DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA GANADO BASADO EN ACEITE DE PALMA

MANUEL HERNANDO GONZÁLEZ MARTÍNEZ
KEVIN JOSEPH MUÑOZ ALVARINO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
GRUPO DE PENSAMIENTO SISTÉMICO
BUCARAMANGA, 28 DE NOVIEMBRE DE 2019.

DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA GANADO BASADO EN ACEITE DE PALMA

MANUEL HERNANDO GONZÁLEZ MARTINEZ
KEVIN JOSEPH MUÑOZ ALVARINO

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero de sistemas

Director:

José Daniel Cabrera Cruz

Codirector:

Fabio Leonardo Gómez Ávila

Asesores:

Julieth Pineda
Omar Cadena

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
GRUPO DE PENSAMIENTO SISTÉMICO
BUCARAMANGA, 28 DE NOVIEMBRE DE 2019.

DEDICATORIA

Gracias a mi familia, en especial a mis padres que son las personas que me han brindado todo el amor y cariño necesario en este proceso. A todos mis amigos que siempre estuvieron apoyándome hasta el final, por todas las experiencias positivas que me edifican y ayudan a crecer como persona.

Manuel

Gracias a Dios por permitirnos desarrollar con éxito este proyecto para nuestro grado, a mis padres por el apoyo incondicional ofrecido en esta carrera estudiantil, por los consejos y motivación dada en todo momento. Doy gracias a nuestros docentes las cuales han sido una base fundamental para culminar la carrera, a nuestro director José Daniel de proyecto de grado por la ayuda y apoyo brindado durante dos semestres.

Kevin

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

José Daniel Cabrera Cruz, Director del trabajo de grado, por brindarnos las herramientas necesarias para terminar este proyecto.

Fabio Leonardo Gómez Ávila, Codirector del trabajo de grado, por el tiempo dedicado en cada una de las explicaciones y por el material de apoyo

Universidad Autónoma de Bucaramanga, por permitirme formarme en sus aulas, junto con todos los profesores que fueron participes de este proceso.

PHINA Biosoluciones, por la disponibilidad de algunos datos importantes para el modelo matemático.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **11**

1. PROBLEMA, PREGUNTA E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN **12**

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **12**

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN **13**

1.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN **13**

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO **13**

2.1 OBJETIVO GENERAL **13**

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS **13**

3. MARCO REFERENCIAL **14**

3.1 MARCO CONCEPTUAL **14**

3.1.1 Orígenes de la Dinámica de Sistemas 14
3.1.2 Postcosecha del aceite de palma 16
3.1.3 Alimento concentrado para ganado 17
3.1.4 Alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma 18
3.1.5 ¿Por qué es bueno el uso de estos concentrados? 18
3.1.6 Dinámica de Sistemas 18
3.1.7 Ejemplo de alimento para ganado: Torta de palmiste 18
3.1.8 Dinámica de Sistemas aplicada al agro 19
3.1.9 Ganadería de carne, leche y doble propósito 19
3.1.10 Aceite de Palma 19

3.2 ESTADO DEL ARTE **20**

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS **25**

4.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN **25**

4.2 ACTIVIDADES INVESTIGATIVAS REALIZADAS **26**

4.2.1 Búsqueda de literatura científica y tecnológica, nacional e internacional, sobre aplicaciones de la Dinámica de sistemas al sector agropecuario, con énfasis en alimentación de ganado, alimentos concentrados y aceite de palma 27
4.2.2 Organización y revisión de la documentación encontrada teniendo en cuenta sus aportes con respecto a modelos, métodos, herramientas, fuentes de información, interfaces de simulación, modos de uso de la DS, entre otros 27

4.2.3 Descripción sintética de los diferentes de las experiencias nacionales e internacionales encontradas .. 27
4.2.4 Definición de los requerimientos y/o necesidades de la toma de decisiones en los procesos de producción y comercialización de concentrados para ganado a base de aceite de palma, a partir de la revisión documental y de entrevistas con expertos del sector. 27
4.2.5 Confrontación entre los aportes encontrados en las experiencias nacionales e internacionales y los requerimientos definidos. 28
4.2.6 Priorización de los requerimientos que serán atendidos teniendo en cuenta los recursos existentes a nivel nacional y mundial. 28
4.2.7 Análisis detallado de los modelos de DS (de influencias, flujos y niveles, matemático) encontrados en las experiencias nacionales e internacionales. 28
4.2.8 Ajuste, integración y parametrización de modelos de DS (de influencias, flujos y niveles, matemático) teniendo en cuenta los requerimientos definidos. 28
4.2.9 Simulación y validación de un modelo integrado y ajustado, con participación de expertos del sector. 29
4.2.10 Diseño global y por componentes del prototipo de interfaz de simulación, soportado en el modelo integrado y validado 29
4.2.11 Implementación e integración de los componentes del prototipo de interfaz, utilizando principalmente los recursos que brindan herramientas tecnológicas de apoyo a la construcción de modelos de simulación con DS, como Powersim. 29
4.2.12 Prueba y ajuste del prototipo de interfaz, a partir de su utilización en la formulación de alguna política, con la participación de expertos del sector 29

5. RESULTADOS 30

5.1 APLICACIONES DE DS 30

5.2 MODELO DE SIMULACIÓN CON DS, QUE AJUSTE E INTEGRE EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES, ORIENTADO A LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA GANADO, A BASE DE ACEITE DE PALMA 30
5.2.1 Diagrama causal 30
5.2.2 Diagrama de flujos y niveles 32
5.2.3 Modelo matemático 32

5.3 PROTOTIPO DE INTERFAZ DE SIMULACION, SOPORTADO EN UN MODELO DE DS, COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES DE USUARIOS DEL SECTOR DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA GANADO A BASE DE ACEITE DE PALMA 32

6. CONCLUSIONES 34

7. RECOMENDACIONES 35

REFERENCIAS 36

ANEXOS 43

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Revisión bibliográfica 21
Cuadro 2. Priorización de los requerimientos 51

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. El modelado con Dinámica de sistemas 15
Figura 2. Priorización de temáticas usadas para la revisión bibliográfica 20
Figura 3. Etapas en el modelado con dinámica de sistemas 26
Figura 4. Diagrama causal 31
Figura 5. Diagrama de flujos y niveles 32
Figura 6. Prototipo de interfaz de simulación 33

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Modelo matemático 43
Anexo 2 Análisis detallado de los modelos 46
Anexo 3. Priorización de los requerimientos 51

DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA GANADO BASADO EN ACEITE DE PALMA

Manuel Hernando González Martínez
Kevin Joseph Muñoz Alvarino
José Daniel Cabrera Cruz (Director)
Fabio Leonardo Gómez Ávila (Codirector)
Julieth Pineda (Asesor)
Omar Cadena (Asesor)
Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB (Colombia)
Programa de ingeniería de sistemas
Grupo de investigación Pensamiento Sistémico

RESUMEN

El aceite de palma es una materia prima que sirve para la elaboración de productos en la industria alimenticia y cosmética. Muchos de los productos que usamos a diario están compuestos de esta palma de origen africano; como, por ejemplo, en algunos *snacks* o galletas de paquete, en jabones, detergentes, etc. En la industria ganadera el subproducto del aceite de palma es usado para elaborar concentrado para ganado bovino.

La Dinámica de Sistemas - DS ha sido utilizada en Colombia y el mundo para apoyar los procesos de toma de decisiones relacionada con la producción y comercialización agrícola y agropecuaria. El presente trabajo pretende aprovechar las posibilidades que ofrece la DS en el sector de los alimentos concentrados a base de aceite de palma o también conocidos como balanceados de palma, con el fin de proyectar, mediante simulación, la dinámica de la producción y comercialización de este tipo de negocios.

Para lograr lo anterior, en primer lugar, se revisaron experiencias nacionales e internacionales relevantes de aplicación de la DS a procesos agropecuarios. En segundo lugar, se describieron modelos, simulaciones y otros recursos encontrados, con el fin de transferir estos conocimientos al contexto regional. Luego, se construyeron, adaptaron, integraron o ajustaron un modelo de simulación con DS que permite proyectar decisiones en algunos eslabones de la cadena de producción y comercialización de alimentos concentrados a base de palma de aceite. Por último, se elaboró un prototipo de interfaz de simulación para facilitar la utilización por parte de usuarios que toman decisiones.

Palabras clave: Dinámica de Sistemas, aceite de palma, alimento concentrado, ganadería, producción y comercialización agropecuaria, modelo de simulación.

INTRODUCCIÓN

El aceite de palma es una materia prima que sirve para la elaboración de productos en la industria alimenticia y cosmética. Muchos de los productos que usamos a diario están compuestos de esta palma de origen africano; como, por ejemplo, en algunos snacks o galletas de paquete, en jabones, detergentes, etc. En la industria ganadera el subproducto del aceite de palma es usado para elaborar concentrado para ganado bovino.

La Dinámica de Sistemas - DS ha sido utilizada en Colombia y el mundo para apoyar los procesos de toma de decisiones relacionada con la producción y comercialización agrícola y agropecuaria. El presente trabajo pretende aprovechar las posibilidades que ofrece la DS en el sector de los alimentos concentrados a base de aceite de palma o también conocidos como balanceados de palma, con el fin de proyectar, mediante simulación, la dinámica de la producción y comercialización de este tipo de negocios.

Para lograr lo anterior, en primer lugar, se revisaron experiencias nacionales e internacionales relevantes de aplicación de la DS a procesos agropecuarios. En segundo lugar, se describieron modelos, simulaciones y otros recursos encontrados, con el fin de transferir estos conocimientos al contexto regional. Luego, se construyeron, adaptaron, integraron o ajustaron un modelo de simulación con DS que permite proyectar decisiones en algunos eslabones de la cadena de producción y comercialización de alimentos concentrados a base de palma de aceite. Por último, se elaboró un prototipo de interfaz de simulación para facilitar la utilización por parte de usuarios que toman decisiones.

1. PROBLEMA, PREGUNTA E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo tiene, en primer lugar, el propósito de dar a conocer la problemática que se va a tratar en el proyecto. Posteriormente, se presentará la hipótesis principal y la pregunta de investigación correspondientes con la problemática relacionada con el alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En este proyecto, se abordaron cinco problemas interrelacionados relacionados con la producción y comercialización de alimento concentrado para ganado, saber:

En primer lugar, y por medio de un modelo de simulación basado en DS se pretende proyectar la demanda de alimento concentrado para ganado para que los ganaderos sepan en que temporadas del año les conviene más producir y de esta manera optimizar sus recursos eficientemente, ya que, si no se proyecta con acierto la demanda, se pierden ventas.

Pero no solo consiste en proyectar, también es importante comprender el mercado en general del alimento para ganado. Si lo comprende y es capaz proyectarlo, podrá determinar el mejor momento para incrementar la producción teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales, el clima, la especie de bovino, entre otros aspectos, la necesidad de incrementar la producción de carne y leche.

En Colombia, los problemas de seguridad limitan el aprovechamiento de las hectáreas de pasto; de esta manera ofrecer alternativas nutricionales como los concentrados para ganado.

También es importante comprender la dinámica de la producción de carne y leche, dependiendo del alimento que se suministre. Es importante pero complejo proyectar si un producto alimenticio para ganado tiene una relación favorable entre su precio y los efectos que tiene en la productividad en cuanto a carne y leche. "… antes de elegir un concentrado, el ganadero debe conocer el tipo de res que lo recibirá, en cuanto a su edad, nivel productivo y objetivo planteado con ella. … No es lo mismo alimentar una ternera, una novilla, una vaca seca o lactante porque se mira el crecimiento, la producción, el mantenimiento…, se tiene en cuenta la base forraje en cantidad y calidad. Cuando se tiene eso, ahí vienen los suplementos, como el concentrado que suplen las deficiencias del forraje" (Santos, Contexto Ganadero, 2015)

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Frente a la problemática presentada en la sección anterior, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo aplicamos la DS al proceso de toma de decisiones relacionado con la producción y comercialización de alimento concentrado, basado en aceite de palma, para ganado?

1.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Como una respuesta a la pregunta anterior, se planteó la siguiente hipótesis principal de investigación, a saber:

La DS se puede utilizar para planificar y comprender mejor la dinámica de la producción y la comercialización de alimento concentrado para ganado a base de aceite palma y proyectar el mercado.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente capítulo tiene el propósito de presentar el objetivo general del proyecto, así como también los objetivos específicos que permitieron alcanzarlo.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de simulador basado en un modelo de Dinámica de Sistemas para el apoyo a la toma decisiones en la producción y/o comercialización de alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para lograr el objetivo anterior, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

– Describir experiencias nacionales e internacionales de aplicación de la Dinámica de Sistemas a la producción y comercialización agropecuaria y de alimentos para ganado con énfasis en ganadería bovina, alimentos concentrados y aceite de palma, mediante la revisión de literatura científica y tecnológica.

– Construir un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas, teniendo en cuenta las experiencias nacionales e internacionales, que apoye la toma de decisiones en la producción y/o comercialización de alimentos concentrados para ganado, a base de aceite de palma.

– Implementar un prototipo de interfaz de simulación, soportado en el modelo construido, que apoye en la formulación de alguna política o decisión, a usuarios del sector de alimentos para ganado.

3. MARCO REFERENCIAL

El presente capítulo tiene el propósito de presentar el marco conceptual del proyecto, así como también el estado del arte que corresponde a la revisión bibliográfica de las experiencias nacionales e internacionales afines al proyecto

3.1 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se explicarán cada una de las temáticas usadas en este proyecto, así como también el proceso de producción del aceite de palma, con el fin de aclarar los conceptos claves. De esta manera podemos abordar mejor el modelo.

3.1.1 Orígenes de la Dinámica de Sistemas

Jay W. Forrester fue un ingeniero electrónico estadounidense, es considerado el padre de la dinámica de sistemas. Forrester estuvo vinculado con los laboratorios de Servomecanismos, en donde invento unas memorias magnéticas de núcleos de ferrita, y también estuvo en la dirección de un proyecto llamado SAGE (Semi-automatic GroundEquipment). Después de estas experiencias Forrester fue profesor de la Sloan School of Management del MIT, allí se dio cuenta que

> […] en las empresas se producían fenómenos de realimentación que podían ser causa de oscilaciones, igual que sucede en los servomecanismos. De esta forma, ideó la Dinámica Industrial…, una metodología que permitía construir modelos cibernéticos de los procesos industriales. La peculiaridad de estos modelos residía en la posibilidad de simular su evolución temporal con la ayuda del ordenador (Vega Moreno C. E., 2013).

La Dinámica de Sistemas tiene un sistema de lenguajes con los cuales se puede manifestar la causalidad de los fenómenos. (Sosa, Dyner, Espinosa, López, & Sotaquirá, 2001). La Figura 1 presenta los diferentes tipos de lenguajes:

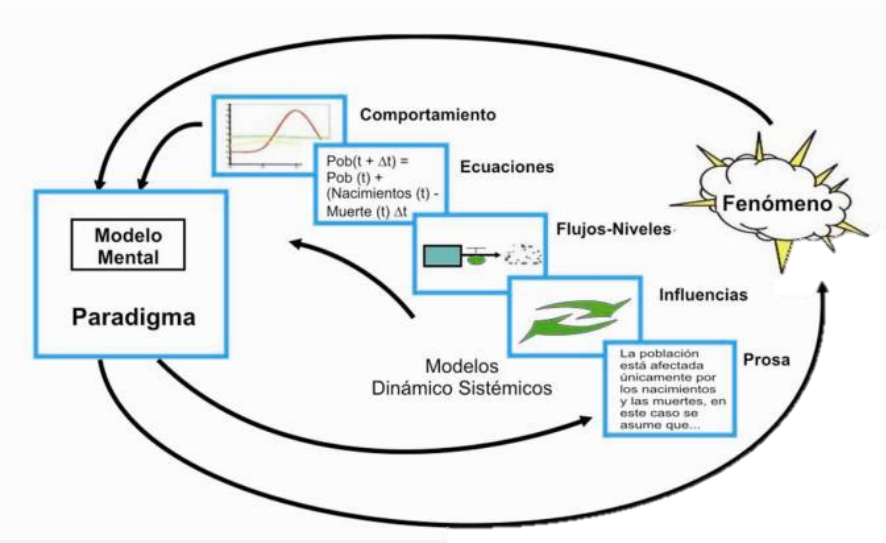
1. El lenguaje en prosa permite comunicar de manera natural las causalidades del sistema y como estas condicionan el comportamiento. (Andrade Sosa, Dyner, Espinosa, Lopez Garay, & Sotaquirá, 2001)

2. Los diagramas causales y los diagramas de flujos y niveles tienen un carácter gráfico. En cada uno de ellos se puede dibujar y apreciar visualmente la estructura causal con sus ciclos de realimentación. Para cada uno de estos diagramas existe una lógica que permite inferir comportamientos posibles del sistema a partir de las estructuras que allí aparecen. (Andrade Sosa, Dyner, Espinosa, Lopez Garay, & Sotaquirá, 2001)

3. Por medio de las ecuaciones se puede representar la estructura causal de un sistema como un sistema de ecuaciones diferenciales. Este sistema se puede solucionar por medio de un computador y con ayuda de herramientas software especializadas se puede simular, ver los escenarios y comportamientos que presenta este sistema. (Andrade Sosa, Dyner, Espinosa, Lopez Garay, & Sotaquirá, 2001)

"Cada uno de ellos satisface de manera particular los requerimientos de un modelo Dinámico-Sistémico." (Andrade Sosa, Dyner, Espinosa, Lopez Garay, & Sotaquirá, 2001)

Figura 1. El modelado con Dinámica de sistemas



Fuente: Andrade y otros (2001).

Aceite de palma en Colombia

Colombia es uno de los más importantes productores de aceite de palma en el mundo, es el primero en Latinoamérica y el cuarto en el mundo, además hoy en día en 124 municipios de 20 departamentos se tiene cultivo de la palma de aceite. En Colombia hay 516.961 hectáreas sembradas, 430.884 hectáreas en producción y 86.077 hectáreas en desarrollo. (Fedepalma Sispa, 2018).

3.1.2 Postcosecha del aceite de palma

A continuación, se presenta el proceso de producción del aceite de palma, desde la recepción del fruto a la planta extractora, hasta la sección de palmistería que corresponde a los bultos de alimento concentrado para ganado a base de dicho aceite

3.1.2.1 Recepción del fruto

Los racimos una vez que llegan a las instalaciones son pesados y evaluados para tener un control de calidad del racimo, una vez terminado estos procesos se traslada de bandas a una zona de esterilización donde se elimina la arena y piedras, se debe hacer un excelente proceso para no causar daños en las máquinas ni que los siguientes procesos se vean afectados. *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.2 Esterilización

"La esterilización se realiza en tanques de diferente capacidad por medio de vapor de agua saturada a presiones relativamente bajas, durante 1 hora, aumentando y disminuyendo la presión y flujo de agua. Este proceso acelera el ablandamiento de la unión de los frutos en el racimo, la cual facilita la extracción del aceite y el desprendimiento de la almendra". *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.3 Desfrutamiento

"Este proceso se realiza en el tambor desfrutador para separar, mediante un proceso mecánico, el fruto de la tusa o raquis. El fruto es transportado mediante sinfines de elevadores a los digestores. Las tusas o raquis son conducidos por medio de banda transportadoras y se recolectan para disponerlas en los cultivos, donde se inicia su descomposición y la incorporación de sus elementos en el suelo, para luego ser absorbidos como nutrientes por las palmas". *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.4 Prensado

Los frutos son moldeados hasta tomar forma una masa blanda para extraer aceite mediante prensado, una vez teniendo el resultado separan la torta y el aceite crudo. "El compuesto aceitoso pasa por bombeo al proceso de decantación y clarificación. La torta o parte solida pasa a desfribación para separar las nueces que van a un proceso de secado en un silo y se lleva a palmistería. La fibra se usa como combustible de las calderas que generan vapor y agua". *(Rivas Garcias & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.5 Clarificación

La clarificación se usa una vez se obtiene el aceite espeso donde se mete en una centrifugadora y de ahí pasa por un embudo donde las partículas de aceite espesa se caen que sería el aceite lodos. *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.6 Secado

El aceite pasa a secado para disminuir la humedad bien usando calor o el viento atmosférico. *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.7 Almacenamiento

Ya teniendo resultado el aceite y la torta se llevan al laboratorio para realizar controles de calidad para los siguientes pasos. *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.8 Deslodado

"Las aguas aceitosas se tamizan y pasan por centrifugas deslodadoras para recuperar el aceite y separar las aguas efluentes. Esta agua ya no tiene ningún contenido de aceite recuperable, por lo tanto, pasan a las piscinas de desaceitado para continuar con el sistema de tratamiento de aguas residuales". *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.9 Desfibración y Trituración

"La mezcla compuesta por fibra y nueces, que se seca a una humedad requerida es conducida mediante sinfines para la separación. La separación es un proceso neumático, donde se utiliza una columna vertical a través de la cual pasa un flujo de aire al fondo de la columna de separación. Las nueces pasan al tambor pulidor para separarlas de impurezas y de este van al silo de almacenamiento, donde se secan para facilitar el rompimiento de la cascara y poder recuperar la almendra contenida en ella". *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.2.10 Palmistería

Una vez obtenida las nueces, se dirigen hacia el prensado donde se separa el aceite fino con la nuez molida que con mezclas químicas se forma la torta de palmiste. *(Rivas Garcia & Diaz Yañez, 2013)*

3.1.3 Alimento concentrado para ganado

La alimentación es clave a la hora de querer lograr un máximo potencial del ganado en términos de producción, es importante saber las diferentes etapas de crecimiento de cada tipo de ganado para así determinar los requerimientos nutricionales que estos necesitan, un adecuado balance de nutrientes dará como resultado altos niveles de producción. Los alimentos concentrados cumplen la función de nutrir de la mejor manera al ganado, sobre todo en épocas donde los forrajes pierden sus nutrientes debido a factores como el clima o plagas.

Las materias primas empleadas en la producción de estos alimentos provienen del sector primario como lo es el maíz, sorgo, soya, yuca, y el aceite crudo de palma. Del sector secundario se encuentra la harina de carne, harina de pescado, salvado, tortas de ajonjolí, afrecho de cereales, entre otros. "Según la ANDI, la gran mayoría de las materias primas son

importadas, aproximadamente el 90% de las necesidades de materias primas para la elaboración de alimentos balanceados es importado y el 10% corresponde a la producción nacional.” (Superintendencia de industria y comercio, 2011).

3.1.4 Alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma

Existen diferentes tipos de concentrado para ganado, unos son el subproducto industrial, o sea los residuos que no son consumidos por las personas, esas sobras como por ejemplo la de la palma de aceite, son usados para producir balanceados que proporcione las necesidades nutricionales de cada ganado.

3.1.5 ¿Por qué es bueno el uso de estos concentrados?

Su buen uso no tiene ningún efecto negativo en el sistema digestivo del rumiante, no interfiere con el porcentaje de grasa en la leche, Con raciones adecuadas tiene un impacto positivo en la producción de leche, Estos alimentos concentrados son una alternativa debido a su relación calidad-precio ya que es accesible económico, En dietas que sean energéticamente altas son buenos, sobre todo en épocas de déficit energético. (Contexto Ganadero, 2016)

3.1.6 Dinámica de Sistemas

La dinámica de sistemas es interdisciplinar, es decir que abarca muchos campos de estudio en los que puede ser aplicada, estudia, analiza, comportamientos de sistemas complejos ayudando a comprender sucesos que puedan ocurrir en diferentes situaciones de un problema, proyectando el comportamiento de dicho modelo se pueden tomar decisiones que impacten directamente la situación que se está simulando.

Los modelos con dinámica de sistemas tienen como base modelos matemáticos, empleado ecuaciones diferenciales, sin embardo existen herramientas computaciones que facilitan la solución y simulación de estos, hoy en día es más importante la interpretación y la abstracción del sistema que se quiera modelar.

3.1.7 Ejemplo de alimento para ganado: Torta de palmiste

Según Fedepalma, la demanda de este producto está creciendo a nivel mundial, es derivado de las almendras del fruto de la palma de aceite y es consumido por los bovinos, con el fin de aumentar su productividad. Este producto granular, se obtiene por medio del prensado de la almendra de palma y termina siendo una excelente alternativa alimenticia para el ganadero por ser una importante fuente de energía para los animales.

Además, Unipalma afirma que este suplemento ayuda a optimizar su utilización en alimentos para ganado, facilitando su mezcla, haciéndola más agradable y digerible, la torta es un complemente en la dieta del ganado, sin embargo, no se debe depender al 100% de estos suplementos, es fundamental darles pastos, ya que es parte de su alimentación normal. El

animal necesita fibra, carbohidratos, casa y otros nutrientes, ciertamente hay que tener en mente que la torta de palmiste es un suplemente que sustituye la falta de forrajes, sobre todo en épocas de sequía.

3.1.8 Dinámica de Sistemas aplicada al agro

El uso de los modelos simulación se viene extendiendo en la agricultura y constituye una herramienta para la investigación y la educación, así como para productores y asesores técnicos, que ahora pueden definir, en el universo virtual de una computadora, cual es la mejor práctica de manejo para un cultivo en determinado sitio productivo. Debido a que Colombia tiene gran un papel importante en la ganadería, dinámica de sistemas como herramienta tecnológica brinda una ayuda para el sistema ganadero colombiano.

La ganadería en Colombia es la actividad históricamente más importante del sector agropecuario. Según el Ministerio de Agricultura, el área dedicada a la ganadería es nueves veces mayor que el área agrícola; constituye el 67% del valor de la producción pecuaria y 30% del valor de la producción agropecuaria; representa más del doble de la producción avícola, más de tres veces el valor de la producción del café, más de cinco veces la producción de flores y cerca de seis veces la producción de arroz. La actividad ganadera es predominante en todo el territorio nacional, en 27 de los 32 departamentos se presenta una participación importante. Los productos de origen bovino constituyen el 27% del gasto de los consumidores en alimentos y participan con el 4% del PIB total de la economía colombiana.

3.1.9 Ganadería de carne, leche y doble propósito

Llamamos ganado doble propósito a aquel que tiene la propiedad de producir leche y carne. El sistema puede enfatizarse hacia la producción de carne o hacia la producción de leche. A este último le llamaremos ganado doble propósito lechero. El doble propósito en Colombia del 100% por ciento de ganado que se encuentra en Colombia el 90% se dedica a la producción doble propósito que es carne y leche.

Se requiere aumentar este propósito ya que Colombia debido a su tratado de TLC piensa importar leche, debido a que no se cubre la demanda, dejando a campesinos que viven a costa de esta producción.

3.1.10 Aceite de Palma

El aceite de palma es extraído de la palma de aceite de origen africano (Elaeis guineensis). El aceite de palma es obtenido por medio de un prensado de esta planta, la cual tiene un color rojizo, este aceite es usado como materia prima por diferentes industrias, por ejemplo, la petrolera lo usa para la producción de biodiesel, la alimenticia para productos como jabones, margarina etc., incluso es de gran utilidad en la industria textil.

Composición general del aceite de palma: entre 40 a 48% ácidos grasos saturados, principalmente palmítico. Entre 37 a 46% ácidos grasos monoinsaturados, principalmente oleico, y un 10% de ácidos grasos poliinsaturados. (Unipalma, 2019)

3.2 ESTADO DEL ARTE

Encontramos 6 trabajos relacionados con la dinámica de sistemas y el aceite de palma y 7 relacionados con la producción y comercialización del aceite de palma, así como también el impacto ambiental que tiene las plantaciones de esta palma, de igual forma se encontró en 5 documentos temáticas relacionadas con la alimentación del ganado bovino y doble propósito con el fin de entender las dietas, los tipos de alimento y suplementos que estos consumen.

Para la búsqueda de las temáticas de este cuadro se siguió la siguiente imagen como instructivo.

Haciendo énfasis en las temáticas 3 y 1 que corresponde a proyectos de alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma que usaron la metodología de dinámica de sistemas, modelos de simulación, diagramas de flujo.

Figura 2. Priorización de temáticas usadas para la revisión bibliográfica

En el Cuadro 1 se presenta el consolidado de la revisión documental que se realizó en el presente proyecto.

Cuadro 1. Revisión bibliográfica

Tópico / tema / grupo temático	**Referencia**	**País(es)**	**Problema(s) o necesidad(es)**	**Solución(es)**	**Aportes a la tesis**
Dinámica de sistemas aplicado en el análisis de cadenas productivas agroindustriales en el departamento de Bolívar	López y Chamorro (2013)	Colombia	"En Bolívar, las cadenas productivas agrícolas vinculadas al procesamiento de alimentos, bebidas, productos de la industria química, entre otros, no se encuentran especificadas y no hay una comprensión precisa de cómo usar esta materia prima" (2013)	"Debido a lo anterior se pretende integrar todo el proceso agrícola por medio de modelos de simulación, con el fin de comprender todo de manera más fácil para los ganaderos" (2013)	"La aplicación de los modelos de simulación permite generar aprendizajes que a su vez les permiten a los diferentes actores plantear soluciones con miras a la competitividad" (2013)
utilización de modelos de simulación para la gestión y manejo de ganado bovino doble propósito en condiciones de trópico seco	Manzanares López (2018)	México	"La idea fue desarrollar modelos y escenarios de optimización de recursos disponibles en las unidades de producción (UP), como herramientas de apoyo en la toma decisiones de los Ganaderos del sur de México." (2018)	"Modelo de simulación dinámico sistémico capaz de identificar diversidad estrategias de producción y optimizar los recursos disponibles en ganado (carne, leche, mixto), todo fue resuelto mediante la programación lineal." (2018)	Conocimientos del ganado doble propósito, así como una orientación para realizar la hipótesis dinámica.
modelo de cultivo de palma aceitera (elaeis guineensis jacq.) en honduras	Melado Herreros y Hernández Díaz (2008)	Honduras	Estudiar la relación entre factores climáticos y edafológicos con los rendimientos en plantaciones de plana en honduras	Se construyó un modelo que proyecta relativamente la realidad ya que muchos datos tuvieron que ser calibrados de nuevo, mediante el análisis de sensibilidad	Usos del aceite de palma en alimentación animal: En alimentación animal se utiliza el aceite crudo, los destilados y la estearina de palma. El aceite crudo de palma es refinado, blanqueado y deodorizado, Obteniéndose aceite de palma RBD, de color más claro, y destilados de palma, fundamentalmente ácidos grasos libres. El aceite de palma RBD se fracciona en oleínas y estearina
Diseño y análisis de un modelo de planificación y control de la producción basado en dinámica de sistemas	Ochoa López y Tovio Almanza (2007)	Colombia	Búsqueda de la maximización de los ingresos y reducción de los costos y control de inventarios.	Se crea un modelo de planificación de producción basado en 3 etapas como PEDIDO, PRODUCCION Y COMPRAS con su modelo estratégico demanda variable y fuerza laboral	Para nosotros crear un modelo sistémico para la producción de esta palma se necesitan saber factores correspondientes a la producción y que sea pueda manejar los mejores costos para maximizar la producción y se pueda invertir mejor
modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de la mandarina	Huertas Forero, Verástegui, Morales Parra, y Castro Ariza (2011)	Colombia	Esta investigación va encaminada al estudio de su cadena productiva, simulando la misma con un modelo dinámico, estableciendo la utilidad que representa cultivar 15 hectáreas del producto	En el modelo dinámico se observa que la rentabilidad incrementa a través del tiempo, lo cual sugiere continuar con el cultivo y producción de la mandarina en esta zona en condiciones favorables de clima, suelo, terreno (hectáreas), entre otras.	Este proyecto es sumamente importante ya que la palma de cera es una planta que después de su cosecha deja la tierra en mala forma y no se podría volver a cultivar, por eso es necesario buscar el mejor terreno para poder hacer una buena producción de palma de cera para crear el alimento para ganado

Tópico / tema / grupo temático	Referencia	País(es)	Problema(s) o necesidad(es)	Solución(es)	Aportes a la tesis
On Palm Oil and Deforestation in Borneo: A Stepwise Model Based (2016) Policy Analysis	Pryut y Janfino (2016)	Países Bajos	La deforestación debido a la creciente demanda de aceite de palma ha sido un problema ambiental importante en Indonesia, especialmente en Kalimantan en la isla de Borneo, donde el crecimiento de la plantación de palma aceitera es el más alto, Esta investigación va orientada a la dinámica a largo plazo de la Cobertura forestal en Kalimantan y diseñar políticas para reducir los daños causados por esta expansión.	Modelo de simulación: El modelo inicia a partir de la demanda mundial de aceite de palma, donde una fracción de la demanda es satisfecha por plantación de aceite de palma en Kalimantan. Con el fin de producir más aceite de palma para cubrir la brecha de la demanda, los propietarios de las plantaciones solicitan al Gobierno la aprobación de la apertura de la superficie forestal. Al final proponen 3 políticas -Mejora del rendimiento de conversión de la plantación de aceite de palma -Obligación de Reforestación para la Apertura de Tierras -Impuesto responsivo a la apertura de la tierra	En el documento encontramos diferentes diagramas de flujo asociados con el aceite de palma que podrán ser útiles para la realización del nuestro, mediante la integración de la mismos, además encontramos datos acerca de la producción de aceite de palma en el mundo, desde el 2011 al 2015
Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria	Rincón y Martínez (2009)	Colombia	El aceite de palma ha sido uno de los productos de mayor crecimiento en la industria colombiana. Para la evaluación y desarrollo de sus procesos y productos es fundamental conocer las propiedades del aceite a partir de las cuales se puedan obtener resultados confiables	"Se realizó una recopilación bibliográfica, este estudio documenta las propiedades físicas, químicas y nutricionales del aceite de palma crudo. Usando la información relacionada con la estructura química, composición y polaridad del aceite de palma, se han definido sus propiedades nutricionales (basándose en la presencia de ácidos grasos insaturados y antioxidantes), sus características energéticas y de transporte (con base en la estructura de sus componentes), y su relación física con otras sustancias (miscibilidad y afinidad). A partir de ello, se generó una tabla de propiedades fisicoquímicas para el aceite de palma y se evidenció el potencial de su aplicación en diferentes industrias." (pág. 11)	Proporciona las propiedades del aceite de palma, su composición detallada, así como las características energéticas.
Análisis estructural: un apoyo para el modelado con dinámica de sistemas	Quintero Posso y Lopez Muerie (2010)		En este documento se pude observar el claro problema que en la mayoría de las modelos se ha dado que es encontrar la mejor manera de que el modelo pueda arrojar mejores resultados creándolo lo mejor posible	Se opta por tener un buen conocimiento en el tema que se abordara creando en si mejores variables para la creación e innovación de modelo, un mejor estudio en cuanto al problema general para mayores resultados	Como un aporte a nuestro proyecto, este documento nos da las bases en que más enfocarnos para estudiar a profundidad las variables que crearemos para nuestro proyecto usando en si para nuestro modelo en la toma de decisiones
Desarrollo de un sistema de la dinámica de rodeo de cría bovina y de los recursos de alimentación para su aplicación a la planificación productiva y económica	Ponssa, Arroqui, Machado, y Marco (2009)	Argentina	Debido a las crecient4es políticas agropecuarias y la sostenibilidad del mercado existe la necesidad de innovar para abastecer la demanda ganadera.	Se usa una herramienta de simulación que permite no solo la capacidad de potenciar el análisis de los escenarios sino, monitorear datos y registros.	Como aporte a nuestro proyecto Tendremos una base en el planeamiento de la evaluación de escenarios y alternativas posibles para el modelo y también generar un proceso de aprendizaje que permite visualizar los resultados de manera anticipada.

Tópico / tema / grupo temático	Referencia	País(es)	Problema(s) o necesidad(es)	Solución(es)	Aportes a la tesis
Suplementación con aceite crudo de palma africana de bovinos para ceba en pastoreo	Ojeda y Aquiles (1995)	Venezuela	El estudio se llevó a cabo para evaluar los efectos de la suplementación con aceite crudo de Palma Africana sobre los patrones y el índice de fermentación ruminal y el desempeño de bovinos en ceba.	"Los resultados indican que la suplementación con ACPA hasta alcanzar un 5% de lípidos en la ración total en base seca, no modifica (P > 0.05) el pH ni las concentraciones de nitrógeno amoniacal y AGV a nivel ruminal. De igual modo, no se observaron efectos (P > 0.05) sobre el consumo voluntario y la tasa de fermentación del forraje y los suplementos concentrados. Esta ausencia de efectos sobre el funcionamiento ruminal permitió obtener una mejora (P < 0.01) en la ganancia de peso de los animales suplementados con ACPA (0.977 kg/animal/día) con respecto al tratamiento testigo (0.756 kg/animal/día). Debido a lo anterior, se concluye que la inclusión de ACPA a la ración de bovinos en ceba a pastoreo es una estrategia promisoria para mejorar la respuesta productiva de estos animales." (Ojeda & Aquiles, 1995)	Tenemos en cuenta el tipo de alimento o específicamente, la palma como influye en los alimentos de concentrado para ganado proporcionado cierto incremento en la nutrición del animal, en cuanto recurso extraíble del animal se necesita.
Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito	Argel (2006)	México	La actividad ganadera generada representa el uso más importante de la tierra en américa latina tropical son embargo, se puede caracterizar por baja productividad animal debido a sistemas deficientes de alimentación basados en los medios de comunicación de calidad pobre.	-Los pastos mejorados, particularmente las gramíneas asociadas con leguminosas, permiten aumentar la productividad animal en sistemas de producción tipo doble propósito. A nivel de finca el efecto principal se nota en la mayor carga animal en los pastos mejorados y no tanto en los incrementos diarios de leche por vaca. - Es notable también la contribución de las pasturas asociadas gramínea/leguminosa al mejoramiento de la materia orgánica del suelo y al incremento de microorganismos benéficos del mismo como son las lombrices, las cuales mejoran la aireación y la fertilidad, y reducen los riesgos de degradación de los suelos bajo pastoreo. (2006, págs. 71-72)	Podemos tener en cuenta los costos y la producción que se requiere para poder alimentar de manera eficaz al ganado con cierto tipo de alimento, así mejorar la producción.
Modelo de simulación para estudiar la dinámica poblacional de un hato ganadero (Basado en un modelo de simulación con Vensim	Molina Benavides (2018)	Colombia	Se trata desde la dinámica de sistemas la complejidad de los sistemas de producción ganadera debido a múltiples factores. Con el fin de mejorar la comprensión y actuación frente a estos factores.	Se construyo un modelo de simulación en donde se puede estudiar el comportamiento de las vacas de ordeño, novillos de engorde y el total de animales, además de eso también se crearon unas políticas y se compararon diferentes resultados.	Una idea general del modelado orientado a ganado doble propósito nos puede ayudar a identificar niveles y flujos que posiblemente podamos incluir en nuestro modelo

Tópico / tema / grupo temático	Referencia	País(es)	Problema(s) o necesidad(es)	Solución(es)	Aportes a la tesis
Land management strategies can increase oil palm plantation use by some terrestrial mammals in Colombia	Pardo y otros (2018)	Colombia	Es un estudio sobre el efecto negativo que tienen las plantaciones de palma de aceite, como repercute en los animales mamíferos, como afecta su hábitat, sabiendo que Colombia es un fuerte productor de aceite de palma.	En efecto estas plantaciones afectas a algunas especies, sin embargo, hay otras que no como por ejemplo el oso hormiguero gigante, los meso predadores omnívoros y los venados de cola blanca parecían preferir la palma aceitera al ribereño bosque. Según los autores estos resultados sugieren que las plantaciones de palma aceitera en Colombia podrían ser más adecuadas para la mayoría de las especies de mamíferos residentes con el suministro de vegetación de maleza y asegurando que los bosques remanentes se mantengan en su proximidad.	Documentación a cerca del impacto ambiental de las plantaciones de palma de aceite, es importante conocer el contexto de la región y también asesorarse con expertos en el uso de la tierra.
Estrategias de producción para el sector de medianos productores de leche cruda en el departamento de Cundinamarca	Ospina Garzón (2015)	Colombia	Se desea mejorar la producción y comercialización de la leche mejorando el trabajo en la zona ganadera y generando más ganancias y disminuyendo costos	Se usa Dinámica de sistemas para analizar el comportamiento y cambio en el sistema de producción ganadero de leche, se crean políticas para mejorar las practicas que aumenten el desempeño reproductivo ganadero.	Por medio de la dinámica de sistemas se hace una representación de la posible mejora en la producción de leche, esto da un aporte significativo a nuestro proyecto ya que nos da una guía para recrear una mejor producción
Estudio de mercado y modelo de simulación del fruto de la palma de cera bajo Dinámica de sistemas	Huege Viasus & Fraile Ospina (2011)	Colombia	-Producir el modelo de comportamiento observado en la realidad de la rentabilidad del aceite de palma. -Prevenir situaciones respecto a los diferentes problemas que pueden presentar en el sistema. -Se construye el modelo para emplearlo como modo de prueba para el aprendizaje e implementarlo en el mercado.	Se genera un modelo dinámico sistémico para crear el banco de pruebas lo más acertado a la realidad, se recomienda analizar cada variable que se intente ingresar al sistema	Este proyecto aporta mucho ya que el modelo se ajusta muy cercano a la realidad por el cual fue probado en el campo como se indica en las conclusiones, también variables más acertadas del año 2011 la cual calculado se puede acertar las variables futuras con mayor precisión.
Proceso productivo aceites de palma	(induagro, 2014)	México	La necesidad de conocer el proceso de producción para empezar la construcción del diagrama causal y posteriormente el modelo de simulación. Es importante conocer este proceso para tener ideas claras y despejar dudas	Encontramos a detalle desde la recepción del fruto a la planta, su esterilización, el desfrutamiento, almacenamiento, prensado y centrifugado, su clarificación, entre otros procesos físicos que se le realizan al fruto de la palma de aceite, enfocándonos en la torta de palmiste.	Se estudio todo el proceso de producción del aceite de palma y de palmiste, se vio a detalle cada uno de los procesos físicos por los que pasa el fruto del aceite de palma para que posteriormente sea extraído sus aceites.
manejo de pérdidas de aceite de palma, almendra y aceite de palmiste	(Suarez Hernandez, 2015)	Guatemala	Estudiar los controles de perdidas en los procesos de extracción del aceite de palma y de palmiste, gestionar estas pérdidas y promover el un buen manejo de residuos.	Se tomaron acciones en cada una de las fases de extracción de los aceites.	El balance de masas del fruto de la palma de aceite es importante a la hora de la producción de la torta de palmiste. Siendo el racimo de la fruta el 100% de calcula que solo la almendra tiene el 3-6% y el cuesco tiene el 5-7%.
modelo de análisis de modo de fallas y efectos en el puente de grúa de una planta extractora de aceite de palma africana	Rivas Garcia & Diaz Yañes (2013)	Colombia	Evitar fallos en el puente de grúa de la planta extractora. Trabajar en la prevención de fallos y proponer planes de mantenimiento. Identificar cual es el componente mas crítico para darle prioridad.	Es importante saber que para que la productividad aumente es necesario que las fallas sean mínimas. Para lograr lo anterior se recomienda diseñar estrategias de mantenimiento apropiado con personal capacitado. Con la metodología FMCA se replanteo la estrategia de mantenimiento disminuyendo los costos y aumentando la confiabilidad de la planta.	Este proyecto describe detalladamente el proceso de extracción de aceite de palma africana, desde la recepción del fruto hasta lo que se hace con los subproductos, así de que contribuyó ayudando a entender este proceso.

Tópico / tema / grupo temático	Referencia	País(es)	Problema(s) o necesidad(es)	Solución(es)	Aportes a la tesis
La palma de aceite en el departamento de Santander	Fedepalma (2018)	Colombia	Mostrar resultados a cerca de la producción de aceite de palma en Santander.	Informe del primer semestre del 2018, contiene datos importantes y fiables para el modelo.	Esta infografía hecha por Fedepalma nos ayudó con datos importantes para alimentar el modelo como la cantidad de hectáreas en producción, los municipios palmeros y las plantas activas

Fuente: elaboración propia

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El capítulo se organiza en dos secciones, la primera es el enfoque y tipo de investigación que corresponde a la metodología del proyecto. La segunda sección corresponde a las actividades investigativas que se realizaron para llevar a cabo el proyecto.

4.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta sección tiene el propósito de exponer la metodología usada en este proyecto, que corresponde a la de Sterman (2000). Explicamos cada una de las etapas del modelado con dinámica de sistemas y adjuntamos una representación gráfica de la misma en la Figura 3.

ETAPAS EN EL MODELADO CON DINÁMICA DE SISTEMAS

Etapa 1. Descripción y articulación del problema

El primer paso en el modelado con dinámica de sistemas es identificar cual es el problema es cuestión. Hay que considerar las variables claves y conceptos importantes del problema, también es importante considerar el horizonte temporal de tiempo en el que se quiere simular, definir tiempos futuros y pasados dependiendo del modelo que se trabaje, con el fin de conocer las raíces del problema y su posible comportamiento a futuro. Posteriormente se define el problema dinámico respondiendo las siguientes preguntas ¿Cuál es el comportamiento histórico de las variables y conceptos claves del problema? ¿Cuál debe ser el comportamiento del problema o modelo en el futuro?

Etapa 2. Formulación de hipótesis dinámica

Se construye una hipótesis dinámica en forma de diagrama causal, a partir de las variables y las hipótesis iniciales con el fin de ver la relación entre ellas

Etapa 3. Formulación del modelo de simulación

Comprende la construcción del modelo de simulación en donde aparecen todas las variables y las reglas de decisión, luego se establecen las relaciones de flujos y niveles en la cual se fijan parámetros que alimenten el modelo. La etapa de construcción del modelo ayuda a aclarar conceptos que no fueron precisos en la etapa de hipótesis, la formalización de este permite establecer el modelo matemático del problema.

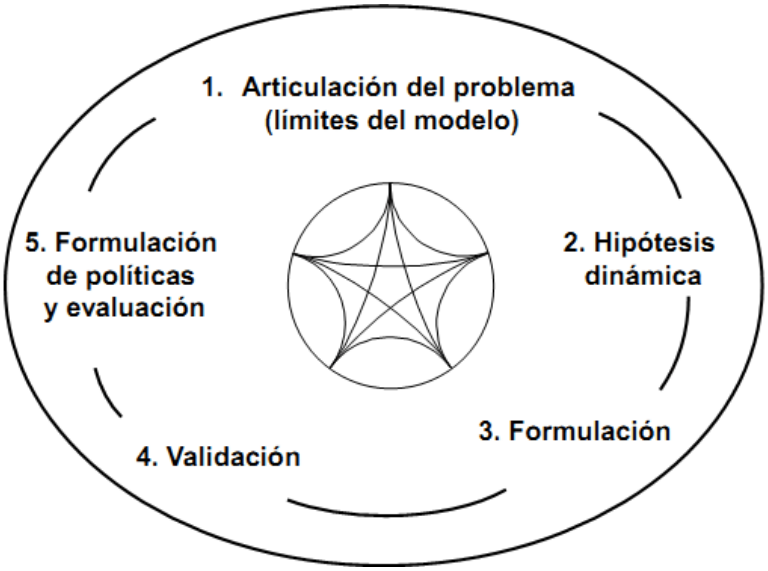
Etapa 4. Test del modelo de simulación

Para la validación del modelo, primeramente, se compara el comportamiento del sistema actual frente al comportamiento del sistema simulado, para ello es importante que las variables tengan consistencia entre ellas. También se analiza si representa el modelo el problema que quería abordar. Además, contamos con el apoyo de expertos en el sector de la palma de aceite que darán su punto de vista.

Etapa 5. Diseño de políticas y evaluación

En esta última etapa las políticas tienen el fin de crear nuevas estrategias que permitan mejorar la solución del problema, teniendo en cuenta que el proceso de modelado es iterativo y habrá veces que se deba volver a la etapa 1 o 2 etc…

Figura 3. Etapas en el modelado con dinámica de sistemas



Fuente: (Sterman, 2000)

4.2 ACTIVIDADES INVESTIGATIVAS REALIZADAS

Esta sección tiene el propósito de explicar brevemente cada una de las actividades realizadas para llevar a cabo este proyecto.

4.2.1 Búsqueda de literatura científica y tecnológica, nacional e internacional, sobre aplicaciones de la Dinámica de sistemas al sector agropecuario, con énfasis en alimentación de ganado, alimentos concentrados y aceite de palma

En el Cuadro *1* se evidencia la búsqueda de la revisión bibliográfica, que corresponde al estado del arte de este proyecto. Se usaron bases de datos externas como por ejemplo Scopus, IEEE, la base de datos de trabajos de grado de la Universidad Industrial de Santander, entre otros.

4.2.2 Organización y revisión de la documentación encontrada teniendo en cuenta sus aportes con respecto a modelos, métodos, herramientas, fuentes de información, interfaces de simulación, modos de uso de la DS, entre otros.

Para la búsqueda nos basamos en el siguiente diagrama de ven, hacienda énfasis en las temáticas 3 y 1 que corresponde a proyectos de alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma que usaron la metodología de dinámica de sistemas, modelos de simulación, diagramas de flujo.

4.2.3 Descripción sintética de los diferentes de las experiencias nacionales e internacionales encontradas

Se revisaron 18 trabajos a fines con el proyecto, en donde encontramos aplicaciones de la dinámica de sistemas orientadas al aceite de palma en términos de producción e impacto ambiental. para la búsqueda de estos documentos usamos palabras clave como “dinámica de sistemas aceite de palma”, “alimento concentrado aceite de palma”, “dinámica de sistemas bovino”, “oil palm cattle”, “oil palm concentrates”, entre otros. Se encontró información sobre los procesos de producción y usos del aceite de palma, al igual que la bromatología del aceite de palma y su desarrollo en el sector agroindustrial. Encontramos cifras en cuanto a producción de la palma de aceite, entre otras cifras que nos pueden servir para el desarrollo del modelo, también las características sobre todo energéticas que tienen los concentrados a base de aceite de palma en el ganado, toda esta información es importante como base para la realización del modelo.

4.2.4 Definición de los requerimientos y/o necesidades de la toma de decisiones en los procesos de producción y comercialización de concentrados para ganado a base de aceite de palma, a partir de la revisión documental y de entrevistas con expertos del sector.

Las necesidades/requerimientos a tratar corresponden a proyectar la demanda de alimento concentrado para ganado, comprender y proyectar la dinámica de los costos de producción y comercialización tanto de los concentrados, como de los demás insumos de la producción ganadera, comprender y proyectar el mercado de alimento para ganado (demanda, oferta,

competidores), proyectar en el mercado nuevos productos alimenticios para ganado, a base aceite de palma, comprender la dinámica de la producción de carne y leche, dependiendo del alimento que se suministre.

4.2.5 Confrontación entre los aportes encontrados en las experiencias nacionales e internacionales y los requerimientos definidos.

A criterio de los autores y basado en los documentos encontrados, decidimos hacer énfasis en la producción y comercialización del alimento concentrado para ganado a base de aceite de palma, es decir queremos conocer en qué punto del año es mejor producir y vender, con el fin de obtener las mejores ganancias. Se descarta el requerimiento preliminar que correspondía a la dinámica de producción de carne y leche, dependiendo del alimento que se suministre debido a la poca documentación y acompañamiento de expertos del sector.

4.2.6 Priorización de los requerimientos que serán atendidos teniendo en cuenta los recursos existentes a nivel nacional y mundial.

En el siguiente anexo se encuentran los requerimientos que nuestro proyecto necesita dar a solucionar, hubo un estudio necesario debido a que eran muchos requerimientos, desde los más obsoleto hasta lo que más trabajo debería llevar.

Ver Anexo *3*. Priorización de los requerimientos,

4.2.7 Análisis detallado de los modelos de DS (de influencias, flujos y niveles, matemático) encontrados en las experiencias nacionales e internacionales.

Debido los modelos similares encontrado se hace un análisis con más detalle de las experiencias encontradas nacional e internacionalmente para tener una guía y así poder desarrollar nuestro modelo integrado.

Ver Anexo *2* Análisis detallado de los modelos.Anexo *2*

4.2.8 Ajuste, integración y parametrización de modelos de DS (de influencias, flujos y niveles, matemático) teniendo en cuenta los requerimientos definidos.

Teniendo en cuenta Los análisis de los modelos, ajustamos y agrupamos los modelos necesarios teniendo en cuenta el modelo al cual nosotros queremos llegar, todo una vez conseguido los requerimientos definidos.

4.2.9 Simulación y validación de un modelo integrado y ajustado, con participación de expertos del sector.

Para la simulación se usaron los datos encontrados en el estado del arte, muchos de ellos validados por Fedepalma, fuente que se considera fiable. Algunos de estos datos son del año 2018, otros son promedios aproximados que encontramos en foros de los gremios palmeros.

4.2.10 Diseño global y por componentes del prototipo de interfaz de simulación, soportado en el modelo integrado y validado

Posteriormente a la construcción del modelo se diseñó un prototipo de interfaz que agrupara todo el comportamiento del modelo.

4.2.11 Implementación e integración de los componentes del prototipo de interfaz, utilizando principalmente los recursos que brindan herramientas tecnológicas de apoyo a la construcción de modelos de simulación con DS, como Powersim.

Con las herramientas brindadas por PowerSim pudimos llevar a cabo una interfaz gráfica simple, donde el usuario puede modificar la cantidad de hectáreas a sembrar o en producción, así mismo observara el comportamiento de su decisión por medio de unas grafica en las que vera la cantidad de hectáreas sembradas y la cantidad en toneladas mensuales de torta de palmiste, nueces de palma y almendras de palma.

4.2.12 Prueba y ajuste del prototipo de interfaz, a partir de su utilización en la formulación de alguna política, con la participación de expertos del sector

El mejor momento para producir y vender alimento concentrado para ganado es cuando los forrajes pierden nutrientes, y por factores climáticos los suelos también pierden valor nutricional por eso es que la decisión depende del factor clima, generalmente en las fuertes sequias es en donde más alimento concentrado se necesita por consiguiente el fuerte verano y los fuertes calores serian el mejor momento para vender este tipo de alimentos. Estos alimentos a base de aceite de palma contienen un alto contenido calórico por ende son importantes el ganado de engorde.

5. RESULTADOS

El presente capítulo tiene el propósito de dar a conocer los resultados obtenidos de este proyecto. Primero se mostrará el documento correspondiente a la revisión bibliográfica, después el diagrama casual, modelo de simulación y modelo matemático usados en este proyecto, y por último un prototipo de interfaz gráfica basado en powersim

5.1 APLICACIONES DE DS

En el Cuadro 1 se presenta el consolidado de la revisión documental que se realizó en el presente proyecto, el cual ya nombrado anteriormente.

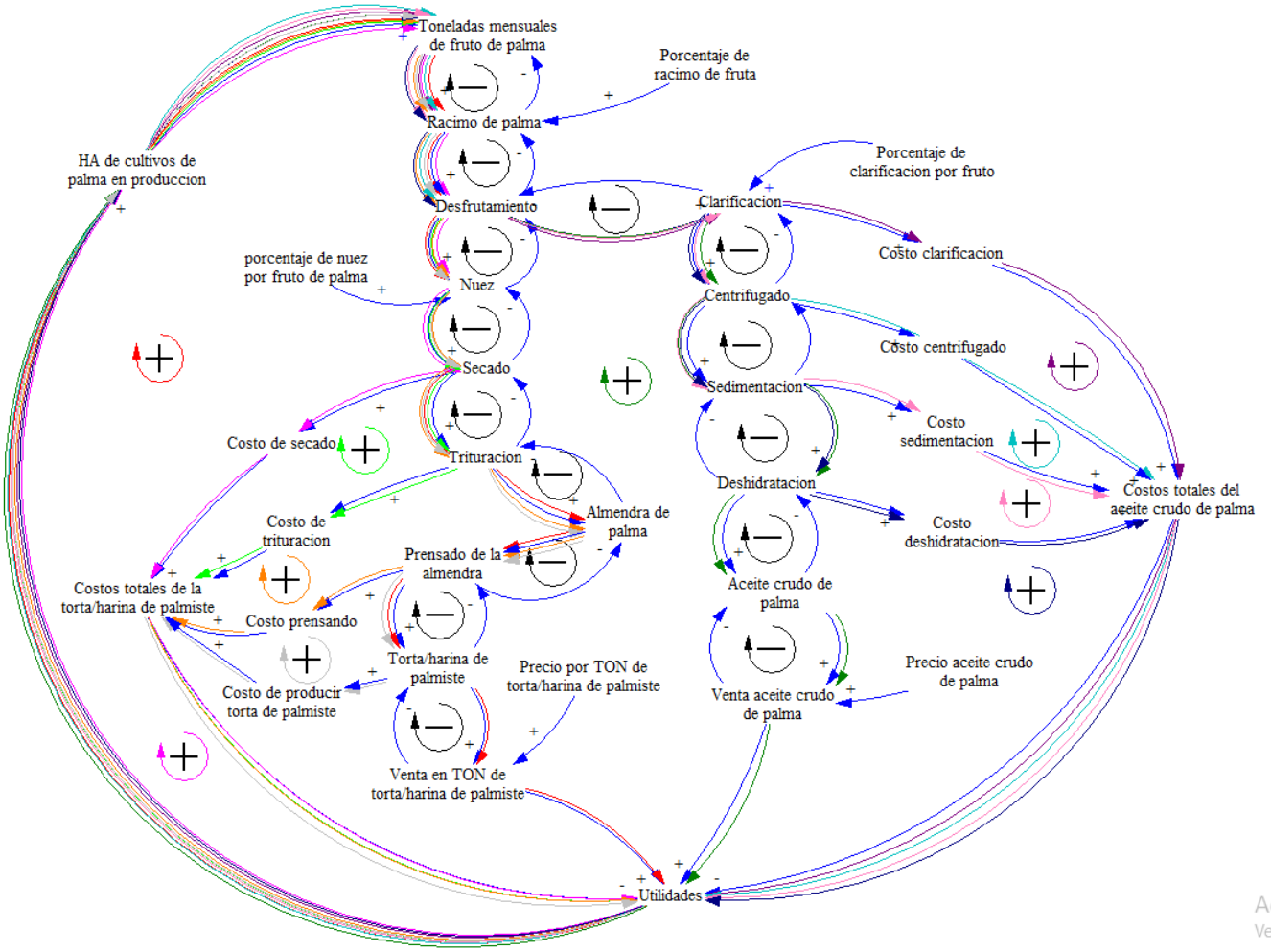
5.2 MODELO DE SIMULACIÓN CON DS, QUE AJUSTE E INTEGRE EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES, ORIENTADO A LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA GANADO, A BASE DE ACEITE DE PALMA

Primeramente, construimos un diagrama causal con el fin de entender mejor el comportamiento del modelo, y observar las variables que interactúan entre sí, luego, basado en el diagrama causal construimos un diagrama de flujos y niveles. Posteriormente se hizo la simulación en Powesim para ver el comportamiento real del modelo. Cabe resaltar que este es proceso iterativo, es decir, que en la etapa de modelamiento muchas veces tuvimos que devolvernos al diagrama causal a corregir relaciones entre variables.

5.2.1 Diagrama causal

En este diagrama casual se observan la relación entre cada una de las variables, el comportamiento de cada una de ellas, sin embargo, es posible que este cambie, ya que la metodología es iterativa, y es importante que con cada versión poco a poco nos aproximemos a la complejidad del modelo.

Figura 4. Diagrama causal

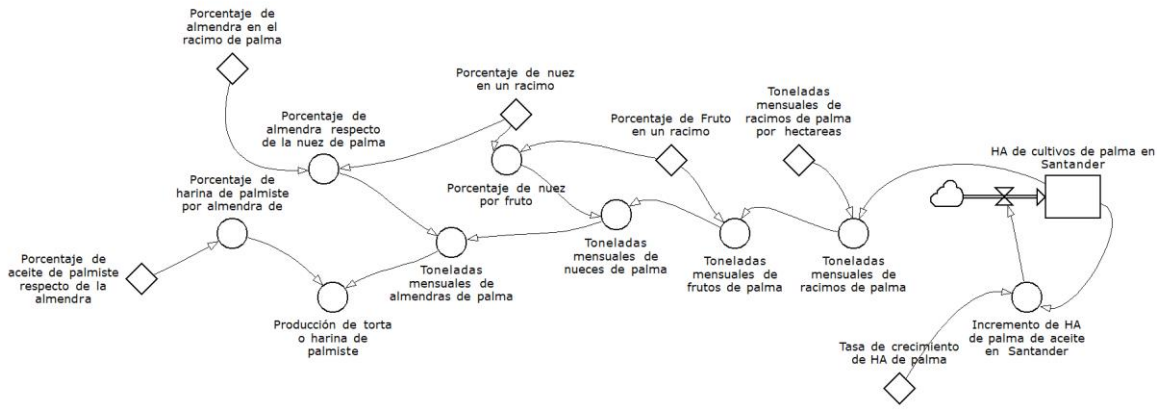


Fuente: elaboración propia

5.2.2 Diagrama de flujos y niveles

A partir del diagrama causal y de las experiencias nacionales e internacionales encontradas en el estado del arte, se plantea el siguiente modelo de simulación.

Figura 5. Diagrama de flujos y niveles



Fuente: elaboración propia

5.2.3 Modelo matemático

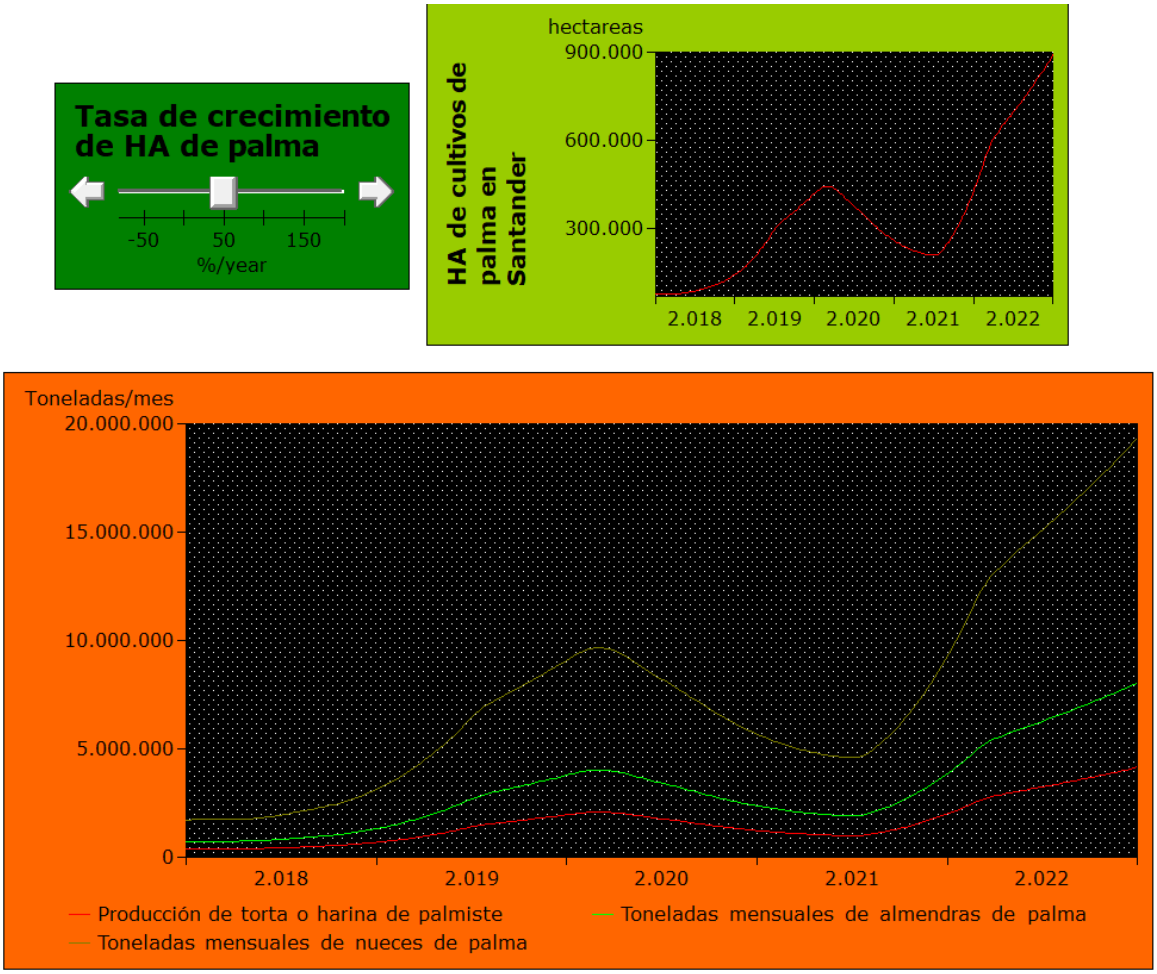
Para la construcción del modelo matemático, primero nos apoyamos del diagrama casual y de cada una de las variables clave, encontradas allí, después consultamos datos fiables directamente de Fedepalma, consultamos las hectáreas de producción de aceite de palma en Santander, así como también se calculó en valores promedio y aproximados, las toneladas mensuales de fruto de palma que posiblemente llegan a una planta extractora, para ver más a detalle el modelo matemático. Ver Anexo 1

5.3 PROTOTIPO DE INTERFAZ DE SIMULACION, SOPORTADO EN UN MODELO DE DS, COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES DE USUARIOS DEL SECTOR DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA GANADO A BASE DE ACEITE DE PALMA

En la *Figura 6. Prototipo de interfaz de simulación.* Mostramos los resultados posteriores a la simulación, en donde se observa que el usuario puede manipular la decisión de cuantas hectáreas de palma quiere sembrar. Dependiendo de las hectáreas a sembrar se calculará y se mostrará en una gráfica el comportamiento de su decisión. A criterio de los autores hemos definido 5 años, debido a que las hectáreas iniciales ofrecidas por Fedepalma tienen fecha del 2018.

En estos 5 años el usuario podrá determinar la cantidad de hectáreas de palma que tendrá disponibles.

Figura 6. Prototipo de interfaz de simulación.



Fuente: elaboración propia

6. CONCLUSIONES

Este proyecto se basó en una metodología única la cual consistía en investigar trabajos a fines del nuestro y se implementó a partir de la dinámica de sistemas cumpliendo con unos de nuestros objetivos en el cual consistía en construir un modelo en el software powersim, que tiene como objetivo la toma de decisiones en la producción y comercialización de concentrado para ganado a base de aceite de palma, todo esto fue gracias a la documentación de los modelos encontrados nacional e internacionalmente.

Se hizo énfasis en la producción y comercialización para que los productores y compradores tengan un mejor uso de su capital debido a que la demanda de carne conlleva a criar y producir mejor ganado para el consumo, se centró en que los ganaderos sean los principales participantes en la toma de decisiones.

Respecto a la compilación de trabajos de dinámica de sistemas que se relaciones con concentrado para ganado, aceite de palma y concentrado para ganado a base de aceite de palma, se concluye que fue posible encontrar la información apropiada para modelar a partir de los trabajos encontrados a nivel nacional e internacional.

Se pudo evidenciar que en la documentación encontraba existen proyectos similares , pero en la mayoría de casos no existían variables o información puntual según los requerimientos obtenidos de muestro proyecto, seguido de esto, al escoger los modelos o elementos con mayor similitud para la elaboración de diagramas propios, se evidenciaron fallas en el modelo y en la búsqueda puntual de información, ya que muchos datos al pasar de los años cambiaban o no se mostraban en los documentos, se encontró información de años atrás y tomar como referencias las mismas y poder simular eficazmente.

Se realizó la simulación de situaciones sobre producción y comercialización de concentrado para ganado y los insumos para su elaboración teniendo en cuenta la población ganadera para la toma de decisiones de la producción y comercialización de concentrado para ganado a base de aceite de palma y se validó el proyecto de forma cualitativa. Se validará de forma cuantitativa con la comunidad ganadera. Gracias a la Dinámica de Sistemas, se pudieron construir los modelos y generar simulaciones para toma de decisiones en esta parte del agro.

7. RECOMENDACIONES

En la búsqueda de documentos, artículos, trabajos del estado del arte, se encontraron proyectos incompletos y otros con más información que los anteriores pero que no se acercaban a la situación que se necesitaba crear. En esta documentación, también se evidenciaron proyectos con modelos mal elaborados y variables que no se entendían a simple vista y mostraban su propósito, así como documentar las variables y conceptos. Así mismo, se debe resaltar que la búsqueda no estuvo del todo equivocada y se observaron trabajos muy bien elaborados con modelos que permitieron partir de ellos y basarse para cumplir el objetivo.

En la búsqueda de datos para llenar variables, constantes y niveles para la formulación del modelo matemático, se encontraron problemas en los documentos, Sin embargo, se tuvo sumo cuidado con estas cifras, pero fue bastante complejo obtener la información valida de la comunidad ganadera y los agricultores de aceite de palma debido a su falta de tiempo.

Para el futuro, se espera continuar con este proyecto creando un software más completo, puesto que se tiene sólo un prototipo, ya que representa la ayuda a nivel mundial en el constante crecimiento de la población y su demanda, lo que conlleva a tener ganado listo para el consumo, con el fin de este proyecto es visualizar la mejor forma de producir y vender concentrado para alimentar y suplir las necesidades del animal.

REFERENCIAS

Agriculturers. (8 de Junio de 2016). *Agriculturers.com*. Recuperado el 1 de mayo de 2019, de http://agriculturers.com/

Agrobanco. (2013). *FORMULACION DE ALIMENTOS BALANCEADOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO EN GANADO LECHERO.* Obtenido de Agrobanco.com.pe: https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-h-ganado.pdf

Amézquita López, J. A., & Chamorro Salas, K. M. (2013). Dinámica de sistemas aplicado en el análisis de cadenas productivas agroindustriales en el departamento de Bolívar. *S&T*, *11*(24), 27-37. Obtenido de https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/download/1500/1908/

Amézquita López, J. A., & Chamorro Salas, K. M. (2013). Dinámica de sistemas aplicado en el análisis de cadenas productivas agroindustriales en el departamento de Bolívar. *S&T*, 27-37.

Andrade Sosa, H., Dyner, I., Espinosa, A., Lopez Garay, H., & Sotaquirá, R. (2001). *Pensamiento Sistemico: Diversidad en busqueda de unidad.* Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Archila Murillo, C., Gomez Rangel, Y. S., & Ríos Pérez, J. A. (2015). *Sistemas de costos para el proceso de doble proposito en pequeños hatos ganaderos en el municipio de charala santander.* Bucaramanga. Obtenido de http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/1750/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20GANADERIA%20DOBLE%20PROPOSITO.pdf

Argel, P. J. (2006). CGSpace. *14*. Costa Rica, San Jose. Recuperado el 14 de Abril de 2019, de https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/44266

Caceres, D. A. (20 de Abril de 2011). *Historia de la dinámica de sistemas*. Obtenido de Scribd: https://es.scribd.com/document/53395103/Historia-de-la-dinamica-de-sistemas

Colciencias. (30 de Noviembre de 2018). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2018.* Recuperado el 8 de Abril de 2019, de Sitio web de Colciencias: https://colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/4._anexo_1._documento_conceptual_del_modelo_de_reconocimiento_y_medicion_de_grupos_de_investigacion_2018.pdf

Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación. (8 de Febrero de 2018). *Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico y de innovación.* Recuperado el 1 de Abril de 2019, de Sitio web de COLCIENCIAS: https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/documento_de_tipologias_-_version_5.pdf

Contexto Ganadero. (26 de mayo de 2014). *Torta de palmiste, valiosa fuente de energía para ganado.* Obtenido de Conextoganadero: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/torta-de-palmiste-valiosa-fuente-de-energia-para-ganado

Contexto Ganadero. (27 de septiembre de 2016). *El aceite de palma como fuente energética para rumiantes.* Obtenido de Contextoganadero: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/el-aceite-de-palma-como-fuente-energetica-para-rumiantes

Contexto Ganadero. (27 de Septiembre de 2016). *El aceite de palma como fuente energética para rumiantes.* Obtenido de ContextoGanadero: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/el-aceite-de-palma-como-fuente-energetica-para-rumiantes

Contexto ganadero. (27 de junio de 2017). *Conozca el censo pecuario nacional del ICA 2017*. Obtenido de contexto ganadero: https://www.contextoganadero.com/economia/conozca-el-censo-pecuario-nacional-del-ica-2017

effendi, Y., Jafino, B., & Pruyt, E. (s.f.). *https://www.systemdynamics.org*. Obtenido de https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/2016/proceed/papers/P1308.pdf

Fedepalma. (2018). *La palma de aceite en el departamento de Santander*. Obtenido de Fedepalma.org: http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Infografia-Santander-2018-VF-.pdf

Fedepalma Sispa. (Agosto de 2018). *La palma de aceite en Colombia.* Obtenido de fedepalma.org: http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos

Fedepalma Sispa. (Agosto de 2018). *La palma de aceite en Colombia.* Obtenido de Fedepalma.org: http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos

Fundación Española del Aceite de Palma Sostenible. (s.f.). *Qué es el aceite de palma: Composición y características*. Recuperado el 9 de Mayo de 2019, de Sitio web de Fundación Española del Aceite de Palma Sostenible: https://aceitedepalmasostenible.es/aceite-palma-composicion-caracteristicas/

Gallardo de Parada, Y., & Moreno Garzón, A. (1999). *Serie Aprender a investigar. Módulo 3. Recolección de información* (Tercera ed., Vol. 3). Bogotá, Colombia: ICFES. Obtenido de https://es.slideshare.net/d1305/aprenderainvestigaricfesmdulo3recoleccindelainformacin

GanadoCorporation. (21 de 08 de 2012). *Ganado Bovino*. Recuperado el 2 de 05 de 2019, de https://ganadobovino.com/tipos-de-alimento-para-el-ganado-vacuno/

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F.: Mc Graw Hill Education.

Huege Viasus, J. S., & Fraile Ospina, H. J. (2011). Recuperado el 01 de 08 de 2019, de Estudio de mercado y modelo de simulación del fruto de la palma de cera bajo Dinámica de sistemas: http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00000103.pdf

Huertas Forero, I., Verástegui, M. R., Morales Parra, L. C., & Castro Ariza, L. (2011). *Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de.* Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario , Bogota. Recuperado el 1 de Mayo de 2019, de https://www.urosario.edu.co/urosario_files/a2/a2c185a2-6eb3-4194-9588-84f8ab4e6603.pdf

IEEE. (2018). *IEEE Editorial Style Manual for Authors.* Recuperado el 8 de Abril de 2019, de Sitio web IEEE.org: http://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/sites/7/IEEE-Editorial-Style-Manual.pdf

induagro. (2014). *Proceso de produccion aceite de palma*. Obtenido de induagro.com.mx: http://www.induagro.com.mx/HOMEAP/ProcProductAP/ProcProductAP.html

Manzanares Lopez, E. G. (19 de Abril de 2018). *Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México.* Obtenido de uaemex.mx: http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94597

Martinez Rojas, N., Andrade Sosa, H., & Gomez, U. E. (14 de septiembre de 2011). *Propuesta de un modelo con dinámica de sistemas como herramienta en el aprendizaje del eslabón de producción de la cadena productiva del cacao* . Obtenido de Urosario.edu.co: https://www.urosario.edu.co/urosario_files/42/42de7316-fa30-4632-921e-6b4308c97631.pdf

Melado Herreros, A., & Hernandez Diaz, C. G. (Abril de 2008). *Modelo de simulación de palma aceitera (Elaeis guineensis) en Honduras.* Obtenido de ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/261044832_Modelo_de_simulacion_de_palma_aceitera_Elaeis_guineensis_en_Honduras

Molina Benavides, R. A. (Junio de 2018). *Boletin de dinamica de sistemas.* Obtenido de dinamica-de-sistemas: http://dinamica-de-sistemas.com/revista/0618a.htm

Morilla Garcia, F., Dormido Canto, S., & Donado Campos, J. (mayo de 2005). *Fundamentos de la dinámica de sistemas y modelos de dinamica de sistemas en epidemiologia.* Obtenido de proyectosame: http://www.proyectosame.com/ds_documentos/manual_dinamica_sistemas.pdf

Ochoa López, A., & Tovio Almanza, W. M. (2007). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN MODELO DE PLANIFICACION Y CONTROL*. UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, Cartagena. Recuperado el 2019, de http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/711/1/170-%20TTG%20-%20DISE%C3%91O%20Y%20AN%C3%81LISIS%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20PLANIFICACION%20Y%20CONTROL%20DE%20LA%20PRODUCCION%20BASADO%20EN%20DINAMICA%20DE%20SISTEMAS.pdf

Ojeda, A., & Aquiles, E. (1 de Junio de 1995). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado el 30 de abril de 2019, de http://www.fao.org/Ag/aGA/AGAP/FRG/lrrd/lrrd7/1/9.htm

Ospina Garzón, J. A. (2015). Recuperado el 28 de 07 de 2019, de ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN PARA EL SECTOR DE MEDIANOS PRODUCTORES DE LECHE CRUDA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2940/1/OspinaGarz%C3%B3nJeimmyAlejandra2015.pdf

Pardo, L., Campbell, M., Cove, M., Edwards, W., Clements, G., & Laurance, W. (2018). Land management strategies can increase oil palm plantation use by some terrestrial mammals in Colombia. *Scientific reports*, 1-12.

Ponssa, E., Arroqui, M., Machado, C., & Marcos, C. (2009). Desarrollo de un sistema de la dinámica de rodeo de cría bovina y de los recursos de alimentacion para su aplicacion a la planificacion productiva y economica. *Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2009)*, (págs. 48-60). Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Mauricio_Arroqui/publication/228802725_Desarrollo_de_un_sistema_de_la_dinamica_de_rodeo_de_cria_bovina_y_de_los_recursos_de_alimentacion_para_su_aplicacion_a_la_planificacion_productiva_y/links/00b49537a4bae4a7dd000000

Pryut, E., & Janfino, B. A. (Julio de 2016). *On Palm Oil and Deforestation in Borneo: A Step-Wise Model-Based Policy Analysis.* Obtenido de ResearchGate- Conference:

34th International Conference of the System Dynamics Society 2016At: Delft, The Netherlands: https://www.researchgate.net/publication/320226461_On_Palm_Oil_and_Deforestation_in_Borneo_A_Step-Wise_Model-Based_Policy_Analysis

Quintero Posso, D., & Lopez Mueriel, S. M. (23 de Noviembre de 2010). *Aanilsis estructural: un apoyo para el modelado con dinamica de sistemas.* Recuperado el 2 de mayo de 2019, de Bdigital: http://www.bdigital.unal.edu.co/28807/

Ramirez, P. A., & Jimenez, J. R. (2009). *ELABORACION Y UTILIZACION DE UN ALIMENTO CONCENTRADO A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS EN GANADO DE CEBA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL* . Obtenido de lasalle.edu.co: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6055/T14.09?sequence=1

Restom Bitar, F. (5 de Marzo de 1996). *EL TIEMPO*. Recuperado el 5 de Arbil de 2019, de https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-343307

Rincon, S. M., & Martinez, D. M. (11 de Agosto de 2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Palmas, 30*(2), 11-24. Obtenido de Fedepalma: https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432

Rivas Garcia, A. A., & Diaz Yañez, R. A. (2013). Recuperado el 5 de 09 de 2019, de uis.com/biblioteca

Rivas Garcias, A., & Diaz Yañez, R. A. (2013). *MODELO DE ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y EFECTOS EN EL PUENTE DE GRUA DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA AFRICANA.* Obtenido de Tangara.uis.edu.co: http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/pags/cat/popup/pa_detalle_matbib.jsp?parametros=166659|%20|1|1

Santos, S. (22 de Junio de 2015). *contexto ganadero*. Recuperado el 12 de Abril de 2019, de Los concentrados para el ganado bovino no se eligen al azar: contextoganadero.com/reportaje/uso-correcto-de-concentrados-para-ganado-de-leche-y-doble-proposito

Santos, S. (22 de Junio de 2015). *Contexto Ganadero*. Obtenido de Los concentrados para el ganado bovino al azar: contextoganadero.com/reportaje/uso-correcto-de-concentrados-para-ganado-de-leche-y-doble-proposito

Santos, S. (22 de Junio de 2015). *Uso correcto de concentrados para ganado de leche y doble propósito. Una lectura rural de la realidad colombiana.* Obtenido de Contexto ganadero: https://www.contextoganadero.com/reportaje/uso-correcto-de-concentrados-para-ganado-de-leche-y-doble-proposito

Sosa, H. A., I. D., Espinosa, A., Lopez, G. H., & Sotaquira, R. (2001). *Pensamiento sistemico: Diversidad en busqueda de unidad.* Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Sterman, J. (2000). *Business Dynamics.* Estados unidos: The McGraw-Hill.

Suarez Hernandez, C. (Julio de 2015). *MANEJO DE PÉRDIDAS DE ACEITE DE PALMA, ALMENDRA Y ACEITE DE PALMISTE*. Obtenido de Grepalma: https://docplayer.es/46100008-Manejo-de-perdidas-de-aceite-de-palma-almendra-y-aceite-de-palmiste.html

Superintendencia de industria y comercio . (2011). *CADENA PRODUCTIVA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS Y BALANCEADOS PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y PORCINA DIAGNÓSTICO DE LIBRE COMPETENCIA* . Obtenido de sic.gov.co: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/ALIMENTOS%20BALANCEADOS.pdf

Superintendencia de industria y comercio. (2011). *CADENA PRODUCTIVA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS Y BALANCEADOS PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y PORCINA DIAGNÓSTICO DE LIBRE COMPETENCIA.* Obtenido de sic.gov.co: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/ALIMENTOS%20BALANCEADOS.pdf

Unipalma. (01 de 05 de 2019). *Unipalma*. Obtenido de Unipalma S.A.S: http://www.unipalma.com/aceite-de-palma

Unipalma. (s.f.). *unipalma*. Recuperado el 01 de 05 de 2019, de Unipalma SA: http://www.unipalma.com/aceite-de-palma

Vega Moreno, C. E. (Abril de 2013). *MANUAL DEL CURSO DE DINAMICA DE SISTEMAS I.* Obtenido de biblioteca.uns.edu.pe: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/manual_de_dinamica_de_sistemas_i_para_alumnos.pdf

Vega Moreno, C. E. (Abril de 2013). *MANUAL DEL CURSO DE DINAMICA DE SISTEMAS I.* Obtenido de biblioteca.uns.edu.pe: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/manual_de_dinamica_de_sistemas_i_para_alumnos.pdf

Zapata, S., Franco, C., & Florez, A. (2010). Modelo de producción de palma de aceite., (págs. 417-422). Medellin. Obtenido de https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2010_Memorias.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Modelo matemático

mainmodel Componente 1 {
level HA de cultivos de palma en Santander {
autotype Real **unit** hectareas **init** 78637
inflow { **autodef** 'Incremento de HA de palma de aceite en Santander' }
doc Según Fedepalma en 2018 habia 78.637 hectareas de palma de aceite en produccion
note http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Infografia-Santander-2018-VF-.pdf
}
aux Incremento de HA de palma de aceite en Santander {
autotype Real
unit hectarea/year
def 'Tasa de crecimiento de HA de palma'*'HA de cultivos de palma en Santander'
}
const Porcentaje de aceite de palmiste respecto de la almendra {
autotype Real
unit %
init 48,5
doc Según Rubiano (1998), el palmiste o almendra en base húmeda contiene entre el 47 y 50% de aceite.
Se promedió estos dos valores.
note Rubiana, Germán. 1998. Mejoramiento en la extracción de aceite de palmiste. Revista Palmas, Vol. 19, No. especial, págs. 299-304.
}
const Porcentaje de almendra en el racimo de palma {
autotype Real
unit %
init 4,5
doc Según Fedepalma (?), el porcentaje de almendra de palma que tiene un racimo de palma de aceite se encuentra entre 3 y 6%. Se utilizará un promedio de estos valores.
note Fedepalma (?).....
}
aux Porcentaje de almendra respecto de la nuez de palma {
autotype Real
unit %
def 'Porcentaje de almendra en el racimo de palma'/'Porcentaje de nuez en un racimo'
doc Porcentaje de almendra por nuez de palma. El dato encontrado en la literatura brinda el porcentaje de almendro respecto del racimo de palma; entonces, es necesario dividir el porcente de almendra por racimo entre el porcentaje de nuez por racimo para obtener el porcentaje de almendra por nuez.
}

const Porcentaje de Fruto en un racimo {
autotype Real
unit %
init 67
doc Según Fedepalma (?), el porcentaje de fruto en un racimo de palma se encuentra entre 62 y 72%.
note Fedepalma (?).....
}
aux Porcentaje de harina de palmiste por almendra de {
autotype Real
autounit %
def 100%-'Porcentaje de aceite de palmiste respecto de la almendra'
doc El porcente de harina de palmiste se obtiene de la resta del porcentaje de aceite de palmiste del 100%.
}
const Porcentaje de nuez en un racimo {
autotype Real
unit %
init 10,85
doc Según Fedepalma (?), el porcentaje de nuez de palma que tiene un racimo de palma de aceite se encuentra entre 9 y 12.7%. Se utilizará un promedio de estos valores.
note Fedepalma (?). .....
}
aux Porcentaje de nuez por fruto {

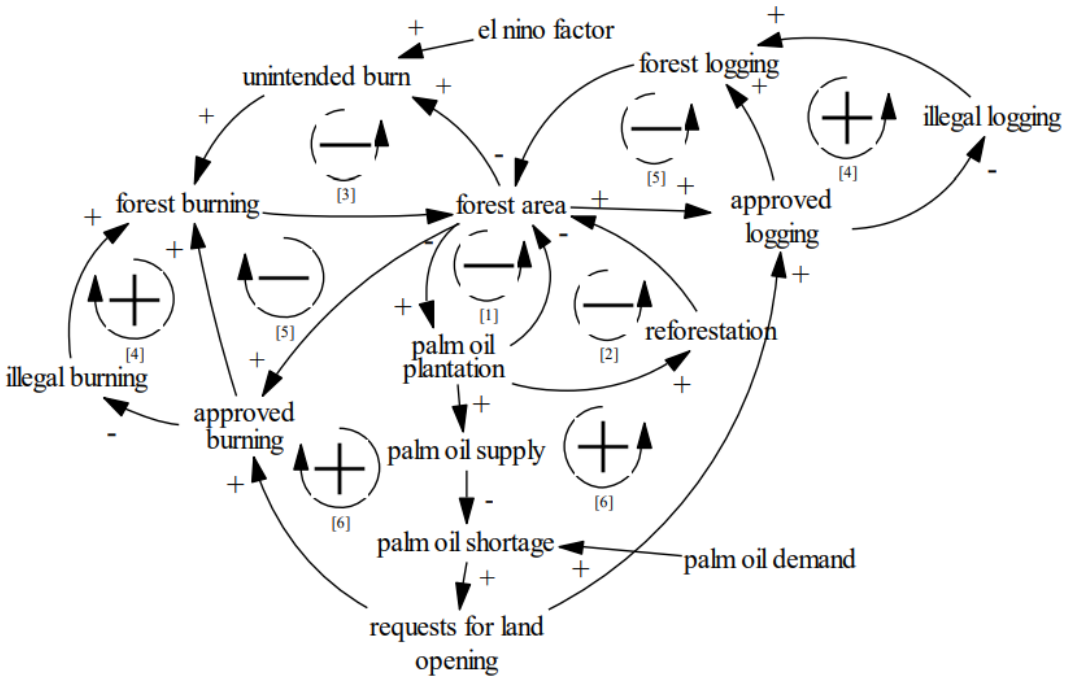
autotype Real
unit %
def 'Porcentaje de nuez en un racimo'/'Porcentaje de Fruto en un racimo'
doc Porcentaje de nuez por fruto de palma. El dato encontrado en la literatura brinda el porcentaje de nuez respecto del racimo de palma; entonces, es necesario dividir el porcente de nuez por racimo entre el porcentaje de fruto por racimo para obtener el porcentaje de nuez por fruto.
}
aux Producción de torta o harina de palmiste {
autotype Real
autounit Tonelada/mes
def 'Porcentaje de harina de palmiste por almendra de'*'Toneladas mensuales de almendras de palma'
}
const Tasa de crecimiento de HA de palma {
autotype Real **unit** %/year **init** 5%
}
aux Toneladas mensuales de almendras de palma {
autotype Real

autounit Tonelada/mes
def 'Porcentaje de almendra respecto de la nuez de palma'*'Toneladas mensuales de nueces de palma'
doc Se multiplica el porcentaje de almendra en cada nuez por la cantidad de toneladas mensuales de nueces de palma.
}
aux Toneladas mensuales de frutos de palma {
autotype Real
autounit Tonelada/mes
def 'Porcentaje de Fruto en un racimo'*'Toneladas mensuales de racimos de palma'
}
aux Toneladas mensuales de nueces de palma {
autotype Real
autounit Tonelada/mes
def 'Porcentaje de nuez por fruto'*'Toneladas mensuales de frutos de palma'
}
aux Toneladas mensuales de racimos de palma {
autotype Real
unit Toneladas/mes
def 'HA de cultivos de palma en Santander'*'Toneladas mensuales de racimos de palma por hectareas'
doc Cada hectarea productiva de palma de aceite produce (X) cantidad de toneladas mensuales de racimos de palma. Para obtener las toneladas mensuales de racimos de palma se multiplica la cantidad de toneladas mensuales de racimos de palma por hectarea por el numero de hectareas productivas en las zonas.
note Referencia de la X
}
const Toneladas mensuales de racimos de palma por hectareas {
autotype Real
unit (Toneladas/mes)/hectarea
init 200
}
}
unit hectarea {
def ATOMIC
}
unit mes {
def (1/12)year
}
unit Tonelada {
def ATOMIC
}

Anexo 2 Análisis detallado de los modelos

Modelos encontrados en los diferentes documentos del estado del arte.

1. On Palm Oil and Deforestation in Borneo: A Stepwise Model Based (2016) Policy Analysis



En este modelo se observa que entre más bosques desforestados haya, habrá más plantaciones de aceite de palma. Se puede ver los diferentes ciclos y factores que afectan cada “nivel”. Por ejemplo, después de un tiempo en el que se cumpla el ciclo de las plantaciones de aceite de palma, la tierra puede volverse a convertirse en bosque mediante la reforestación.

También entra en juego el tema de la aprobación de las tierras a tratar por parte del gobierno, de eso depende también que tanto se puede plantar.

Modelo de simulación para estudiar la dinámica poblacional de un hato ganadero (Basado en un modelo de simulación con Vensim

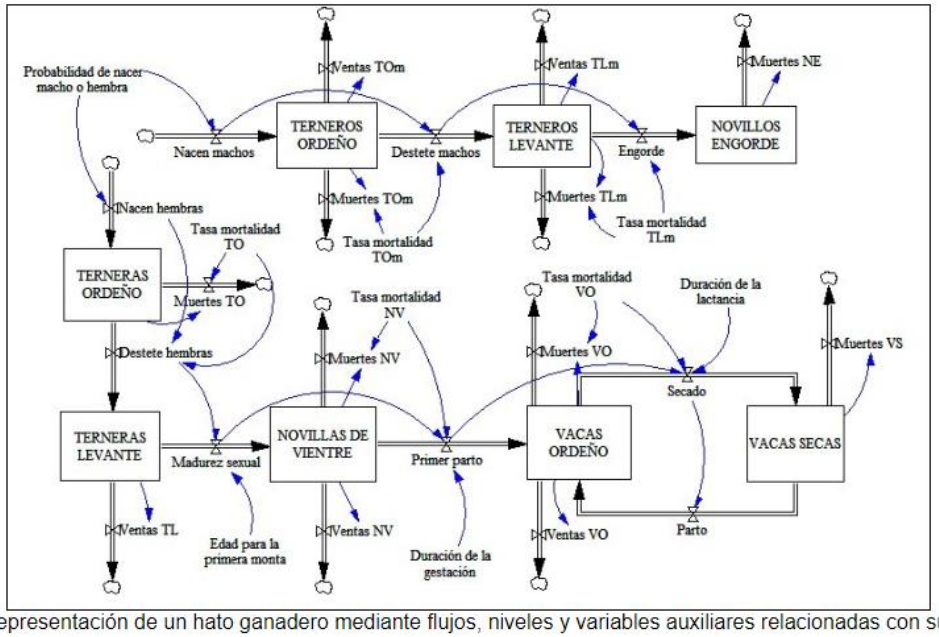
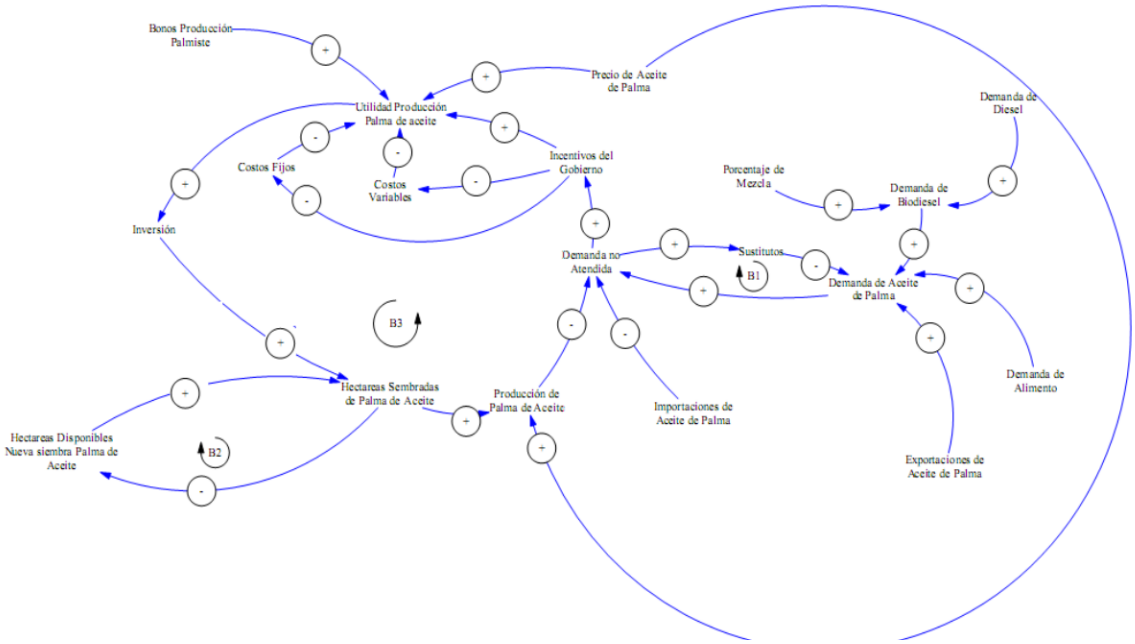


Figura 2. Representación de un hato ganadero mediante flujos, niveles y variables auxiliares relacionadas con su dinámica.

Este modelo esta mas enfocado a la dinámica de un hato ganadero, las variables que afectan cada uno de los niveles.

Modelo de producción de palma de aceite

8º Congreso Latinoamericano y 8º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, 2010



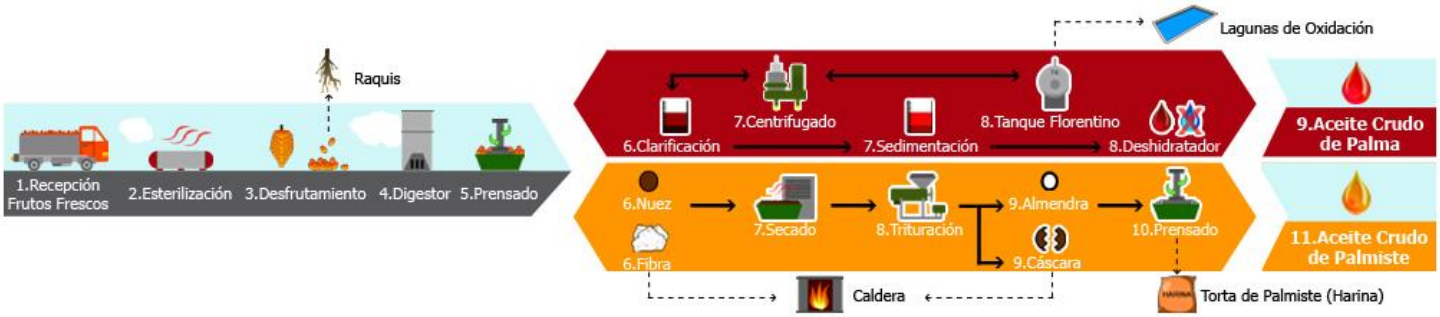
Vemos 3 ciclos de balance

B1: en este ciclo se observa que la demanda de aceite de palma se ve afectada negativamente cuando hay más sustitutos (del aceite de palma) en el mercado. Además, cuando hay más demanda aumenta la demanda no atendida.

B2: Básicamente en este ciclo se puede observar que es necesario para que no se siembren más hectáreas de las que son posibles

B3: inversión, hectáreas sembradas de palma de aceite, producción de palma de aceite, demanda no atendida, incentivos del Gobierno, utilidad producción de palma de aceite, inversión. Como se puede observar, el precio en este modelo es una variable exógena, ya que es regulado y éste depende exclusivamente de los precios internacionales del aceite de palma, la principal fuente de ingresos aparte del precio son los incentivos que el Estado o el Gobierno da por la producción del producto.

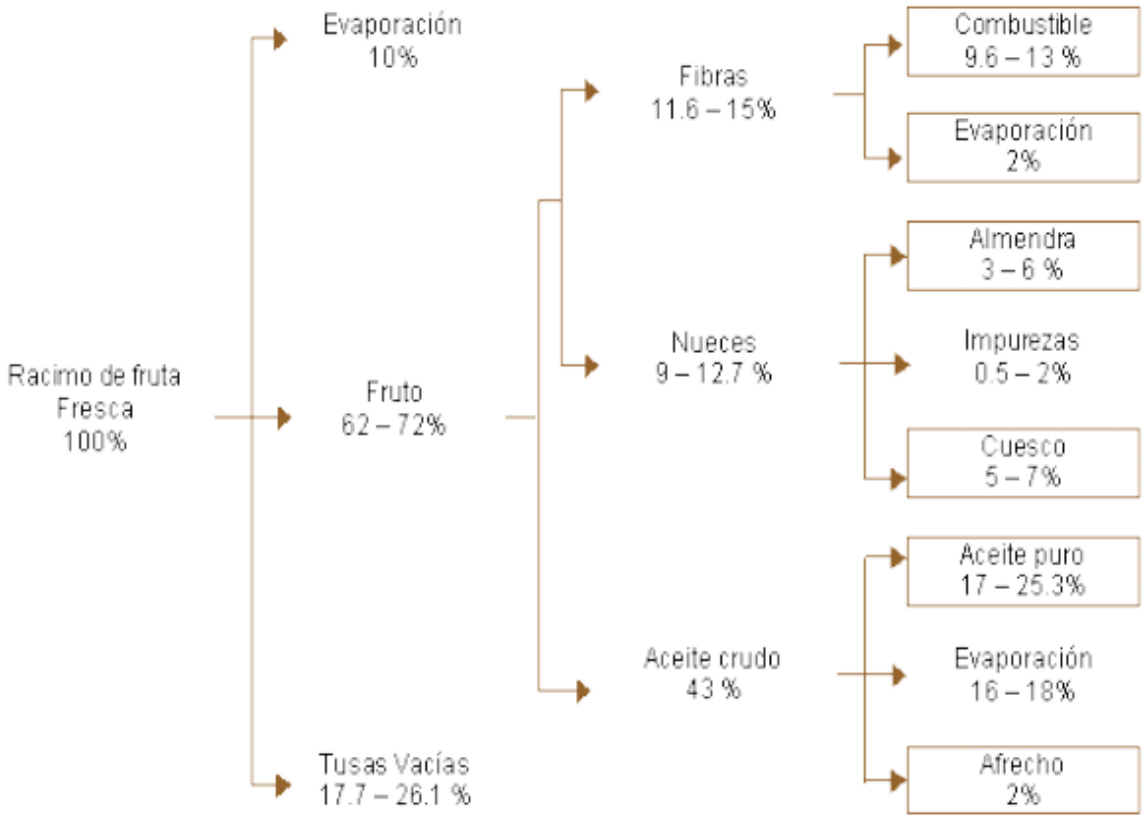
PROCESO PRODUCTIVO – ACEITES DE PALMA



Fuente: (Induagro, 2014)

Este grafico nos ayudo a entender todo lo relacionado con el proceso de producción del aceite de palma y de la torta de palmiste, analizamos cada una de las fases de este proceso para poder plasmarlo en el modelo.

BALANCE DE MASAS ACEITE DE PALMA



Fuente: (Fedepalma, s.f.)

Con ayuda de este balance de masas calculamos los porcentajes de extracción de almendra, nuez y fruto con respecto al racimo del aceite de palma, este grafico sirvió para alimentar al modelo con valores cercanos a la realidad, de esta manera se podrá obtener un comportamiento certero.

Anexo 3. Priorización de los requerimientos

Cuadro 2. Priorización de los requerimientos

Requerimiento y/o necesidad en la toma de decisiones	**Descripción** [¿Cómo se toma la decisión?]	**Etapa del proceso** [Producción /comercialización]	**Fuente**	**Nivel de prioridad** [Alta / media / baja]
Como entender los factores de oferta y demanda en los competidores y compradores	Se deberá entender el punto más económico en la oferta y demanda de los productos para producir y vender, así se minimizan costos para futuras compras y ventas de insumos.	Comercialización	"Según el ICA, la población bovina en el país en 2017 es de 23.5 millones de cabezas, distribuidas en 514 mil 794 predios. Los departamentos con mayor hato bovino son: Antioquia (11,75 %), Córdoba (8,74 %), Casanare (7,93 %), Meta (7,38 %), Caquetá (6,33 %), Santander (6,14 %) Cesar (5,56 %), Magdalena (5,13 %) y Cundinamarca (4,88 %). Estos 8 departamentos agrupan el 63,84 % de la población total nacional." (Contexto ganadero, 2017)	Alta
Como proyectar una mejor producción de leche, carne y doble propósito	Esto se toma en cuenta debido al tipo de concentrado para ganado que se le de al tipo	producción	No se encontró una fuente que respaldase la necesidad requerida	Alta
Tiempo en el cual se tendrá ganancia de dicha inversión	Esta decisión se centra en el valor en el cual el producto tiene una mayor o menor demanda, entre mayor demanda mas	Comercialización	El estudio propuesto busca determinar la factibilidad técnica y económica del establecimiento de una	Media

	provechoso es vender el producto para ganancias		planta procesadora de alimentos para ganado en la Línea Noroeste. Dicha planta atenderá la creciente demanda prevista de concentrados originada por los proyectos de fomento de la ganadería y de las cooperativas de producción pecuaria, y absorbería la producción prevista de materias primas regionales al realizarse el programa de desarrollo agrícola. Washington (1977)	
Tiempo en el cual sea beneficioso comprar los insumos para la producción	Según las estadísticas de precios, se puede saber en qué tiempo se tendría un ahorro en la compra de insumos	Producción	No se encontró una fuente que respaldase la necesidad requerida	Alta