Units: Kg
- (33) Sal y Alim= 72.5
Units: \$/UGG
- (34) SAVEPER = TIME STEP
Units: Day [0,?]
The frequency with which
output is stored.
- (35) Tam UGG= 450
Units: Kg/UGG
- (36) Tas Nov Ceb Des= 0.002
Units: Dmnl
- (37) Tasa Crec= INTEG ((RANDOM
BETA(0.373, 0.512, 1,1,0.434,
0.03, 0)),0)
Units: **undefined**
- (38) TIME STEP = 1
Units: Day [0,?]
The time step for the
simulation.
- (39) UGG= Pv/Tam UGG
Units: UGG
- (40) Utilidad= Ingresos-Egresos
Units: \$

Anexo 9. Variables Matemáticas del modelo de simulación mejorado

(01)	Area Pot= (Area Total Ha*10000) /6 Units: m2	(11)	Consumo PR= Consumo Lote*PR Units: Kg
(02)	Area Req Lote= Consumo PR/Pasto Aprov Ha Units: Ha	(12)	Cos Alimen= Sal y Alim*Pv Units: \$
(03)	Area Total Ha= 150 Units: Ha	(13)	Cos Compras= IF THEN ELSE(Pv=36354.9, (Precio Compra Nov*Pv), (Precio Compra Nov*36354.9)) Units: \$
(04)	Cap Carga= Area Total Ha*Cap Carga Potrero Units: UGG	(14)	Cos Mant= Otros Cos*Pv Units: \$
(05)	Cap Carga Potrero= Ceba/Area Req Lote Units: UGG/Ha	(15)	Cos Potre= Ins Man Pra Sue*Pv Units: \$
(06)	Cap Com= (Dif UGG*Tam UGG) /Peso Ceb Ini Units: Nov	(16)	Cos Prod= MO*Pv Units: \$
(07)	Ceb Ins= 150 Units: Nov	(17)	Cos Profesional= Medica*Pv Units: \$
(08)	Ceba= Nov Ceb Acc-Nov Ceb Des Units: Nov	(18)	Cos Suple= Otros Ins y Sup*Pv Units: **undefined**
(09)	Consumo Animal= Ganan Dia*"Tas 10%" Units: Kg	(19)	Creci Pasto= (Pasto Inicial- Pasto Acumulado) Units: Kg/Ha
(10)	Consumo Lote= Ceba*Consumo Animal Units: Kg/Dia	(20)	Descarte= Nov Ceb Des*Peso CebIni Units: Kg

- (21) $\text{Dif UGG} = \text{Cap Carga} - \text{UGG}$
Units: UGG
- (22) $\text{Egresos} = \text{Cos Alimen} + \text{Cos Compras} + \text{Cos Mant} + \text{Cos Prod} + \text{Cos Profesional} + \text{Cos Potre} + \text{Cos Suple}$
Units: \$
- (23) $\text{FINAL TIME} = 570$
Units: Day
The final time for the simulation.
- (24) $\text{Ganan Dia} = \text{Peso Ceb Ini} + \text{Tasa Crec}$
Units: Kg
- (25) $\text{Ing Carne} = \text{Pv} * \text{Precio Vivo}$
Units: \$
- (26) $\text{Ing Descarte} = \text{Descarte} * \text{Precio Descarte}$
Units: \$
- (27) $\text{Ingresos} = (\text{Ing Carne} + \text{Ing Descarte})$
Units: \$
- (28) $\text{INITIAL TIME} = 0$
Units: Day
The initial time for the simulation.
- (29) $\text{Ins Man Pra Sue} = 41$
Units: \$/UGG
- (30) $\text{Medica} = 94.3$
Units: \$/UGG
- (31) $\text{MO} = 933.7$
Units: \$/UGG
- (32) $\text{Nov Ceb Acc} = \text{Ceb Ins}$
Units: Nov
- (33) $\text{Nov Ceb Des} = \text{Nov Ceb Des}$
Units: Nov * Dmnl
- (34) $\text{Otros Cos} = 125.8$
Units: \$/UGG
- (35) $\text{Otros Ins y Sup} = 99.8$
Units: **undefined**
- (36) $\text{Pasto Acumulado} = \text{INTEG}(\text{Creci Pasto} - \text{Consumo Lote}, \text{Pasto Inicial})$
Units: Kg/Ha
- (37) $\text{Pasto Aprov Ha} = \text{Prod Total Ha} - \text{Pasto Perdido Ha}$
Units: Kg
- (38) $\text{Pasto Aprov Po} = \text{Prod Total Po} - \text{Pasto Perdido}$
Units: **undefined**
- (39) $\text{Pasto Inicial} = 49500$
Units: Kg
- (40) $\text{Pasto Perdido} = \text{Prod Total Po} * \text{Tasa Per Pas}$
Units: Kg
- (41) $\text{Pasto Perdido Ha} = \text{Pasto Perdido} / (\text{Area Pot} / 10000)$
Units: **undefined**
- (42) $\text{PD} = 42$
Units: Dia
- (43) $\text{Peso Ceb Ini} = \text{RANDOM BETA}(220, 256, 1, 1, 241.98, 6.168, 0)$
Units: Kg/Nov
- (44) $\text{PP} = \text{Pasto Aprov Po} / \text{Consumo Lote}$

	Units: Dia	) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(45)	PR= PP+PD Units: Dia	TRAIN ((PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP +PD),PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(46)	Precio Compra Nov= 2400 Units: \$/Nov	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP)) *Pas to Acumulado)+(PULSE
(47)	Precio Descarte= 3500 Units: \$/Kg	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(48)	Precio Vivo= IF THEN ELSE (Time >= 0 :AND: Time <144, 2400, 0)+IF THEN ELSE(Time >= 144 :AND: Time <234, 2900, 0)+IF THEN ELSE(Time >= 234 :AND: Time <331, 3700,0)+IF THEN ELSE(Time >=331, 3850, 0) Units: \$/Kg	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(49)	Prod Pot= 0.4 Units: Kg/m2	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(50)	Prod Total Ha= Prod Total Po/(Area Pot/10000) Units: Kg/Ha	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(51)	Prod Total Po= Area Pot*Prod Pot Units: Kg	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(52)	PRV= IF THEN ELSE (Rota=0, (Pasto Acumulado*0.1), Rota) Units: **undefined**	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(53)	Pv= Ceba*Ganan Dia Units: Kg	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE
(54)	Rota= (PULSE TRAIN(0, PP, (PP+PD), (PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE TRAIN((PP +PD+PP+PD),PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP))	TRAIN((PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD), PP, (PP+PD), (PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP+PD+PP+PD+ PP+PD+PP+PD+PP+PD+PP+ PD+PP+PD+PP)) *Pasto Acumulado)+(PULSE

- PD+PP+PD+PP))*Pasto
Acumulado)
Units: **undefined**
- (55) Sal y Alim= 72.5
Units: \$/UGG
- (56) SAVEPER = TIME STEP
Units: Day [0,?]
The frequency with which
output is stored.
- (57) Tam UGG= 450
Units: Kg/UGG
- (58) "Tas 10%"= 0.1
Units: Dmnl
- (59) Tas Nov Ceb Des= 0.002
Units: Dmnl
- (60) Tasa Crec= INTEG ((RANDOM
BETA (0.373, 0.512, 1,1,0.434,
0.03,0)) +0.123,0)
Units: **undefined**
- (61) Tasa Per Pas=
0.3
Units: Dmnl
- (62) TIME STEP = 1
Units: Day [0,?]
The time step for the
simulation.
- (63) UGG=
Pv/Tam UGG
Units: UGG
- (64) Utilidad=
Ingresos-Egresos
Units: \$

Anexo 10. Precios de Peso Vivo diciembre 2016 - SUGANORTE S.A.

 Suganorte s.a. <i>Sociedad Comerciaria Limitada Sucursal del Norte S.A.</i> <i>Su Norte en el negocio del ganado!</i>				Informe de Precios			
Edad	Sexo	Carb. Aním	Peso Med	Mínimo	Máximo	Promedio	Valor animal
				REMATE HEMBRA		De 1	
DEST	HL	3	72	380,000	380,000	380,000	380,000
1	HL	1	130	230,000	230,000	230,000	230,000
XX	VH	2	518	2,200,000	2,200,000	2,200,000	2,200,000
TOTALES		6					
				SUBASTA HEMBRA		De 1	
2	HV	20	266	3,400	4,200	3,833	1,002,262
DEST	HL	19	112	4,600	5,100	4,820	534,132
1	HL	39	143	4,000	4,500	4,289	608,598
2 1/4	HV	54	294	3,050	4,150	3,880	1,155,727
1 1/4	HL	128	160	3,000	4,450	4,147	685,689
2 1/2	HV	18	347	3,000	4,100	3,790	1,359,375
1 1/2	HL	143	195	2,650	4,500	4,136	831,593
2 3/4	HV	24	376	3,800	4,250	4,086	1,524,948
1 3/4	HL	49	231	3,200	4,100	3,875	907,061
3	HV	3	427	4,250	4,300	4,275	1,821,250
3	NV	1	445	4,050	4,050	4,050	1,802,250
XX	VH	55	446	1,500	4,250	3,488	1,590,432
XX	VP	9	535	2,400	7,500	4,172	2,315,417
TOTALES		562					
				SUBASTA MACHO		De 1	
2	MC	24	253	2,400	5,000	3,900	1,130,833
DEST	ML	28	115	4,800	4,900	4,830	556,607
1	ML	33	142	3,650	4,850	4,407	637,788
2 1/4	MC	28	300	1,800	4,400	3,689	1,156,429
1 1/4	ML	62	186	4,150	4,900	4,689	777,088
2 1/2	MC	20	328	2,900	4,350	3,879	1,327,638
1 1/2	ML	74	203	3,100	5,300	4,357	944,003
2 3/4	MC	6	379	3,700	4,000	3,883	1,470,375
1 3/4	ML	58	226	2,400	5,250	4,107	1,035,612
3	MC	10	433	3,650	4,300	4,079	1,784,425
XX	T	10	814	4,250	4,600	4,400	2,711,975
TOTALES		373					
				REMATE HEMBRA		De 2	

Fuente: Suganorte, 2016

Anexo 11. Características de adaptación, calidad y tasas de siembra de las especies tropicales utilizadas en el Proyecto del norte del Valle del Cauca.

Especie	Altura (m.s.n.m.)	Precipitación (mm)	pH	Prot. %	Tasas de siembra Kg/ha
Gramíneas					
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	0-1800	1200-3500	3.5-6.0	6-8	4.0
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo	0-1800	1000-3500	4.0-8.0	7-14	4.0
<i>Brachiaria</i> Híbrido cv. Mulato	0-1800	1000-3500	4.5-8.0	12-15	4.0
<i>Brachiaria</i> Híbrido cv. Mulato 2	0-1800	1000-3500	4.5-8.0	12-15	4.0
<i>Panicum maximum</i>	0-1500	1000-3500	5.0-8.0	10-14	8.0
<i>Pennisetum</i> sp (Elefante)	0-2300	800-4000	4.5-7.0	7-10	Vegetativo
Leguminosas					
<i>Arachis pintoi</i>	0-1800	>1200-3500	3.5-8.0	15-20	6.0
<i>Centrosema pubescens</i>	0-1700	1000-1750	4.5-7.0	15-25	4.0
<i>Canavalia brasiliensis</i>	0-1000	1000-1800	4.3-8.0	15	20.0
<i>Clitoria ternatea</i>	0-2000	400-2500	4.5-8.7	17-20	4.0
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv. Maquenque	0-1800	>1800	4.0-7.0	13-21	1.0
<i>Lablab purpureus</i>	0-2100	700-2500	4.5-8.0	11-23	20.0
<i>Vigna unguiculata</i> (Cauipi)	0-1600	700-2000	4.0-8.0	14-21	20.0
<i>Cratylia argentea</i> cv. Veranera	0-1200	1000-4000	3.8-6.0	18-30	2.0
<i>Leucaena leucocephala</i>	0-1600	>750	5.5-8.0	12-25	2.5
<i>Leucaena diversifolia</i>	0-2000	>750		20	1.0
<i>Flemingia macrophylla</i>	0-2000	1000-3500	3.8-8.0	15-30	0.5
<i>Desmodium velutinum</i>	0-1800		3.5-8.0	19-24	0.25
Otras					
<i>Tithonia diversifolia</i>	0-2500	800-5000	4.5-8.0	14-28	Vegetativo

Fuente: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 165p

Anexo 12. Rubros para producir un kilo de carne en pie – Fedegan 2012



Anexo 13. Nueva estructura de costos de producción ganadera – Fedegan 2012

Nueva estructura de costos de producción ganadera

Regiones productoras de carne

Rubro	Región	Altiplano Cundiboyacense	Antioquia-Eje Cafetero y Norte del Valle	Caribe húmedo	Caribe seco	Llanos Orientales	Sur de Bolívar, Sur del Cesar y Santanderes	Sur Occidente (Nariño, Cauca, Putumayo)	Sur Oriente (Tolima, Huila, Caquetá)
Mano de obra		\$ 972,7	\$ 933,7	\$ 731,6	\$ 676,1	\$ 1.094,3	\$ 363,8	\$ 1.087,4	\$ 1.258,8
Insumos para manejo de praderas y suelos (fertilizantes, fungicidas y herbicidas)		\$ 60,9	\$ 41,0	\$ 283,7	\$ 365,1	\$ 58,6	\$ 165,7	\$ 108,9	\$ 43,9
Sales y suplementos alimenticios (sales minerales, sales concentradas y raciones)		\$ 276,7	\$ 72,5	\$ 106,0	\$ 36,0	\$ 210,5	\$ 276,7	\$ 178,4	\$ 284,4
Otros insumos y suplementos (conservantes, bencina y otros)		\$ 100,9	\$ 99,8	\$ 7,5	\$ 137,5	\$ 1,8	\$ -	\$ 105,2	\$ 73,2
Medicamentos (vacunas, desparasitantes, antibióticos, antiparasitarios, desinfectantes, otros)		\$ 147,9	\$ 94,3	\$ 197,1	\$ 183,3	\$ 128,1	\$ 162,3	\$ 155,9	\$ 280,2
Otros costos (transporte, servicios públicos, impuestos, otros)		\$ 182,7	\$ 125,8	\$ 168,7	\$ 240,6	\$ 334,9	\$ 737,9	\$ 240,4	\$ 146,4
Total		\$ 1.740	\$ 1.367	\$ 1.493	\$ 1.637	\$ 1.830	\$ 1.708	\$ 1.878	\$ 2.091

Fuente: Costos modales de producción 2012. Fedegan FNG - Oficina de Investigaciones Económicas, 2012.

