

MODELO GENERAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS CADENAS AGRÍCOLAS  
CON DINÁMICA DE SISTEMAS

NATALIA MARTÍNEZ ROJAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2016

MODELO GENERAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS CADENAS AGRÍCOLAS  
CON DINÁMICA DE SISTEMAS

NATALIA MARTÍNEZ ROJAS

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar por el título de  
Magíster en Ingeniería de Sistemas

DIRECTOR  
HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA  
MAGÍSTER EN INFORMÁTICA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Hernando Martínez y Maritza Rojas quienes me han apoyado en todo momento y desde el hogar me han formado como persona.

A mi familia por su compañía permanente en mi vida, paciencia y comprensión.

A George Sarmiento con quien he compartido mis felicidades y tristezas.

A Hugo Andrade Sosa, un gran profesor e inigualable maestro.

A los profesores Carlos Aníbal Vásquez y Urbano Eliecer Gómez Prada, por su dirección.

Al Grupo de investigación SIMON por su compañía.

A la vida por permitirme tener un constante aprendizaje.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	17
1 Descripción del proyecto.....	19
1.1 Planteamiento del problema.....	19
1.1.1 Definición del concepto de cadena productiva.....	19
1.1.2 Estructura de las cadenas productivas .....	20
1.1.3 ¿Por qué analizar las cadenas productivas? .....	21
1.1.4 La desarticulación entre los actores que conforman las cadenas productivas, un problema latente .....	21
1.2 Objetivos.....	22
1.2.1 Objetivo General .....	22
1.2.2 Objetivos Específicos.....	22
1.3 Justificación .....	23
1.3.1 Líneas de investigación.....	23
1.3.2 Justificación de la hipótesis de investigación .....	24
2 Revisión de la literatura .....	26
2.1 Revisión bibliográfica.....	26
2.2 Cadenas productivas.....	28
2.2.1 Clasificación de las Cadenas Productivas .....	29
2.2.2 Productos Agrícolas.....	32
2.2.3 Cadenas productivas agrícolas.....	33
2.3 Problemas encontrados en el funcionamiento de las cadenas productivas agrícolas .....	34
2.4 Fundamentación teórica .....	35
2.4.1 Las cadenas productivas y la Dinámica de Sistemas .....	35
2.4.2 El juego de la cerveza y las cadenas productivas.....	35
3 Metodología del trabajo de investigación.....	37
3.1 Método de análisis.....	37
3.2 Etapas de desarrollo del proyecto .....	38
3.2.1 Construcción de la <i>Agro-Estructura</i> .....	38
3.2.2 Construcción del modelo del caso de estudio.....	39
3.2.3 Validación del modelo .....	42
4 Hipótesis dinámica y construcción de la Agro-Estructura .....	44
4.1 Hipótesis dinámica.....	44
4.2 Formulación de la Agro – Estructura .....	45
4.3 Construcción del la Agro – Estructura .....	46

4.3.1	Primer Prototipo – Eslabón de producción.....	46
4.3.2	Segundo Prototipo – Eslabones de producción y comercialización .....	49
4.3.3	Tercer Prototipo – Eslabones de producción, comercialización y proceso industrial.....	52
4.4	Agro – Estructura.....	54
4.4.1	Diagrama de Influencias .....	55
4.4.2	Diagrama de Flujo Nivel.....	55
4.4.3	Ecuaciones .....	56
5	Elaboración de directrices.....	57
5.1	Directrices Eslabón de producción .....	57
5.1.1	Productor .....	58
5.1.2	Asistencia técnica .....	60
5.1.3	Insumos agrícolas.....	62
5.2	Directrices Eslabón de comercialización .....	63
5.2.1	Comercializadores .....	64
5.3	Directrices Tercer Prototipo – Eslabón de proceso industrial .....	65
5.3.1	Proceso Industrial .....	66
5.4	Directrices de los Sectores comunes a los eslabones.....	67
5.4.1	Financiamiento e inversión .....	67
5.4.2	Transporte.....	68
6	Construcción del modelo del caso de estudio.....	69
6.1	El cacao.....	69
6.2	La cadena productiva del cacao .....	69
6.2.1	Eslabón de producción.....	70
6.2.2	Eslabón de comercialización.....	78
6.2.3	Eslabón de proceso industrial .....	81
6.3	Resultados, simulación y discusión .....	84
6.3.1	Eslabón de producción.....	85
6.3.2	Eslabón de comercialización.....	85
6.3.3	Eslabón de proceso industrial .....	87
6.3.4	Cadena productiva del cacao.....	87
7	Validación del modelo.....	90
7.1	Plan de pruebas .....	90
7.2	Resultados de las pruebas al modelo.....	91
8	Orientaciones de uso de la Agro – Estructura y las directrices.....	94
8.1	Apoyo a la formación.....	94
8.2	Apoyo a la toma de decisiones.....	94

9	Conclusiones .....	96
10	Recomendaciones .....	99
	Referencias Bibliográficas .....	100
	Bibliografía.....	108
	Anexos.....	119

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de las cadenas productivas. ....	20
Figura 2. Componentes de las cadenas productivas. ....	20
Figura 3. Número de artículos publicados por países. ....	26
Figura 4. Artículos publicados por enfoques. ....	27
Figura 5. Tipos de artículos consultados. ....	27
Figura 6. Clasificación de las cadenas productivas. ....	30
Figura 7. Cadena de suministro del juego de la cerveza. ....	36
Figura 8. Etapas el desarrollo del proyecto. ....	38
Figura 9. Ciclo de construcción de la estructura sistémica básica. ....	39
Figura 10. Metodología para la construcción del modelo del caso de estudio. ....	40
Figura 11. El modelado con Dinámica de Sistemas. ....	41
Figura 12. Diagrama de Influencias de la Agro – Estructura. ....	44
Figura 13. Actividades de los actores en el eslabón de producción. ....	48
Figura 14. Diagrama de sectores de producción. ....	49
Figura 15. Actividades de los actores en el eslabón de comercialización. ....	51
Figura 16. Diagrama de sectores de producción y comercialización. ....	52
Figura 17. Actividades de los actores en el eslabón de proceso industrial. ....	53
Figura 18. Diagrama de sectores de la Agro – Estructura. ....	54
Figura 19. Diagrama de influencias de la Agro – Estructura. ....	55
Figura 20. Diagrama de Flujo – Nivel de la Agro – Estructura. ....	56
Figura 21. Actores del eslabón de producción. ....	58
Figura 22. Diagrama de sectores de los Productores. ....	59
Figura 23. Diagrama de sectores de la Asistencia Técnica. ....	60
Figura 24. Diagrama de sectores de los Insumos Agrícolas. ....	63
Figura 25. Actores del eslabón de comercialización. ....	64
Figura 26. Diagrama de sectores de los Comercializadores. ....	64
Figura 27. Actores del eslabón de proceso industrial. ....	65
Figura 28. Diagrama de sectores de los Comercializadores. ....	66
Figura 29. Diagrama de sectores del Financiamiento. ....	67
Figura 30. Fruto del cacao. ....	69
Figura 31. Almendras de cacao. ....	69
Figura 32. Polvo de Cacao. ....	69
Figura 33. Cadena productiva del cacao. ....	70
Figura 34. Tratamiento del fruto. ....	73
Figura 35. Recolección del fruto. ....	73
Figura 36. Desgranada de las mazorcas de cacao. ....	74

Figura 37. Fermentación del cacao.....	74
Figura 38. Secado de las almendras de cacao.....	74
Figura 39. Selección de los granos de cacao.....	74
Figura 40. Proceso de transformación del cacao.....	81
Figura 41. Plantas en producción de un cultivo de cacao.....	85
Figura 42. Utilidad de un cultivo de cacao.....	85
Figura 43. Compra de cacao.....	86
Figura 44. Utilidad del comercializador.....	86
Figura 45. Utilidad de la industria procesadora.....	87
Figura 46. Porcentaje de utilidad neta.....	88
Figura 47. Porcentaje de utilidad neta.....	89
Figura 48. Diagrama de influencias eslabón de producción – crecimiento plantas. .....	134
Figura 49. Diagrama de influencias producción – crecimiento plantas, producción y ventas.....	134
Figura 50. Diagrama de influencias de producción – producción e influencia de la maleza y las plagas y enfermedades.....	135
Figura 51. Diagrama de influencias de producción – con los actores y sus relaciones. .....	136
Figura 52. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de producción.....	137
Figura 53. Sector crecimiento plantas.....	138
Figura 54. Sector producción y venta del producto al comercializador.....	139
Figura 55. Sector de trabajadores – mano de obra producción.....	140
Figura 56. Sector de aspectos financieros del eslabón de producción.....	140
Figura 57. Condiciones agroecológicas.....	141
Figura 58. Sector factores de clima y exigencias del suelo.....	142
Figura 59. Sector plagas y enfermedades.....	143
Figura 60. Sector del manejo de malezas.....	144
Figura 61. Marcos de plantación.....	145
Figura 62. Sector del manejo de malezas.....	145
Figura 63. Sector de financiamiento del productor.....	146
Figura 64. Sector de transporte.....	147
Figura 65. Sector de insumos agrícolas.....	148
Figura 66. Diagrama de influencias eslabón de comercialización.....	149
Figura 67. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de comercialización.....	150
Figura 68. Sector del comercializador. Fuente: Autor.....	151
Figura 69. Diagrama de influencias del eslabón de proceso industrial.....	152
Figura 70. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de proceso industrial.....	153
Figura 71. Sector de proceso industrial – transformación.....	154

Figura 72. Sector de servicios de la industria procesadora. ....	154
Figura 73. Plantas de maleza .....	155
Figura 74. Porcentaje de Plantas y enfermedades .....	155
Figura 75. Plantas sembradas .....	155
Figura 76. Plantas productoras.....	155
Figura 77. Kilogramos de chocolate de mesa .....	156
Figura 78. Producción en pos cosecha.....	156
Figura 79. Producción para la venta .....	156
Figura 80. Herramientas .....	156
Figura 81. Plantas viejas.....	156
Figura 82. Inventario de la industria procesadora.....	156
Figura 83. Producción en tránsito de la producción .....	157
Figura 84. Producción en el destino final (Comercializadores) .....	157
Figura 85. Pago de la deuda del productor .....	157
Figura 86. Pago de la deuda del comercializador e industria procesadora.....	157
Figura 87. Simulación producto fresco.....	160

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los enfoques con las referencias. ....	28
Tabla 2. Cadenas productivas según su potencial de inserción en los mercados de enlace con la agroindustria. ....	33
Tabla 3. Problemas en el funcionamiento de las cadenas productivas.....	34
Tabla 4. Problemas en el funcionamiento de los eslabones de las cadenas productivas agrícolas. ....	34
Tabla 5. Resumen de las variables del modelo. ....	56
Tabla 6. Directrices para el productor. ....	59
Tabla 7. Directrices para la asistencia técnica. ....	60
Tabla 8. Parámetros técnicos. ....	62
Tabla 9. Ejemplo de la creación de los conjuntos difusos de los parámetros técnicos. ....	62
Tabla 10. Directrices para los insumos agrícolas.....	63
Tabla 11. Directrices el comercializador .....	65
Tabla 12. Directrices del proceso industrial. ....	66
Tabla 13. Directrices el financiamiento e inversión.....	68
Tabla 14. Directrices el transporte .....	68
Tabla 15. Significados de la palabra cacao. ....	69
Tabla 16. Actividades fundamentales del productor de cacao siguiendo las directrices propuestas.....	72
Tabla 17. Etapas del beneficio del fruto.....	73
Tabla 18. Actividades fundamentales de la asistencia técnica para el cultivo de cacao siguiendo las directrices propuestas. ....	75
Tabla 19. Parámetros técnicos del cultivo de cacao. ....	76
Tabla 20. Actividades fundamentales de los proveedores de insumos siguiendo las directrices propuestas.....	77
Tabla 21. Actividades fundamentales del financiamiento siguiendo las directrices propuestas. ....	77
Tabla 22. Actividades fundamentales del transporte siguiendo las directrices propuestas. ....	78
Tabla 23. Destino del cacao en grano. ....	78
Tabla 24. Actividades fundamentales del comercializador siguiendo las directrices propuestas.....	79
Tabla 25. Actividades fundamentales del financiamiento siguiendo las directrices propuestas. ....	80

Tabla 26. Actividades fundamentales del transporte siguiendo las directrices propuestas.....	80
Tabla 27. Actividades fundamentales del proceso industrial siguiendo las directrices propuestas.....	83
Tabla 28. Actividades fundamentales del financiamiento siguiendo las directrices propuestas.....	84
Tabla 29. Actividades fundamentales del transporte siguiendo las directrices propuestas.....	84
Tabla 30. Comportamientos del eslabón de producción .....	85
Tabla 31. Comportamientos del eslabón de comercialización .....	86
Tabla 32. Comportamientos del eslabón de proceso industrial.....	87
Tabla 33. Pruebas para la evaluación de modelos dinámicos. ....	91
Tabla 34. Actividades propuestas como apoyo a la formación de cadenas productivas. ....	94
Tabla 35. Actividades propuestas como apoyo a la creación de cadenas específicas y toma de decisiones. ....	95
Tabla 36. Relación de la revisión de la literatura. ....	119
Tabla 37. Especies de frutales por categoría.....	129
Tabla 38. Niveles seleccionados para la evaluación de la estructura .....	155
Tabla 39. Evaluación de parámetros del prototipo del eslabón de producción. ...	158
Tabla 40. Escenarios definidos para la producción de productos frescos .....	161
Tabla 41. Simulación del producto fresco – comportamiento anómalo.....	162
Tabla 42. Ecuaciones del eslabón de producción.....	163
Tabla 43. Ecuaciones de los FIS del eslabón de producción.....	170

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Revisión De La Literatura .....	119
Anexo B. Clasificación De Los Productos Agrícolas .....	129
Anexo C. Agro – Estructura .....	133
Anexo D. Pruebas De Evaluación Y Validación Del Modelo De La Cadena Productiva Del Cacao .....	155
Anexo E. Ecuaciones De La Agro – Estructura Y El Modelo De La Cadena Productiva Del Cacao .....	163
Anexo F. Actividades Propuestas Como Apoyo A La Formación De Cadenas Productivas .....	173
Anexo G. Actividades Propuestas Como Apoyo A La Creación De Cadenas Específicas Y Toma De Decisiones .....	178

## RESUMEN

TITULO	Modelo general de la Estructura de las Cadenas Agrícolas con Dinámica de Sistemas*
AUTOR	Natalia Martínez Rojas**
PALABRAS CLAVE	Dinámica de Sistemas, Cadenas Productivas, Agricultura

### DESCRIPCIÓN

La investigación muestra el papel de la Dinámica de Sistemas (DS) en el estudio del fenómeno de las cadenas productivas agrícolas; para esto se aprovecha que los cimientos de la DS son precisamente la realimentación y los retardos en la transmisión de información.

Las cadenas productivas se subdividen en eslabones, los cuales comprenden conjuntos de empresas con funciones específicas dentro del proceso productivo. Para la estructura propuesta en esta investigación sólo se contemplan los eslabones que pertenecen a la estructura general, en donde se encuentran los eslabones de producción, comercialización y proceso industrial.

La estructura propuesta de un sistema agrícola es un modelo complejo que requiere de conocimientos tanto del sector agrícola como de la DS, adicionalmente en el modelo se integra la lógica difusa con el fin de apoyar la toma de decisiones de los agricultores. Con el modelo, el productor puede simular y experimentar de forma iterativa para evaluar posibles escenarios que le permitan tomar acciones correctivas antes de realizar la instalación de determinado cultivo.

La *Agro – Estructura* y las directrices permiten a modeladores y expertos hacer modelos de cadenas productivas agrícolas específicas y pretende facilitar el aprendizaje del proceso de los sistemas productivos, en primer lugar, que sirva de apoyo a los agricultores en la comprensión de éste, y en segundo lugar que brinde conocimientos en tópicos de interés para la comunidad productora, permitiendo el mejoramiento en cada una de las etapas de la cadena.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.  
Director: Magister Hugo Hernando Andrade Sosa

## ABSTRACT

TITLE	General model of the Structure of Agricultural Chains with System Dynamics*
AUTHOR	Natalia Martínez Rojas**
KEYWORDS	System Dynamics, Productive Chains, Agriculture

## DESCRIPTION

Research shows the role of System Dynamics (SD) in the study of the phenomenon of agricultural production chains; this is used for the foundation of the DS are precisely feedback and delays in transmission.

Production chains are subdivided into links, which comprise groups of companies with specific functions within the production process. For the structure proposed in this research only links belonging to the general structure, where are the links in production, marketing and manufacturing process are contemplated.

The proposed structure of an agricultural system is a complex model that requires knowledge of both the agricultural sector and the DS, additionally in the fuzzy logic model in order to support decision-making of farmers is integrated. With the model, the producer can simulate and experiment iteratively to evaluate possible scenarios that allow you to take corrective action before installing certain crop.

The Agro - Structure and guidelines allow modelers and experts to model specific agricultural production chains and aims to facilitate the learning process of production systems in the first place that will support farmers in understanding it, and secondly place to provide knowledge on topics of interest to the producer community, allowing improvement in each of the stages of the chain.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.  
Director: Magister Hugo Hernando Andrade Sosa

## INTRODUCCIÓN

El mundo actual es cada vez más complejo y resulta cada vez más difícil a la ciencia tradicional inferir sobre el comportamiento de los fenómenos, surgiendo así la necesidad de crear nuevas herramientas que permitan comprender e intervenir los sistemas complejos de una manera eficaz [1].

Colombia es una región con características propias para ser una potencia en la producción y comercialización de productos del sector agrícola, ya que cuenta con un potencial de 10 millones de hectáreas, según las estimaciones de gremios de la producción agropecuaria y del Gobierno Nacional [2] las cuales son aptas para ser explotadas. El sector agropecuario y agroforestal representan uno de los sectores de mayor importancia en la economía colombiana [3], en donde se sitúa en el quinto lugar de las actividades que más contribuyen al producto interno bruto (PIB) con una participación del 12% [4].

Aunque el análisis de cadenas productivas no es novedoso y se poseen experiencias en varias cadenas de alto impacto económico y social, existen cadenas con un alto grado de importancia para el desarrollo del país que no se han vinculado al análisis [3] y estudios futuros como forma de planeación y definición de acciones, para el mejoramiento de su desempeño y competitividad con una perspectiva a largo plazo.

El presente documento recopila los resultados obtenidos en el estudio de las cadenas productivas. El objetivo es la definición de una aproximación sistémica de la estructura básica de las cadenas productivas agrícolas con Dinámica de Sistemas (Agro – Estructura) y las directrices para la creación de cadenas productivas agrícolas específicas, tal que, facilite el aprendizaje de las cadenas productivas y mejore la competitividad de la cadena. Lo anterior se desarrolló con la construcción de modelos de cobertura y complejidad creciente.

El documento aborda la metodología que permite la caracterización de las cadenas productivas agrícolas, mediante la *Agro – Estructura* realizada con Dinámica de Sistemas, analizando los actores que intervienen dentro de cada eslabón y las actividades que estos realizan. La dinámica tecnológica y comercial que experimentan las cadenas productivas establece la necesidad de vincular mecanismos de soporte a la toma de decisiones estratégicas, tanto a los actores de la cadena como a las entidades de apoyo y fomento, que a partir del pasado, el

presente y el futuro permitan la definición de acciones y bases de trabajo para el adelanto de la investigación y desarrollo tecnológico como soporte al mejoramiento de la competitividad de la cadena en el corto, mediano y largo plazo.

La iniciativa de realizar este proyecto nació del deseo de darle continuidad a la labor investigativa del grupo Simón en la aplicación de la Dinámica de Sistemas al modelamiento y la simulación del sector agroindustrial.

El documento se dividió en capítulos los cuales, permitirán al lector conocer sobre las cadenas productivas agrícolas y la relación con Dinámica de Sistemas; posteriormente se podrán construir modelos de cadenas productivas específicas tomando como base la estructura creada y las directrices propuestas. Estos modelos de cadenas productivas ayudaran al usuario en la comprensión del fenómeno de las cadenas productivas, guiándolo en la reflexión de tal forma que pueda proponer estrategias para mejorar la dinámica que se presenta en la cadena.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El enfoque de cadenas productivas o análisis sub – sectorial permite abordar problemas comunes en muchas regiones, tales como: la desarticulación de las cadenas productivas, tendencia hacia la individualidad y no hacia la competitividad sectorial y la poca o nula coordinación y enfoque parcial de los servicios de apoyo [5]. Así mismo, el enfoque de cadena productiva permite ver la totalidad de la cadena desde la provisión de insumos y la unidad productiva hasta el mercadeo del producto final, pasando por la etapa de manejo pos – cosecha y procesamiento [5]. En este contexto, para abordar el problema se hace necesario inicialmente definir algunos conceptos clave como: ¿Qué es una cadena productiva? ¿Cuáles son los principales problemas de las cadenas productivas? ¿Por qué y para que analizar y estudiar las cadenas productivas?

### 1.1.1 Definición del concepto de cadena productiva

La ley 811 de 2003 [6], define las cadenas productivas como el conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario<sup>2</sup>, hasta su comercialización final.

La FAO<sup>3</sup> define las cadenas productivas como un sistema constituido por actores interrelacionados y por una sucesión de operaciones de producción, transformación y comercialización de un producto o grupo de productos en un entorno determinado.

Por otra parte, “se entiende la cadena productiva como un proceso sistémico en el que los actores de una actividad económica interactúan desde el sector primario hasta el consumidor final” [7].

---

<sup>2</sup> Es la parte del sector primario compuesta por el sector agrícola y el sector ganadero o pecuario.

<sup>3</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

### 1.1.2 Estructura de las cadenas productivas

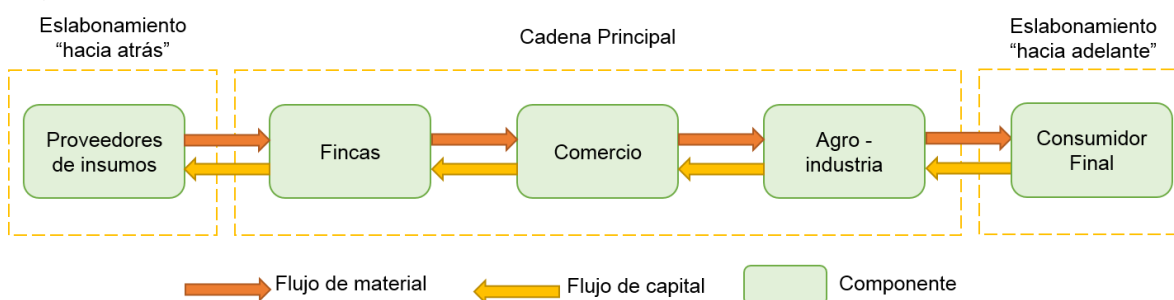
En la Figura 1 se observa la estructura general de las cadenas productivas, estas se pueden analizar desde dos perspectivas: primero, desde la creación de valor de un producto y segundo, desde los flujos de capital efectuados.

Figura 1. Estructura de las cadenas productivas.



Las cadenas productivas se subdividen en eslabones, los cuales comprenden conjuntos de empresas con funciones específicas dentro del proceso productivo. Los eslabones son la unidad básica de análisis de las cadenas productivas, y dentro de una cadena productiva interactúan entre sí; estas relaciones pueden ser según Hirschman (1958) enlaces o encadenamiento de eslabones, los cuales pueden ser “eslabonamiento hacia atrás o hacia adelante”. Teniendo en cuenta esto, las cadenas productivas se pueden representar como lo muestra la Figura 2. Para Hirschman los eslabonamientos hacia atrás están representados por las decisiones de inversión y cooperación orientadas a fortalecer la producción de materias primas y bienes de capital necesarios para la elaboración de productos terminados; mientras que los eslabonamientos hacia adelante surgen de la necesidad de los empresarios por la creación de diversificación de nuevos mercados para la comercialización de los productos existentes [8].

Figura 2. Componentes de las cadenas productivas.



### **1.1.3 ¿Por qué analizar las cadenas productivas?**

El enfoque de cadena productiva permite comprender los problemas como la desarticulación [9] [10] [11], relación entre los actores que la componen [10] [11] [12], tendencia hacia la individualidad [13] [14].

Así mismo, el enfoque de cadena productiva permite ver la totalidad de la cadena desde el eslabón de insumos y la unidad productiva hasta el consumidor, pasando por la etapa de producción, comercialización y proceso industrial [5].

Las cadenas productivas reflejan la realidad de las relaciones entre actores en un sistema de producción, comercialización y acceso al mercado. En las cadenas se encuentran presentes actores realizando diferentes actividades alrededor de un producto. Estos actores se vinculan entre sí para llevar el producto de un estado a otro, desde la producción hasta el consumo. La estructura dinámica de todo este conjunto de actores, acciones, relaciones, transformaciones y productos es lo que se conoce como cadena productiva [15].

Además, el análisis de cadenas productivas permite conocer aspectos operativos tales como: descripción y análisis de los eslabonamientos, productos y las unidades productivas; descripción y análisis de los procesos y actividades; y descripción y análisis de la articulación del espacio territorial.

En este contexto, la agroindustria ya no se puede considerar separado del resto de la economía. En este enfoque nos permite dar una mirada sistémica de las actividades productivas [15].

### **1.1.4 La desarticulación entre los actores que conforman las cadenas productivas, un problema latente**

La adecuada articulación entre los diferentes actores a lo largo de la cadena puede llegar a: incrementar la competitividad en un ambiente orientado hacia el mercado y tomar decisiones apropiadas en cuanto la identificación, evaluación y desarrollo de oportunidades, mejorar el acceso a los mercados a través de una organización más adecuada y óptima de la cadena productiva, promover la innovación tecnológica mediante mayor y más equitativo acceso a la tecnología y su consecuente con las demandas del mercado y mejorar la calidad de los productos [4].

El análisis de cadenas se refiere a la identificación de los vínculos entre los procesos globales, sean estos de producción, distribución, industrialización o consumo. La cadena se refiere a la secuencia vertical de eventos que conducen a la entrega, el consumo y el mantenimiento de un bien o servicio particular [12].

Entre los puntos críticos de este sector está la falta de equilibrio de poder entre los productores y los comercializadores, con graves consecuencias sobre el precio de la materia prima. El desmesurado poder económico a un lado de la cadena es el desequilibrio en la distribución de los ingresos totales a lo largo de la misma, donde los productores solo cosechan el 5% de los ingresos frente al 40% de las multinacionales de manufactura y distribución [16].

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar una aproximación sistémica de la estructura básica de las cadenas productivas agrícolas con Dinámica de Sistemas, que facilite el modelado matemático con fines de simulación y permita evidenciar las interrelaciones existentes, ilustrando su aplicabilidad y utilidad en un caso particular.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los elementos de cada eslabón de las cadenas productivas agrícolas y como es la interacción entre ellos, de tal forma que permita establecer las variables comunes, y se pueda realizar una aproximación sistémica de la estructura básica de las cadenas productivas agrícolas con Dinámica de Sistemas.
- Diseñar directrices que orienten la construcción de modelos de simulación de cadenas productivas específicas que puedan ser aplicados por personas con conocimiento de la cadena productiva específica y de Dinámica de Sistemas.
- Mostrar la aplicabilidad de la estructura sistémica básica de las cadenas productivas agrícolas y de las directrices, en un caso de estudio y realizar

pruebas de evaluación y validación, con el fin de comprobar si cumple con los requerimientos establecidos por las cadenas productivas agrícolas para cada uno de los eslabones.

- Realizar orientaciones que permitan el uso de la estructura sistémica básica de las cadenas productivas con propósitos de aprendizaje, ilustrados en el caso de estudio.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

SIMÓN es un grupo de investigación de la Universidad Industrial de Santander adscrito a la escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la facultad de ingenierías Físico – Mecánicas, dedicado a la investigación y desarrollo en el modelado y simulación, principalmente bajo el enfoque del pensamiento sistémico.

El grupo SIMÓN de investigación asume este trabajo de investigación respaldado por la presencia del profesor Carlos Aníbal Vásquez como colaborador del grupo y por las experiencias previas en el modelado de fenómenos agroindustriales [1] [17] y en el trabajo realizado en educación y en el uso de las TIC.

#### **1.3.1 Líneas de investigación**

El grupo SIMÓN tiene las siguientes líneas de investigación declaradas:

- Aplicaciones de modelado y simulación en ciencias e ingeniería
- Informática en la educación
- Ingeniería del software en el modelado y la simulación
- Pensamiento sistémico y modelado y simulación de enfoque estructural.

Las cuales se ha aplicado en las siguientes áreas:

- Ingeniería de sistemas
- Epidemiología
- Economía
- Agroindustria
- Ingeniería ambiental

### **1.3.2 Justificación de la hipótesis de investigación**

La agricultura colombiana ha tenido un incremento no solo en los productos tradicionales de exportación como el banano sino también de nuevos exportables como palma, frutas y hortalizas. El crecimiento del mercado interno también ha contribuido a incrementar la producción en el caso del plátano, papa, frutas, entre otras; evidenciando el potencial de desarrollo al interior del país [2].

Como resultado el país ha presentado una producción agrícola creciente y diversificada. Del total de la producción durante el 2009, el 66% perteneció a cultivos permanentes mientras que el 34% restante a cultivos transitorios.

Sin embargo, solo el 3% del territorio es usado para fines agrícolas, y el potencial de expansión de tierras del país es alto, según la FAO, “Colombia se ubica en el puesto 25 entre 223 países en donde se evalúa el potencial de expansión del área agrícola sin afectar el bosque natural. Este potencial de crecimiento según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural se estima en 10 millones de hectáreas, dentro de las que se encuentran áreas no aprovechadas y otras que han sido utilizadas sin atender criterios de vocación productiva” [2].

Para aprovechar el potencial de producción se requiere mejorar los procesos de las cadenas productivas de forma que sus actores puedan comprender las relaciones entre los procesos para establecer políticas integrales que mejoren los procesos, para aumentar la producción y calidad de los productos.

Adoptar un enfoque de cadenas productivas tiene varias ventajas [13] ya que permite una visión más amplia de la cadena y de sus diferentes actores, el acceso a un información más completa que facilita la identificación de los puntos críticos que impiden el desarrollo de la cadena y, además la cadena es un escenario apropiado para la búsqueda de alianzas y sinergias entre los diferentes actores productivos ya que reúne actores con intereses comunes.

Dentro de una cadena normalmente intervienen varias organizaciones empresariales, tanto formales como informales, que son claves en llevar el producto desde la finca hasta el mercado final. Uno de los limitantes del enfoque tradicional de cadena es que este no mira con detalle a las organizaciones, su estructura, sus capacidades o las articulaciones entre si [5]. En cambio, la visión amplia de la cadena pretende abarcar no solamente la parte funcional (producción,

comercialización y proceso industrial) de la cadena sino también incluir y entender las organizaciones empresariales y servicios de apoyo conexos al sector [18].

La visión ampliada de la cadena productiva (sistémica) permitirá observar el cruce de los sistemas de producción y los actores que participan en los procesos productivos y de comercialización, que se dan a nivel horizontal y el eslabonamiento producción, transformación y distribución, que se presenta a nivel vertical en la cadena productiva. Así el enfoque incorpora todas las actividades productivas y de servicios, alrededor de una cadena productiva.

Los entornos de experimentación provistos por la simulación permiten al usuario plantear preguntas que ayudan a confrontar respuestas dadas por ellos contra comportamientos generados por estructuras simplificadas que representan, con limitaciones, la explicación que los expertos en el área han dado [19].

## 2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

La presente sección proporciona una revisión de las diferentes investigaciones enfocadas a conocer, solucionar y estudiar los problemas que se presentan en las cadenas productivas. La revisión se dividió en tres partes, primero se investigó acerca de las cadenas productivas, su definición, clasificación, se complementó con investigaciones de las instituciones gubernamentales, educativas y empresariales que trabajan en pro del sector agrícola; segundo se investigó acerca de los problemas que se presentan en su funcionamiento, y que son el foco de estudio; y tercero se investigó acerca del estudio de las cadenas productivas, las metodologías que se han utilizado y los resultados obtenidos identificando las principales variables que lo definen y como es la articulación de los actores que conforman las cadenas productivas, haciendo énfasis en la Dinámica de Sistemas como metodología de estudio.

### 2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

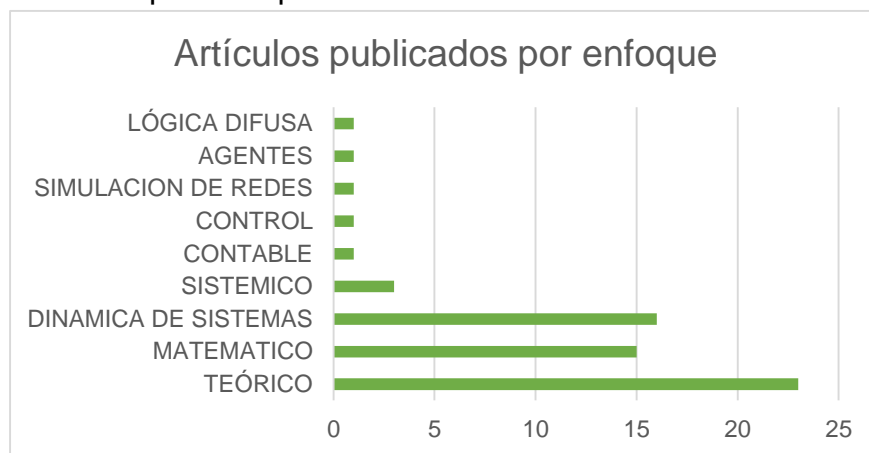
En la Figura 3, se muestran las estadísticas de la revisión bibliográfica realizada, la cual se revisó, evaluó y clasificó con el fin de facilitar la identificación de los artículos relacionados con los intereses específicos del lector, en donde se presentan las publicaciones por países en la temática de cadenas productivas.

Figura 3. Número de artículos publicados por países.



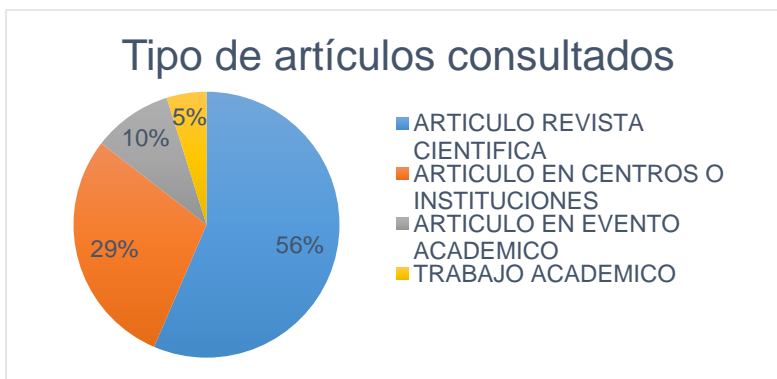
La revisión también se clasificó tomando como base el enfoque o cuerpo de conocimiento utilizado para conducir o abordar bajo un determinado marco de referencia (Figura 4). Los enfoques utilizados en los trabajos recopilados son: Dinámica de Sistemas, agentes, modelos matemáticos (econometría, programación lineal, optimización, estadística, etc.), sistémicos y teóricos.

Figura 4. Artículos publicados por enfoques.



En la Figura 5 se clasifican por tipo de documento las referencias consultadas. Esto con el propósito de conocer si los documentos recopilados fueron publicados en revistas científicas, eventos académicos, instituciones, entre otros.

Figura 5. Tipos de artículos consultados.



Finalmente, se presenta la recopilación de las 79 referencias bibliográficas consultadas. Para cada documento se muestra la referencia de los autores, el enfoque utilizado y una breve descripción de la investigación.

Tabla 1. Resumen de los enfoques con las referencias.

Enfoque	Referencias
Agentes	[20]
Matemático	[21] - [16] - [22] - [23] - [24] - [25] - [26] - [27] - [28] - [29] - [30] - [31] - [32] - [33] - [34] - [10] - [35] - [36] - [37] - [38] - [39] - [40] - [11]
Dinámica de sistemas	[41] - [42] - [43] - [44] - [45] - [46] - [47] - [48] - [49] - [50] - [51] - [52] - [53] - [54] - [55] - [56] - [57] - [58] - [59] - [60] - [61]
Sistémico	[62] - [63] - [64]
Teórico	[15] - [65] - [66] - [67] - [68] - [12] - [69] - [70] - [71] - [72] - [73] - [8] - [74] - [75] - [76] - [77] - [18] - [78] - [79] - [80] - [81] - [82] - [3] - [83] - [84] - [85]
Contable	[86]
Lógica difusa	[87] - [88]
Inteligencia artificial	[89] - [90]

Con la revisión en la literatura se observa que los trabajos sobre cadenas productivas, tienden a estudiar cadenas productivas específicas realizando el análisis y proponiendo posibles acciones para mejorar la competitividad de la cadena, esto soportado en su mayoría por modelos matemáticos.

Al igual, los trabajos con Dinámica de Sistemas también estudian, analizan y proponen modelos de cadenas productivas con problemas específicos.

A partir de los resultados de la revisión alcanzada, se puede concluir que plantear una estructura realimentada de la cadena productiva general particularmente de las agrícolas y un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas, son un aporte pertinente para mejorar la comprensión del concepto de cadena y demás conceptos asociados a cada uno de los eslabones de la estructura general.

## 2.2 CADENAS PRODUCTIVAS

Se entiende la cadena productiva como un proceso sistémico en el que los actores de una actividad económica interactúan desde el sector primario hasta el consumidor final, basados en el desarrollo de espacios de concertación entre el sector público y privado orientados a promover e impulsar el logro de mayores niveles de competitividad de dicha actividad [7].

Las cadenas productivas se subdividen en eslabones, los cuales comprenden conjuntos de empresas con funciones específicas dentro del proceso productivo [8], esta es la unidad de análisis de las cadenas productivas. Cada eslabón tiene actores, los cuales son los encargados de llevar el producto de un estado a otro.

Las cadenas productivas tienen dos enfoques: la equidad y la participación [15].

El análisis de equidad se realiza para conocer las principales inequidades que existen entre los actores presentes en la cadena. Este enfoque comprende:

- Equidad económica, para que todos los actores de la cadena reciban un beneficio económico por las labores realizadas, de tal manera que se esté garantizando su permanencia como actores.
- Equidad social, debido a que los actores de la cadena deben tener la posibilidad de optar por la alternativa de acoplamiento que satisfaga mejor sus intereses.
- Equidad de género, para que tanto mujeres como hombres puedan participar y tomar decisiones de la misma forma en la cadena.

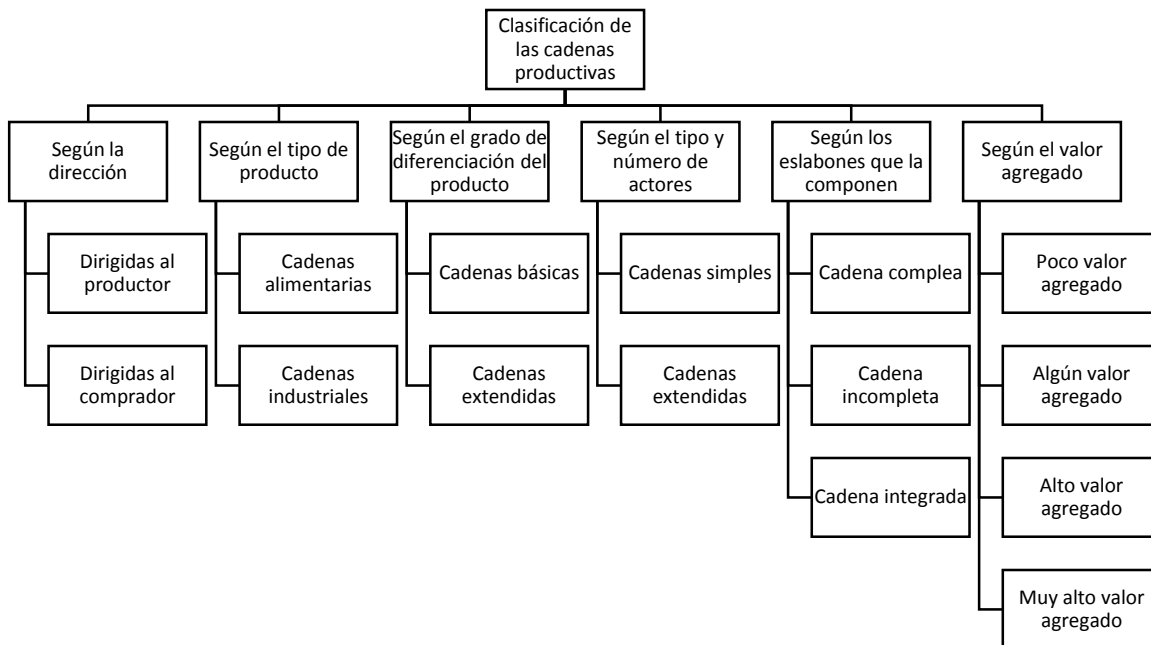
El análisis de la participación permite recoger las opiniones de los actores tal que se conozcan las respectivas visiones, necesidades e intereses de los mismos. Así se genera información acerca de las actividades de la cadena. Al incorporar el enfoque de la participación permitiría:

- Mejorar el conocimiento acerca de la cadena, de tal manera que se permita romper con los prejuicios establecidos por los actores de la cadena.
- Promover sinergia entre los actores directos e indirectos de la cadena, de tal forma que todos trabajen en la misma dirección para conseguir un objetivo.

### **2.2.1 Clasificación de las Cadenas Productivas**

Las diversas formas de ver una cadena productiva obedecen, en la mayoría de las veces al contexto en que se aplican y los sectores económicos que se analizan.

Figura 6. Clasificación de las cadenas productivas.



### 2.2.1.1 Según la dirección

Se dividen en dos tipos de cadenas, las dirigidas al productor y las dirigidas al comprador [71]:

- Dirigidas al productor: son aquellas en las que los grandes fabricantes, comúnmente transnacionales, juegan los papeles centrales en la coordinación de las redes de producción (incluyendo sus vínculos hacia atrás y hacia adelante).
- Dirigidas al comprador: son aquellas industrias en las que los grandes detallistas, los comerciantes y fabricantes de marca juegan papeles de pivotes en el establecimiento de redes de producción descentralizada en una variedad de países exportadores, comúnmente, países localizados en el tercer mundo.

### 2.2.1.2 Según el tipo de producto

Dependiendo del tipo de producto, su utilización final, el grado de transformación o las características de la demanda [85], las agro – cadenas se clasifican en:

- Agro – cadenas alimentarias: las relacionadas únicamente con productos frescos.

- Agro – cadenas industriales: las relacionadas con productos que reciben algún grado de transformación y productos no alimentarios tales como fibras, textiles y cueros.

### **2.2.1.3 Según el grado de diferenciación del producto**

Dependiendo del grado de diferenciación del producto [85], las agro – cadenas se clasifican en:

- Agro – cadenas básicas: giran en torno a productos tales como granos, tubérculos y cereales. Las agro cadenas básicas se caracterizan por una baja elasticidad de la demanda, un bajo nivel de transformación y un comercio dominado por un número reducido de actores. Ejemplos de este tipo de agro – cadenas son: cadenas de arroz, banano, trigo y soya. Generalmente estas cadenas son de *commodities*.
- Agro – cadenas diferenciadas: se relacionan con productos que poseen características especiales que los diferencian de las *commodities* (productos básicos). Este tipo de cadenas requiere de alta coordinación entre productores, procesadores y distribuidores. Además, se puede observar la existencia de algún grado de integración vertical entre eslabones. Ejemplos de este tipo de cadena son las cadenas de vino y de productos orgánicos.

### **2.2.1.4 Según tipo y número de actores**

Dependiendo del tipo y número de actores que participan [85], las agro – cadenas se clasifican en:

- Cadenas simples: incluyen únicamente a aquellos actores y eslabones directamente relacionados con el producto en las diferentes fases de producción, comercialización y mercadeo.
- Cadenas extendidas: incluyen además de la cadena principal, otras cadenas que en algún momento pueden tocar o entrelazarse con esta y que por lo general aportan insumos importantes para la obtención del producto final.

### **2.2.1.5 Según los eslabones que la componen**

Las cadenas productivas, se clasifican de acuerdo a los eslabones que la componen [68], de esta forma las cadenas pueden ser:

- Cadena completa: es una cadena productiva compuesta por todos los eslabones que la componen, es decir, además de tener los eslabones presentes en la cadena principal, también tiene los que están presentes en los eslabonamientos “hacia delante” y “hacia atrás”.
- Cadena incompleta: es una cadena productiva en la cual falta uno o más de los eslabones que la componen, es decir, puede que solo este presente la cadena principal o incluso que dentro de la cadena principal falte uno o más de los eslabones.
- Cadena integrada: es una cadena productiva cuyo producto se constituye en insumo para otra cadena (Ejemplo: cadena integrada el maíz y pollo o maíz y cerdo). Este tipo de cadenas une dos sectores de producción, en este ejemplo, sería el sector agrícola unido al sector pecuario.

#### **2.2.1.6 Según el valor agregado del producto**

Los productos agrícolas provenientes de cadenas productivas se pueden clasificar de acuerdo al valor agregado como [91]:

- Producción con poco valor agregado: son los bienes primarios, sin cambios entre la producción y la venta al consumidor final (arroz y trigo).
- Productos con algún valor agregado: son los bienes primarios que tienen algún cambio entre la producción y el procesamiento, y sus características de uso para el consumo final cambian (frutas y vegetales).
- Productos con alto valor agregado: transformación de bienes primarios en productos semi – procesados para el consumo final (aceites y harinas).
- Productos con muy alto valor agregado: modificación de los bienes primarios y bienes semi – procesados en bienes listos para el consumo final (vino, mermeladas y cigarrillos).

#### **2.2.2 Productos Agrícolas**

Los productos agrícolas son cada uno de los bienes que se obtienen de la actividad conocida como agricultura. La palabra agricultura tiene sus orígenes en el latín en donde *agri* significa campo y *cultura* significa cultivo o crianza; por lo tanto, la agricultura se puede definir como “conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra”.

“La agricultura es una de las principales fuentes de ingresos de los pequeños agricultores. En el mundo, se estima que brinda oportunidades laborales alrededor de 2.5 millones de personas y aporta cerca del 6% de la economía mundial. Para 2030, se espera que el 60% de la población mundial vivirá en áreas rurales, por tanto fortalecer la agricultura nunca antes había sido más crítico para garantizar la seguridad alimentaria, entre otros temas claves” [18].

### 2.2.3 Cadenas productivas agrícolas

A continuación, se presentan las cadenas productivas clasificadas según su potencial de inserción en mercados de enlace con la agroindustria. Únicamente se caracterizan las cadenas productivas agrícolas [92].

Tabla 2. Cadenas productivas según su potencial de inserción en los mercados de enlace con la agroindustria.

Cadenas		Cantidad
Cadenas con alto potencial exportador	Cadena del cacao – confitería – chocolatería	8
	Cadena del caucho y su industria	
	Cadena de oleaginosas	
	Cadena forestal – madera	
	Cadena de algodón, textil y confecciones	
	Cadena del tabaco	
	Cadena de frutales y hortalizas	
	Cadena de plantas medicinales, hierbas aromáticas y medicamentos	
Cadenas vinculadas a la agro – industria alimentaria	Cadena de arroz y su industria	6
	Cadena productiva del maíz amarillo, sorgo, yuca, alimentos balanceados	
	Cadena de la caña panelera – panela	
	Cadena de la papa y su industria	
	Cadena de los cítricos y su industria	
	Cadena del plátano y su industria	
Cadenas vinculadas a la agro – industria exportadora tradicional	Cadena de la caña de azúcar – azúcar – confitería	3
	Cadena del café – industria procesadora	
	Cadena del banano	
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>

## 2.3 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS AGRÍCOLAS

La revisión en la literatura permitió identificar los problemas más comunes que presentan las cadenas productivas en su funcionamiento.

Tabla 3. Problemas en el funcionamiento de las cadenas productivas.

Problemas	Fuentes
Descentralización – se ve a los otros actores como contraparte y no como parte de una cadena.	[13] [71] [85]
No hay comunicación – No hay sentido de pertenencia y concepción global del negocio.	[71] [85]
El fracaso de un eslabón produce el fracaso en cascada de los demás eslabones de la cadena.	[71]
Equilibrio de poder entre los actores.	[16]

Por otra parte, los problemas que se presentan en los eslabones de la cadena productiva se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Problemas en el funcionamiento de los eslabones de las cadenas productivas agrícolas.

Eslabón	Problemas	Fuente
Eslabón de producción	Deficiente calidad del material de siembra.	[5] [71] [68] [91] [92]
	Problemas ocasionados por plagas – Las labores culturales que se realizan son precarias	[5] [71] [68] [91] [93]
	Las practicas realizadas por los agricultores no son las adecuadas para generar los mejores rendimientos – Perdidas pos – cosecha	[71] [68] [93] [74]
	No se realiza el estudio de las condiciones agroecológicas necesarias para el cultivo.	[71] [68]
	Deficiencia en la formación del capital humano – Uso de tecnología	[71] [68] [91] [92]
	La densidad de siembra es baja en comparación con la densidad ideal.	[68]
Eslabón de comercialización	Envejecimiento de los cultivos – Falta de renovación	[68]
	El precio de los productos agrícolas tiene demasiadas fluctuaciones	[68]
	Ausencia de una definición clara de las distintas cualidades de los productos agrícolas.	[85]
Eslabón de proceso industrial	Solo hay exportaciones cuando los precios son mayores al precio interno y existen excedentes del producto agrícola.	[68]
	Investigación para la creación de productos frescos, con bajos niveles aditivos, sal, azúcar y grasas saturadas.	[71]

## **2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.4.1 Las cadenas productivas y la Dinámica de Sistemas**

El origen de la Dinámica de Sistemas se encuentra ligado al desarrollo de una aplicación práctica para la compañía Sprague Electric. Esta compañía se dedicaba a la fabricación de componentes electrónicos de alta precisión, contaba con pocos clientes muy fuertes, por la naturaleza del mercado, se esperaba que el flujo de pedidos se mantuviese aproximadamente constante. Sin embargo, había desconcertantes oscilaciones en el flujo de los pedidos y, en consecuencia, oscilaciones en los inventarios de materias primas y productos terminados [94].

El encargado del estudio de este problema fue Jay Forrester al frente de un equipo del MIT, en donde fracasaron los intentos de resolverlo mediante técnicas clásicas de investigación operativa y del método de Monte Carlo.

Finalmente, Forrester observó que las estructuras de realimentación y la combinación de retardos en la transmisión de la información, tenían en gran medida que ver con las oscilaciones de los comportamientos.

### **2.4.2 El juego de la cerveza y las cadenas productivas**

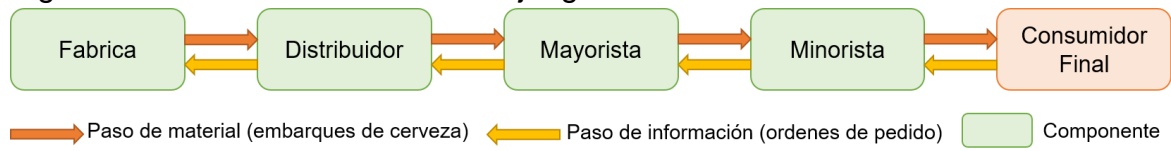
El juego de la cerveza se creó alrededor de los años 60 en la Escuela de Administración Sloan del MIT, sin embargo, su difusión se debe principalmente a la mención que hace Peter Senge en el libro *La Quinta Disciplina* [95].

El juego es un instrumento didáctico diseñado para revelar cuán complejo puede resultar para los seres humanos comprender el dinamismo de los sistemas que nos rodean, debido principalmente a los problemas en nuestros modos básicos de pensamiento e interacción más que a otros aspectos externos [96]. Como el juego es una “replica de laboratorio” de un ámbito real, y no la realidad misma, se pueden aislar los problemas y sus causas con mayor nitidez que en las organizaciones reales [97].

El juego recrea una cadena de suministro de cerveza donde se distinguen cuatro posiciones: el minorista, el mayorista, el distribuidor y la fábrica. Cada una de estas posiciones tiene un inventario de cerveza, hace pedidos y despacha embarques de

cerveza al sector superior e inferior de la cadena, respectivamente, como se observa en la figura. Las ordenes de pedido son recibidas por el proveedor después de dos semanas de demora en el correo y los despachos de cerveza llegan a quien los solicito después de dos semanas de haber sido embarcados por el proveedor. Los jugadores de cada posición están en absoluta libertad para tomar cualquier decisión que consideren prudente. La única meta es administrar su puesto de tal modo de maximizar las ganancias.

Figura 7. Cadena de suministro del juego de la cerveza.



Fuente: Adaptación [96]

### 3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El objetivo principal del presente trabajo es el diseño y construcción de una aproximación sistémica de la estructura básica de las cadenas productivas agrícolas (*Agro-Estructura*) con el fin de poder analizar las relaciones entre los actores que conforman las cadenas productivas.

Como se planteó en el estado del arte, a pesar de los múltiples estudios e investigaciones acerca de las cadenas productivas, no hay una definición unificada para realizar un modelo de una cadena específica.

#### 3.1 MÉTODO DE ANÁLISIS

La *Agro-Estructura* desarrollada en esta investigación emplea la metodología de Dinámica de Sistemas. El problema de investigación, es un problema que requiere un análisis sistémico, en donde la Dinámica de Sistemas es la metodología más acorde por las siguientes razones principalmente:

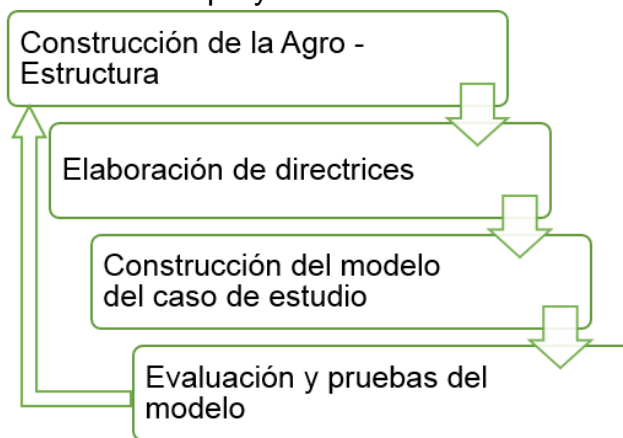
- 1 **Se plantea que no son las razones exógenas las causas del problema.** Las investigaciones plantean que el crecimiento de la demanda y las importaciones de productos agrícolas no son las causas de la desarticulaciones de los actores que intervienen en la cadena [9][10] [11].
- 2 **El problema depende de la estructura del problema.** Se plantea desde la presente investigación que el problema depende tanto del funcionamiento del sistema al interior de cada eslabón, como del sistema de la cadena, teniendo en cuenta las interrelaciones y realimentaciones que hay entre los eslabones y otros actores auxiliares.
- 3 **Hay retardos.** Dentro del proceso de las cadenas productivas, se presentan retardos los cuales son inherentes al proceso de producción. En el eslabón de producción la presencia de plagas y enfermedades, factores climáticos, material genético, entre otros. En el eslabón de comercialización se encuentra el tiempo necesario para el transporte de los productos los cuales pueden afectarse por el estado de las vías y finalmente en el eslabón de proceso industrial el cual depende directamente de los insumos.
- 4 **Se precisan ciclos de realimentaciones (ciclos de refuerzo y balance) en el sistema.** Evaluando las cadenas productivas como un sistema, se puede contrastar diferentes ejemplos de realimentación. Un ejemplo de realimentación

presente en las cadenas productivas es que entre dos eslabones se presenta dos relaciones una de flujo de material y otra en sentido contrario de flujo de capital.

### 3.2 ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto, se orientara siguiendo una serie de etapas, en donde primero se construye la *Agro-Estructura* la cual representa a las cadenas productivas agrícolas, se elaboran las directrices para la construcción de modelos específicos, y se procede a realizar el modelo del caso de estudio, siguiendo las directrices y con el apoyo de la *Agro-Estructura*. La construcción del modelo del caso de estudio, permitirá evaluar la *Agro-Estructura* y las orientaciones que ofrecen las directrices, de tal forma que permita que se mejoren, hasta obtener cierto nivel de satisfacción. La etapa final es la de evaluación y pruebas al modelo del caso de estudio, en donde, se verifica y valida que el modelo cumpla con el propósito, para el cual se realiza.

Figura 8. Etapas el desarrollo del proyecto.



#### 3.2.1 Construcción de la *Agro-Estructura*

La realización de la *Agro-Estructura*, utilizara la metodología de modelado por prototipos de cobertura y complejidad creciente, de forma que estos modelos permitirán ir representando el fenómeno en términos de los elementos fundamentales, hasta llegar a un modelo útil, el cual represente la estructura de las cadenas productivas agrícolas. La Figura 9 presenta el ciclo de construcción de la

Agro-Estructura, el ciclo inicia con el “Conjunto de situaciones”, en donde se encuentran las cadenas productivas agrícolas, teniendo esta información se procede a construir un primer prototipo de modelo, este se simula y se evalúa. Este proceso se realiza de forma iterativa, hasta obtener una representación satisfactoria.

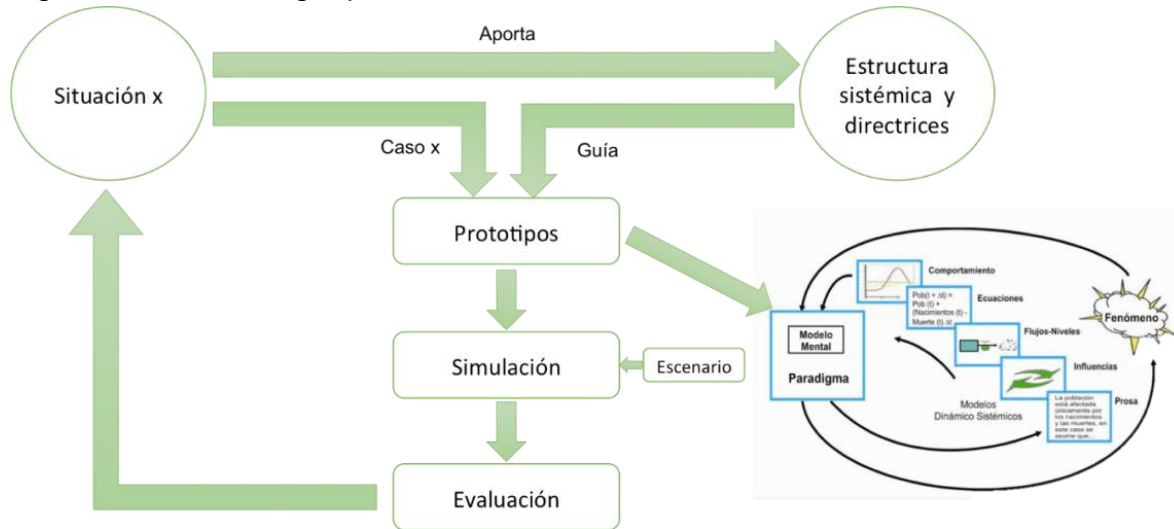
Figura 9. Ciclo de construcción de la estructura sistémica básica.



### 3.2.2 Construcción del modelo del caso de estudio

Teniendo la *Agro-Estructura* que representa a las cadenas productivas agrícolas y el conjunto de orientaciones, se procederá a realizar el caso de estudio, la Figura 10, presenta como se realizaría este proceso, el cual es similar al descrito anteriormente. A medida que se avanza en la construcción del caso de estudio, se aporta al mejoramiento de las directrices y de la estructura sistémica.

Figura 10. Metodología para la construcción del modelo del caso de estudio.



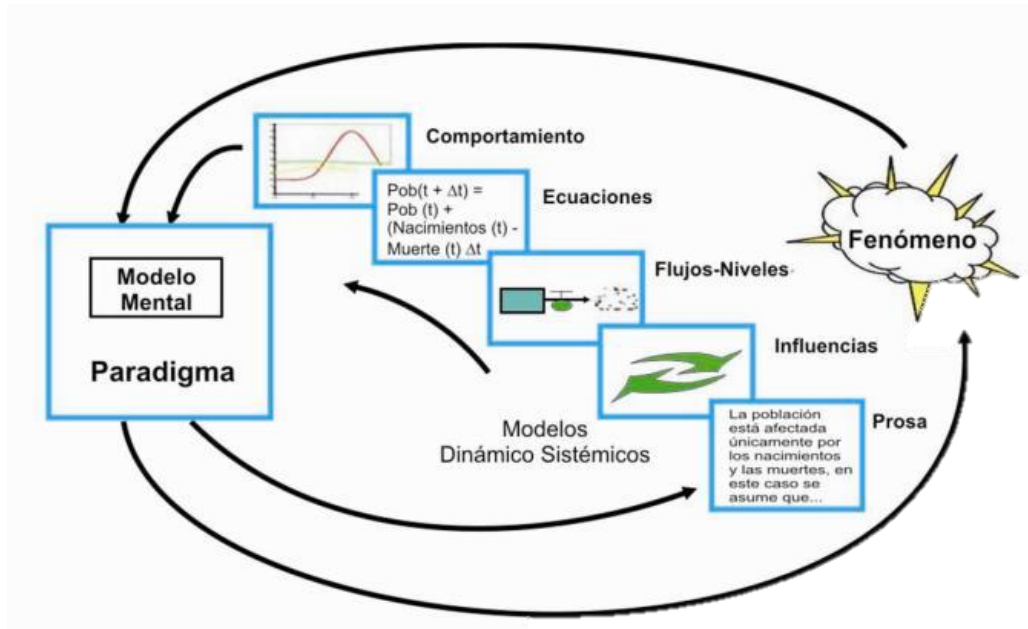
#### 4.1.1.1. Dinámica de Sistemas

Los modelos con Dinámica de Sistemas representan los flujos de material (procesos) y de información a través de los cuales se conectan los estados del sistema con los puntos de decisión, y también con las consecuencias de esas decisiones, mostrando ciclos de realimentación de refuerzo o balance. Dado que estos ciclos incluyen, frecuentemente, retardos y relaciones no lineales, se hace necesario el uso de la simulación para obtener las consecuencias temporales asociadas a estas estructuras causales complejas, de forma que los comportamientos contra-intuitivos puedan ser analizados de forma rigurosa para entender a qué se deben. Estos modelos permiten también el diseño de nuevas políticas para el sistema, así como avanzar en la comprensión de sus posibles consecuencias [98].

En la literatura se pueden encontrar muchas clasificaciones de las etapas en las que se puede dividir un estudio de Dinámica de Sistemas: Forrester [99], Schaffernicht [100], Aracil [94]; Coyle [101]; Andrade [102], entre otras.

Basándose en dichas clasificaciones y con la intención de describir cual fue la guía a seguir en el presente estudio, se consideró un estudio de Dinámica de Sistemas siguiendo lo propuesto por Andrade, la Figura 11 muestra el esquema, resaltando que el proceso completo debe ser considerado iterativo, en el sentido en que las distintas etapas pueden ser revisitadas tantas veces como se considere necesario.

Figura 11. El modelado con Dinámica de Sistemas.



Fuente: [102]

La Dinámica de Sistemas proporciona un sistema de lenguajes con los cuales es posible expresar la causalidad. Los modelos Dinámico-Sistémicos son escritos en esos lenguajes [102]. La Figura 11 presenta los diferentes tipos de lenguajes:

1. El *lenguaje en prosa*, es el usado cotidianamente, es posible hablar en términos de las causalidades y como estas condicionan el comportamiento.
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 [102].
3. Las *ecuaciones* pueden representar la estructura causal como un sistema de ecuaciones diferenciales. Con la representación matemática del sistema y haciendo uso de herramientas especializadas, se puede simular en el computador, con amplias facilidades para la interacción en un lenguaje visual de definición de escenarios de simulación y presentación de *comportamientos* [102].

Cada uno de ellos satisface de manera particular los requerimientos de un modelo Dinámico-Sistémico.

### **3.2.3 Validación del modelo**

La validación consiste en cotejar la adecuación entre el comportamiento del modelo simulado y los requerimientos previstos por los usuarios finales. En otras palabras, comparar la ejecución del modelo programado con lo esperado, es decir, si se ha construido el modelo correcto. La validación engloba a la verificación. Un modelo no puede ser válido si no ha sido verificado. Sin embargo, un modelo verificado puede ser inválido si representa un propósito erróneo, aunque sea sintácticamente correcto. No existe un método universal para validar los modelos de simulación dinámica, porque cada modelo se valida con respecto a sus objetivos [14]. Además, se ha de tener presente que en un modelo se pueden excluir aspectos del sistema real que se considera que no son importantes para responder a las cuestiones planteadas sobre el sistema. No se puede perseguir que el modelo sea perfecto; pues el modelo perfecto es el propio sistema real. Por eso mismo, se habla de la confianza que pueda generar el modelo. Por lo tanto, el objetivo de la validación es aumentar la confianza en el modelo y sus resultados [14].

Desde 1961 se ha ido discutiendo los diferentes métodos y enfoques para validar un modelo, dichas discusiones contemplan los siguientes criterios: Jay Forrester opina que la defensa de un modelo debe basarse sobre la defensa de sus detalles. El comportamiento de los gráficos de las variables seleccionadas no es garantía de validez dado que “puede existir una gran variedad de componentes inválidos (ecuaciones) que aparentemente muestren el mismo comportamiento del sistema”. Para ello, defiende en que las ecuaciones deben ser dimensionalmente consistentes [14].

Peter Senge propone pruebas objetivas de validez, hace hincapié en que, un modelo es construido para un propósito y su validez está determinada fundamentalmente por el grado en que se cumple ese propósito [14].

Jhon Sterman convencido de que los modeladores de Dinámica de Sistemas deben emplear medidas formales para evaluar el ajuste del modelo al comportamiento histórico, y validar el mismo frente al propósito que fue construido, propone un conjunto simple de estadísticas que permiten realizar un análisis estadístico entre los datos suministrados por el modelo y los datos reales [98].

Geoff Coyle asocia la validez de un modelo a que esté “bien adaptado a su propósito y correctamente construido”. Su filosofía principal es que “el modelo debe hacer las mismas cosas que el sistema real y por las mismas razones” [14].

El proceso de validación es un proceso incremental, en el que en una primera fase se debe validar la arquitectura del modelo. Esto significa analizar tanto la estructura como el comportamiento, o funcionamiento, del mismo. Para lo cual se debe llevar a cabo la verificación estructural y, a continuación, la validación, propiamente dicha, del comportamiento. Con respecto a la validación, en el presente trabajo no solo se contempla evaluar la reproducción del comportamiento previsto por el modelo, propuesto por Forrester y Senge, sino que, además, se realizaron pruebas estadísticas que evalúan el ajuste del modelo al comportamiento histórico, propuestas por Sterman.

## 4 HIPÓTESIS DINÁMICA Y CONSTRUCCIÓN DE LA AGRO-ESTRUCTURA

### 4.1 HIPÓTESIS DINÁMICA

La fase descriptiva permitió conceptualizar la estructura de las cadenas productivas como sistema complejo y dinámico. En la definición de la hipótesis de investigación, mientras se siga analizando con un enfoque simple y lineal, y desde una relación directa y unidireccional entre las variables asociadas las posibilidades de superarlo o mitigarlo serán limitadas. La propuesta es abordarlo desde su naturaleza compleja, además de reconocer la variedad de variables, hay que entender sus múltiples formas de interacción y sus efectos en el tiempo.

La Figura 12, esquematiza a las cadenas productivas en su forma general. Este es el punto de partida del trabajo de investigación.

Figura 12. Diagrama de Influencias de la Agro – Estructura



*El proceso empieza en el eslabón de producción donde inicia el cultivo, es el eslabón más importante de la cadena, ya que es allí donde se escoge la variedad de la semilla a utilizar, el uso de plaguicidas, y las labores de cosechas y pos cosecha; estas actividades son prioritarias en la cadena, ya que influyen directamente en el producto final, además de este depende que los otros eslabones se puedan desarrollar. Posteriormente, el producto es transportado y comercializado; los comercializadores son los encargados de comprar la producción teniendo en cuenta el precio determinado por la industria o el mercado y de distribuir el producto entre las centrales de abastos, la industria y la exportación. Finalmente, un porcentaje del producto llega a la industria y es transformado en nuevos productos que después serán presentados a los consumidores.*

Cada eslabón tiene procesos que demuestran la complejidad de su estructura, ya que dentro de cada uno se encuentran retardos y ciclos de realimentación, los cuales hacen que el comportamiento no sea de fácil pronóstico, debido al número de variables que se deben considerar.

Iniciará con el eslabón de producción y con las labores que se realizan al interior, posteriormente se continuará con el eslabón de comercialización en donde se encuentra el acopio de los productos agrícolas y se procede a la venta a la industria procesadora nacional o extranjera; finalmente en el eslabón de proceso industrial, se presentará el proceso que se realiza a algunos de los productos agrícolas, antes de ser entregados a los consumidores finales.

## **4.2 FORMULACIÓN DE LA AGRO – ESTRUCTURA**

Los esquemas mentales de los principales agentes implicados en el problema son la fuente más valiosa de información porque en ellos se incluye la experiencia, el conocimiento, el juicio, las percepciones y la creatividad de las personas [103].

Sobre la base de diversas búsquedas de cadenas productivas específicas y expertos del área, se evaluó la problemática que encierra los eslabones que conforman las cadenas productivas, y sus implicaciones en la descentralización y falta de comunicación entre los actores.

Según el Departamento Nacional de Planeación (DPN), se han identificado 30 cadenas productivas, de las cuales 6 hacen parte del sector agrícola, las cuales son: Molinera (cereales); Azúcar, confitería y chocolatería; Oleaginosas, aceites y grasas; Café y té; Tabaco y Horto – fruticultura.

Por otra parte, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), analiza el Índice de Fortaleza Institucional (IFI) el cual proporciona un indicador cuantitativo directo del desempeño de las organizaciones de cadenas productivas a nivel regional, y reconoce a 17 cadenas productivas agrícolas, las cuales se nombran a continuación: Papa, Fique, Fruticultura, Cacao, Caucho, Aguacate, Plátano, Palma, Sábila, Guayaba, Algodón, Mango, Cítricos, Tabaco, Panela, Arroz y Hortalizas (Ver ANEXO B).

A partir de este trabajo se caracterizó el proceso de las cadenas productivas agrícolas, describiendo cada uno de los eslabones que la conforman e identificando los diferentes procesos de atención y las actividades de dichos procesos.

La descripción del flujo de creación de un producto de una cadena productiva agrícola permitió identificar los principales actores y los procesos de atención en los eslabones de producción, comercialización y proceso industrial; clasificándose los actores que intervienen en el proceso.

### **4.3 CONSTRUCCIÓN DEL LA AGRO – ESTRUCTURA**

El desarrollo de la *Agro-Estructura* se llevó a cabo por prototipos de cobertura y complejidad creciente [102], cada prototipo representa las relaciones que tienen los actores de cada eslabón de la cadena ya que cada actor ejecuta una diversidad de funciones tales como la producción, comercialización o proceso industrial, las cuales se identifican como actividades del sistema [104]. La consideración de los actores plantea la capacidad y las restricciones que los sujetos enfrentan para combinar recursos y crear un espacio de maniobra [12].

A continuación, se presenta la *Agro – Estructura* por prototipos, aunque estos se presentan por separado, son un agregado al prototipo anterior, por lo tanto, el tercer prototipo corresponde a la estructura de una cadena productiva de 3 eslabones (producción, comercialización y proceso industrial).

#### **4.3.1 Primer Prototipo – Eslabón de producción**

Para el primer prototipo, se tienen en cuenta solo aquello que relaciona al productor, en donde el objetivo es mostrar los requisitos necesarios para la producción y los actores que intervienen en este proceso y cómo influyen en la producción.

##### **4.3.1.1 Lenguaje en Prosa**

El proceso de las cadenas productivas inicia en el eslabón de producción, el cual es el punto más vulnerable [44], en este eslabón es donde se sufren las mayores interrupciones o retrasos debido a los brotes de plagas y enfermedades que retrasan el crecimiento o incluso la pérdida de la producción. Además, se presentan

otro tipo de problemas o deficiencias en el proceso que hace que la producción no genere los mejores rendimientos. Minegishi y Thiel (2000) afirman que una vez que la producción agrícola se ha iniciado, el proceso es irreversible.

Para dar inicio a la producción se necesitan básicamente contar con la tierra, el estudio agroecológico del terreno y la semilla. La distribución de las tierras en su mayor parte corresponde a pequeños productores, los cuales tiene menos de 3 hectáreas [93] [74] [77] [79].

Generalmente, en la cultura agrícola el interés sobre el cultivo depende del precio, cuando el precio es bajo y genera una mínima ganancia, se abandona el cultivo y solo se extrae la cosecha sin invertirle recursos (tiempo y dinero) para su mantenimiento. Las variables que explican la disminución de la producción están sustentadas en los menores rendimientos por hectárea, que a su vez son el resultado del envejecimiento de los cultivos, la falta de mejoramiento genético, la presencia creciente de enfermedades que atacan los cultivos y la falta de capacitación de capital humano que permita una mayor transferencia de tecnología [93].

En cuanto a la tecnología empleada, entendida como las labores culturales realizadas por los agricultores, y la frecuencia en un tiempo oportuno, se encuentra en un nivel bajo para la mayoría de las fincas, es decir, solo se llevan a cabo labores básicas de recolección, control de malezas y poda [93] [74] [79].

La mano de obra empleada en los cultivos es en su mayoría de tipo familiar, hasta para las labores en donde se requiere análisis de suelos y uso de insecticidas o plaguicidas; la poda es la única actividad en donde la mayor proporción de la mano de obra es contratada [93]. Las personas que viven en las fincas se caracterizan por tener niveles de escolaridad bajos, la mayoría solo alcanzan estudios de primaria y el conocimiento del cultivo proviene principalmente por la experiencia en el cultivo y por tradición familiar [1].

Los principales actores que intervienen en el eslabón de producción se presentan en la Figura 13, con una breve descripción de las principales actividades de los actores que intervienen.

Figura 13. Actividades de los actores en el eslabón de producción.



Fuente: Basado en [16]

#### 4.3.1.2 Estructura del eslabón de producción

La Figura 14, presenta de forma resumida el diagrama de sectores correspondiente al eslabón de producción. Como se puede observar, todo gira en torno al productor, el cual se ocupa de buscar la asistencia técnica, los insumos, el transporte y el financiamiento.

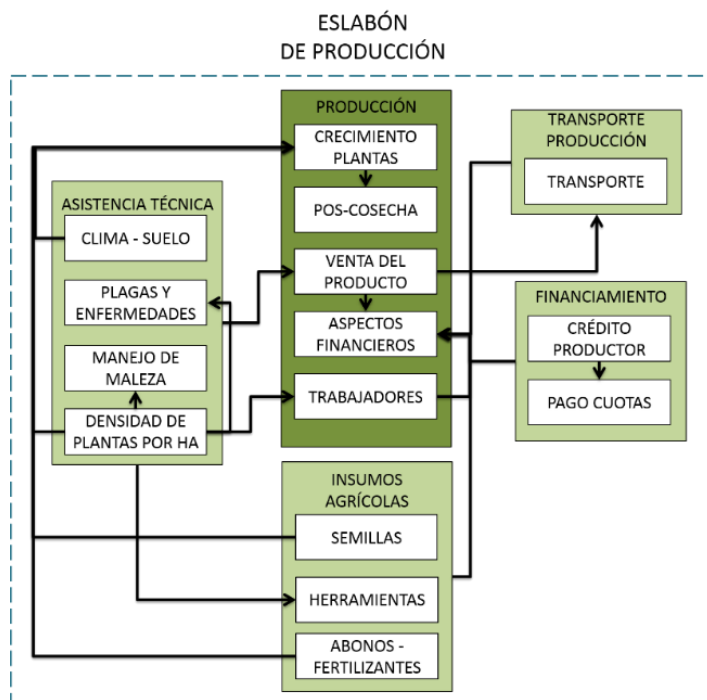
La asistencia técnica [105] es la encargada de realizar el estudio al terreno y determinar si es posible realizar la siembra (factores climáticos y exigencias del suelo). Una vez el cultivo se haya instalado se procede a realizar las labores culturales con el fin de obtener mayores beneficios, es por esto que un buen manejo de plagas y enfermedades y de maleza evitara que la producción se disminuya incluso hasta pérdidas totales.

Una vez se identifique el terreno con condiciones aptas para la siembra, se procede a comprar los almácigos (semilla) y a sembrarlos en el terreno destinado, este junto con las herramientas son los insumos más significativos del proceso.

Una vez el proceso de producción de las plantas inicie y se realicen las cosechas, se procede a la venta del producto. Como el producto debe ser transportado hasta los centros de acopio o centrales de abastos, se cuenta con transportadores que se relacionan con el productor únicamente cuando existe producto para transportar.

Finalmente, para poder realizar todo este proceso, el productor debe contar con financiamiento, el cual pueden ser recursos propios o créditos bancarios, en caso cualquiera de los dos casos se asume como un crédito para el negocio.

Figura 14. Diagrama de sectores de producción.



#### 4.3.2 Segundo Prototipo – Eslabones de producción y comercialización

El segundo prototipo agrega el eslabón de comercialización, en donde el objetivo es mostrar la dinámica de la compra y la venta de los productos agrícolas. La actividad de comercialización dentro de una cadena productiva se encarga de acercar la producción del agricultor a la industria transformadora.

#### 4.3.2.1 Lenguaje en prosa

El segundo eslabón de la cadena se refiere a la comercialización del producto. La comercialización es la entrega del producto en sus diferentes calidades a los diferentes canales de comercialización. La calidad del producto es la que define el destino del producto y el precio.

A nivel de comercialización se pueden describir diferentes canales, los cuales son [16]:

- Mercados locales: abastecidos de forma directa por los pequeños productores que venden su producción final fraccionada según su necesidad. La calidad de este producto por lo general es muy baja ya que el destino final es para el consumo doméstico. Solo intervienen dos actores el productor que lleva el producto utilizando transportes locales y el comprador del producto.
- Intermediarios: acopiadores provenientes de diferentes regiones, que tienen como actividad el comercio de productos. Estos operan comprando las producciones en las fincas. Establecen diferenciales de precio según las calidades del producto, debido a que sus clientes son diversos, estos van desde mercados mayoristas, industrias y exportadores.

Las exportaciones se hacen en la medida en que existan excedentes en el mercado interno, el precio internacional sea atractivo para los vendedores [106] y cumpla con los requisitos de exportación.

Los actores que influyen en el eslabón de comercialización se presentan en la Figura 15, se debe tener presente que el proceso inicia con la relación que se presenta entre los productores (Eslabón de producción) y los comercializadores. Posteriormente los comercializadores distribuyen el producto entre los mercados locales, nacionales y la exportación.

La actividad de comercialización de los productos agrícolas consiste en acercar la producción del agricultor a los consumidores y a la industria procesadora de alimentos.

Figura 15. Actividades de los actores en el eslabón de comercialización.



Fuente: Adaptación [16]

A continuación se detallan las funciones principales [107]:

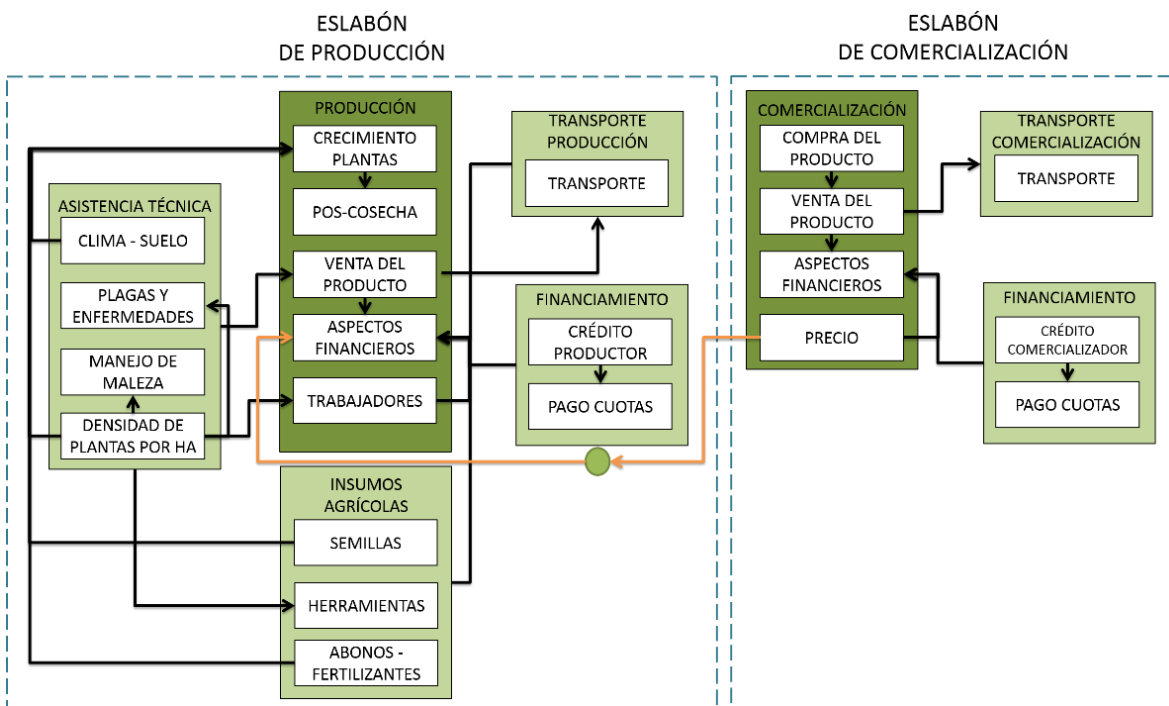
- Comprar: Significa buscar y evaluar bienes y servicios para poder adquirirlos eligiendo el más beneficioso.
- Vender: Se basa en promover el producto para recuperar la inversión y obtener ganancia.
- Transporte: Se refiere al traslado de bienes o servicios necesario para promover su venta o compra de los mismos.
- La financiación: Provee el efectivo y crédito necesario para operar como empresa o consumidor.
- Toma de riesgos: Entraña soportar las incertidumbres que forman parte de la comercialización.

#### 4.3.2.2 Estructura de los eslabones de producción y comercialización

La Figura 16 presenta el diagrama de sectores de los eslabones de producción y comercialización; en donde se identifican 3 sectores para la comercialización:

- El comercializador se ocupa del acopio y venta del producto agrícola, se considera indispensable lograr un consenso técnico que rija la comercialización, ya que, a pesar de la existencia de parámetros de calidad, estos no se aplican.
- La principal fuente de ingresos para la actividad de comercialización proviene de inversión propia, aunque una fuente alternativa importante de recursos para la compra, son los préstamos de las grandes empresas financieras.
- Y finalmente, se encuentra el transporte desde las bodegas del comercializador hasta la industria, centros de abastos o exportadores.

Figura 16. Diagrama de sectores de producción y comercialización.



#### 4.3.3 Tercer Prototipo – Eslabones de producción, comercialización y proceso industrial

El tercer prototipo adiciona el eslabón de proceso industrial, en donde el objetivo es mostrar la dinámica de la compra y transformación de los productos agrícolas en nuevos productos procesados o con valor agregado.

### 4.3.3.1 Lenguaje en prosa

La tercera fase de la cadena está relacionada a la industria procesadora. Por lo general está conformada por empresas privadas (nacionales o extranjeras) y por algunas pequeñas industrias.

Los actores relacionados en este nuevo eslabón de la cadena son diferentes por la naturaleza del mismo. En este se da la transformación del producto al ser combinado con otros ingredientes para la obtención de nuevos productos. La mayor parte de este sector está en manos de la empresa privada quien hace de esta una actividad económica de mayor nivel que los dos anteriores [16].

El tercer prototipo refleja el proceso por el cual pasan los productos agrícolas hasta la obtención de productos procesados. La Figura 17 hace una breve descripción de las principales actividades de los actores que intervienen en el eslabón de proceso industrial.

Figura 17. Actividades de los actores en el eslabón de proceso industrial.



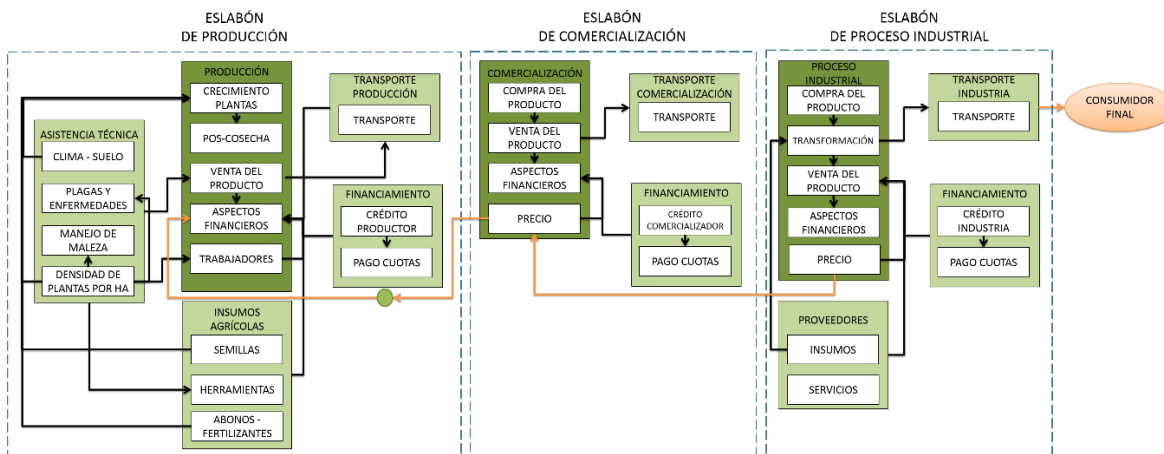
Fuente: Adaptación [16]

### 4.3.3.2 Estructura de los eslabones de producción, comercialización y proceso industrial

La Figura 18 presenta el diagrama de sectores de la cadena productiva general; en donde se identifican 3 eslabones: en primer lugar se encuentran los productores los cuales son los encargados sembrar y recolectar los productos agrícolas, seguido los comercializadores compran la producción y finalmente, la industria procesadora es la encargada de transformar el producto agrícola en nuevos productos procesados, estos productos pueden ser alimenticios, farmacéuticos e industriales.

En el eslabón de proceso industrial, como se va a transformar el producto, se requiere de una infraestructura que consta de espacio físico, maquinaria, personal capacitado para realizar el proceso de transformación, así como de personal administrativo. La *Agro – Estructura*, asume que la industria procesadora ya cuenta con todo lo necesario para transformar el producto.

Figura 18. Diagrama de sectores de la Agro – Estructura



## 4.4 AGRO – ESTRUCTURA

El modelo realizado con los lenguajes de diagrama de influencias y diagrama de flujos y niveles se presenta detalladamente en el ANEXO C





## 5 ELABORACIÓN DE DIRECTRICES

Las directrices<sup>4</sup> que se encuentran a continuación son orientaciones o instrucciones que permitirán realizar modelos de simulación de cadenas productivas agrícolas específicas utilizando como metodología la Dinámica de Sistemas y la *Agro – Estructura* creada en esta investigación.

Las directrices se realizaron por prototipos, en donde se indican las orientaciones para la construcción de una cadena productiva específica, estas indicaciones se deben seguir paso a paso para poder obtener el modelo en Evolución<sup>5</sup>. (Más información sobre Evolución en [108] [109] [110] y sobre el componente FIS [111]).

La *Agro – Estructura* (Capítulo 4) presenta la estructura de la cadena productiva general a la que pertenecen los eslabones de producción, comercialización y proceso industrial. Al igual que la *Agro – Estructura*, las directrices se presentará por eslabones y por actores que intervienen dentro del proceso.

Los sectores comunes se presentan en la Sección 5.4, y el modelador deberá dirigirse a esta sección al finalizar cada uno de los eslabones.

### 5.1 DIRECTRICES ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

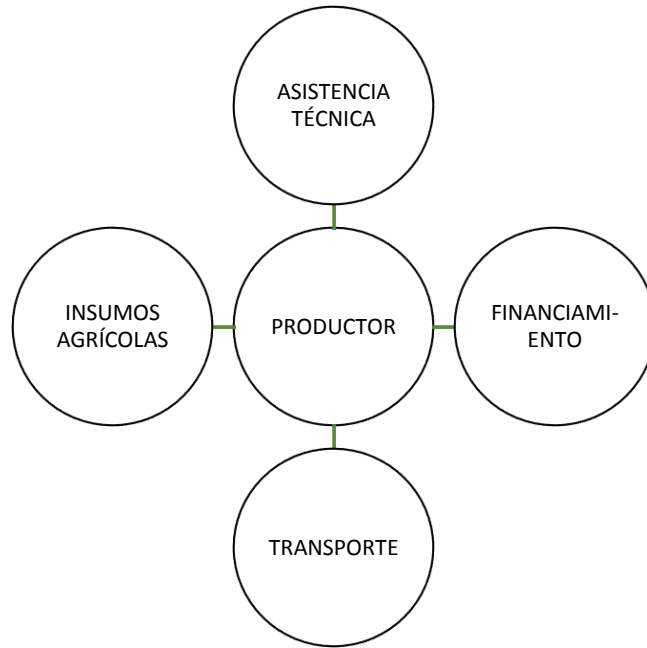
En el eslabón de producción se encuentran los siguientes sectores: productores, asistencia técnica, insumos agrícolas, financiamiento y transporte.

---

<sup>4</sup> Las directrices son normas o instrucciones que se tienen en cuenta para hacer una cosa.

<sup>5</sup> Evolución es una herramienta software para el modelado y simulación de fenómenos complejos con Dinámica de Sistemas, diseñado para el uso académico, fue desarrollado en el grupo SIMÓN de Investigación de la Universidad Industrial de Santander

Figura 21. Actores del eslabón de producción.



Fuente: Basado en [16]

### 5.1.1 Productor

Los productores son los encargados de la puesta en marcha del negocio productivo. Ellos son la cabeza visible de todo el proceso, por tal motivo debe ser asesorado y conocer las ventajas y desventajas, así como los beneficios y consecuencias que se puedan presentar. La Figura 22 presenta de forma resumida las actividades fundamentales del productor y la Tabla 6, resume las actividades que realiza el productor y proporciona las directrices. Además de estas actividades los productores deben contar con la asistencia técnica, financiamiento, transporte y proveedores de insumos.

Figura 22. Diagrama de sectores de los Productores.

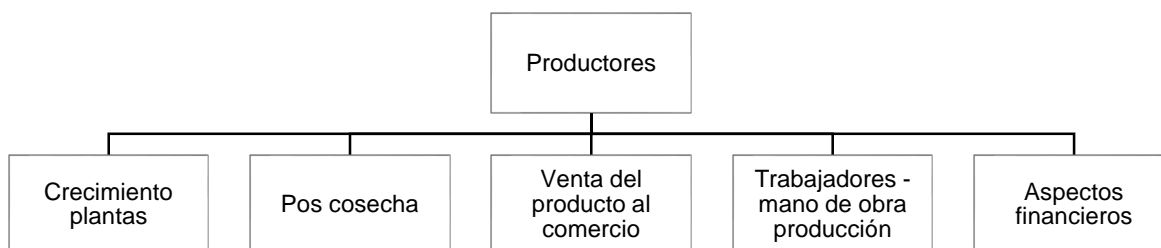


Tabla 6. Directrices para el productor.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Crecimiento Plantas	<p>Las plantas son seres vivos que nacen con la siembra, posteriormente estas crecen hasta iniciar la producción y finalmente las plantas envejecen hasta que mueren o son renovadas. El sector presenta las tres etapas, siembra, maduración y vejez de la planta</p> <p>En este sector se presentan dos retardos:</p> <p>Retardo de crecimiento: tiempo de espera después de la siembra hasta que inicia la etapa productiva.</p> $T_{Crece} = \text{tiempo que tarda una planta en ser productora}$ <p>Retardo de tiempo de vida promedio: tiempo promedio de vida de una planta de ese tipo con producción intermedia o máxima, antes que disminuya y los costos de mantenimiento sean más altos que los de producción.</p> $TVP = \text{tiempo de vida promedio de la planta}$ <p>Para completar el sector se deben conocer los siguientes datos:</p> $Tasa\_Muerte\_Prod = \text{Tasa muerte productoras}$ $Tasa\_muerte\_viej = \text{Tasa muerte plantas viejas}$
Pos cosecha	<p>Proceso adecuado que se le hace a un producto cosechado y la tecnología de manejo necesario que se le hace en estado natural y fresco, para preservar la calidad e integridad física.</p> <p>Retardo de pos cosecha: tiempo que dura el proceso adecuado, en algunos casos este proceso corresponde al beneficio del fruto.</p> $T_{Poscosecha} = \text{Tiempos del proceso de beneficio del fruto}$
Venta del producto al comercio	<p>Dependiendo el tipo de producto que se haya sembrado se puede vender en dos presentaciones producto fresco o producto con algún beneficio. La venta solo se puede realizar si las plantas se encuentran en producción. Para realizar la venta se debe determinar primero la cantidad de la producción para esto debe conocer el rendimiento por hectárea de acuerdo a la especie y variedad; y la frecuencia de este rendimiento (anual, semestral, trimestral, mensual, etc.).</p> <p>El sector tiene un retardo que es:</p> <p>Retardo de rendimiento: frecuencia de los rendimientos por hectárea.</p> $TiempoProducción = \text{Frecuencia del rendimiento}$ <p>Por otra parte, se debe conocer el rendimiento por hectárea con el fin de calcular la producción.</p> $Rendimiento\_X\_Ha = \text{Rendimiento por hectarea en toneladas}$
Trabajadores – Mano de obra	<p>De acuerdo al tipo de cultivo se requiere una determinada cantidad de trabajadores por hectárea. Algunos cultivos requieren más cuidados que otros [93] [74] [79], es por esto que la cantidad de trabajadores varía entre cultivos.</p> <p>Algunas etapas como la siembra requieren más trabajadores por hectáreas con el fin de realizar la siembra en el menor tiempo, sin embargo, para el mantenimiento y cosechas no se requiere de tantos trabajadores, es por esto que los trabajadores se manejan de acuerdo a la etapa en la que se encuentra el cultivo.</p> $TrabajadoresSiembra = \text{Trabajadores por hectarea para siembra}$ $TrabajadoresXha = \text{Trabajadores por hectarea}$ $Salario\ mensual = \text{Pago mensual por las labores realizadas}$
Aspectos financieros	<p>El sector de aspectos financieros, le permite conocer al productor si el agro-negocio genera utilidades o pérdidas.</p>

### 5.1.2 Asistencia técnica

La asistencia técnica se debe realizar desde el inicio y durante la duración del cultivo [105]. El técnico en agroindustria es el encargado de estudiar el terreno y determinar los posibles usos y posteriormente se debe revisar periódicamente con el fin de evitar pérdidas por plagas y enfermedades.

La Figura 23 presenta de forma resumida las actividades fundamentales de la asistencia técnica y la Tabla 7, resume las actividades que realiza el productor y proporciona las directrices.

Figura 23. Diagrama de sectores de la Asistencia Técnica.

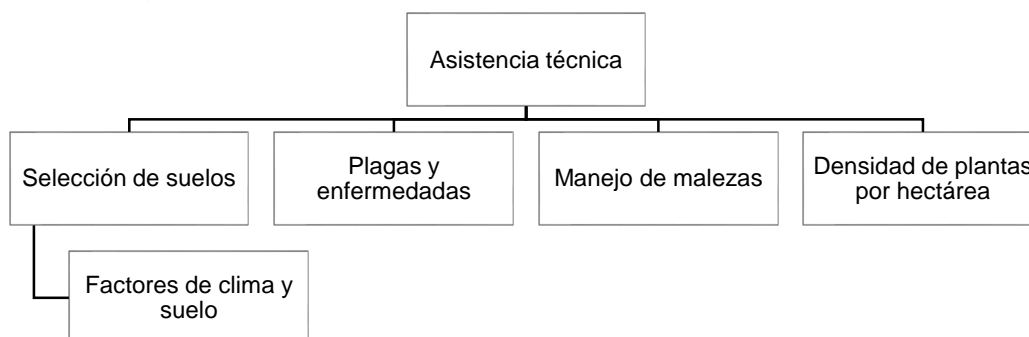


Tabla 7. Directrices para la asistencia técnica.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Selección de suelos (Factores climáticos y exigencias de suelo)	<p>Permite identificar si el terreno con el que se cuenta se puede utilizar para un determinado cultivo. El estudio es importante ya que de esta forma se puede optimizar los rendimientos por hectárea. Se debe diligenciar la Tabla 8, en donde se presentan los parámetros técnicos principales de un cultivo, estos datos se pueden obtener directamente de los expertos o desde fuentes especializadas.</p> <p>Posteriormente, se procede a crear los conjuntos difusos (FIS), para cada uno de los parámetros. La Tabla 9 presenta el ejemplo para la variable Temperatura.</p> <p>Este proceso, se debe realizar para cada uno de los parámetros técnicos, y posteriormente realizar las reglas, de esta forma se asegura que, al introducir los datos de un terreno en el modelo, estos determinaran las condiciones del terreno y su viabilidad para determinado cultivo.</p>

Densidad de plantas por hectárea	<p>Las plantas se pueden sembrar utilizando diversas distribuciones, lo importante es aprovechar el espacio de tal forma que se pueda obtener mayores rendimientos.</p> <p>Para calcular la densidad de plantas, se debe identificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de plantas que se pueden sembrar en una hectárea</li> <li>• Cantidad de hectáreas disponibles para la instalación del cultivo</li> </ul> <p>Con estos datos se modifican los parámetros:</p> $Cant_{Ha} = \text{Cantidad de hectareas para la instalación del cultivo}$ $Cant_{Plt_{Ha}} = \text{Cantidad de plantas a sembrar en una hectárea}$
Plagas y enfermedades	<p>El manejo de plagas y enfermedades se realiza para obtener buenos rendimientos y calidad de la producción [112].</p> <p>El sector "Plagas y enfermedades" en el modelo tiene tres influencias, las cuales son:</p> <p>Crecimiento: las plagas y las enfermedades sin importar el tipo de cultivo y los cuidados que se tengan siempre aparecerán, lo importante es realizar el mantenimiento al cultivo para que estas no se propaguen causando pérdidas en la producción. El parámetro <i>TasaC_PyE</i> indica la tasa de expansión de las plagas y las enfermedades, esta tasa representa la suma de las tasas de las posibles plagas y enfermedades que pueden afectar al cultivo.</p> $TasaC_{PyE} = \sum \text{tasas de plagas y enfermedades}$ <p>Prevención: para prevenir la aparición y expansión de las plagas y enfermedades, se realiza la actividad cultural conocida como la poda, cuyo fin es generar condiciones no adecuadas para que las plagas y las enfermedades no prosperen [113]. Esta actividad generalmente se realiza cada 4 meses al igual al manejo de maleza.</p> <p>En el modelo se representan 3 tipos de poda y el porcentaje en que se realiza esta actividad, siendo 0 que no se realiza y 1 que se realiza en un 100%.</p> $Poda_{Formacion} = \text{Porcentaje [0 - 1]}$ $Poda_{Mantenimiento} = \text{Porcentaje [0 - 1]}$ $Poda_{Copa} = \text{Porcentaje [0 - 1]}$ <p>Eliminación: cuando las plagas y las enfermedades se extienden por el cultivo de tal manera que al realizar las actividades de prevención son insuficientes, se debe recurrir a la eliminación de estas contratando personal especializado.</p> $TxHa_{Elimina} = \text{trabajadores por hectarea}$ $F_{Elimina} = \text{fracción que elimina cada trabajador}$ <p>El valor <i>F_Elimina</i> es un promedio entre las fracciones de eliminación de las plagas y las enfermedades más importantes que afectan al cultivo.</p>
Manejo de malezas	<p>El manejo de maleza se realiza teniendo en cuenta la cantidad de trabajadores necesarios para cumplir con el mantenimiento del cultivo. Los trabajadores realizaran esta labor semanalmente y se encargara de erradicar entre el 80% y 100% de la maleza, independientemente del cultivo [114].</p> <p>En la bibliografía se puede encontrar la cantidad de trabajadores necesarios para realizar el deshierbe completo en una hectárea, dependiendo el tipo de cultivo. Con este valor se calcula:</p> $TxHa = \text{trabajadores para el deshierbe completo de una hectarea}$ <p>Teniendo en cuenta que es imposible erradicar la maleza, ya que siempre quedan semillas [115] se crea un parámetro el cual indica la fracción de maleza que se corta en cada deshierbe, este parámetro depende de la cantidad de deshierbes que se recomiendan realizar al año de acuerdo al tipo de cultivo. Por lo tanto, este parámetro se calcula de la siguiente forma:</p> <p>A = ¿Cuántos deshierbes se recomiendan realizar al año?</p> <p>B = cantidad de semanas entre cada deshierbe completo</p> $B = \frac{A}{12}$ $FM_C = \frac{100\%}{B}$ <p>Este porcentaje denota la calidad de la acción de cortar la maleza en un periodo de tiempo.</p>

Tabla 8. Parámetros técnicos.

PARÁMETROS TECNICOS	CONDICIONES ÓPTIMAS	CONDICIONES INTERMEDIAS	SIN POTENCIAL
<b>FACTORES CLIMATICOS</b>			
Temperatura promedio anual °C			
Precipitación anual (mm)			
Altura (m.s.n.m.)			
Humedad relativa promedio anual (%)			
Periodo de sequía			
Velocidad máxima del viento (Km/H)			
<b>EXIGENCIAS DEL SUELOS</b>			
Textura			
Profundidad (m)			
pH			
Drenaje			
Pendiente (%)			

Tabla 9. Ejemplo de la creación de los conjuntos difusos de los parámetros técnicos.

1	<p>Identificar los parámetros técnicos del cultivo</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS TECNICOS</th> <th>CONDICIONES ÓPTIMAS</th> <th>CONDICIONES INTERMEDIAS</th> <th>SIN POTENCIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura promedio anual °C</td> <td>23-25</td> <td>19-23 25-32</td> <td>&lt;19 &gt;32</td> </tr> </tbody> </table>	PARÁMETROS TECNICOS	CONDICIONES ÓPTIMAS	CONDICIONES INTERMEDIAS	SIN POTENCIAL	Temperatura promedio anual °C	23-25	19-23 25-32	<19 >32
PARÁMETROS TECNICOS	CONDICIONES ÓPTIMAS	CONDICIONES INTERMEDIAS	SIN POTENCIAL						
Temperatura promedio anual °C	23-25	19-23 25-32	<19 >32						
2	<p>Realizar los conjuntos difusos en el componente FIS de Evolución</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Gráfica Variable Lingüística</b></p> <p>The graph shows five fuzzy membership functions for temperature. The x-axis represents temperature in degrees Celsius, ranging from 0 to 40. The y-axis represents the membership degree, ranging from 0 to 1. The functions are: OPTIMO (red), INTERMEDIO_1 (green), INTERMEDIO_2 (yellow), SIN_POTENCIAL_1 (blue), and SIN_POTENCIAL_2 (grey). SIN_POTENCIAL_1 is 1 for temperatures below 15 and 0 for temperatures above 15. SIN_POTENCIAL_2 is 0 for temperatures below 35 and 1 for temperatures above 35. OPTIMO is 1 between 23 and 25. INTERMEDIO_1 is 1 between 19 and 23. INTERMEDIO_2 is 1 between 25 and 32.</p> </div> <p>De acuerdo con la información de la tabla se deben crear 5 conjuntos difusos. Después que se han creado todos los conjuntos difusos asociados, se procede a crear las reglas en donde se relacionan las variables.</p>								

### 5.1.3 Insumos agrícolas

Para el sector de insumos agrícolas se tiene en cuenta solo los insumos más representativos de los cultivos

La Figura 24 presenta de forma resumida las actividades fundamentales de los insumos agrícolas y la Tabla 10, resume las actividades que realiza la asistencia técnica y proporciona las directrices.

Figura 24. Diagrama de sectores de los Insumos Agrícolas.

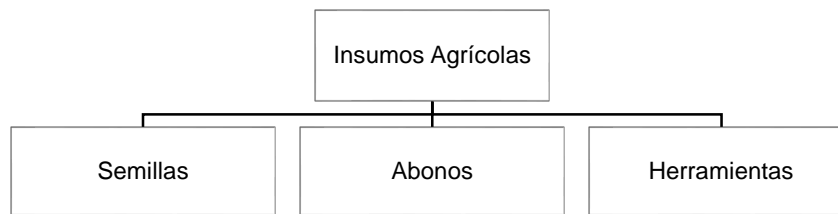


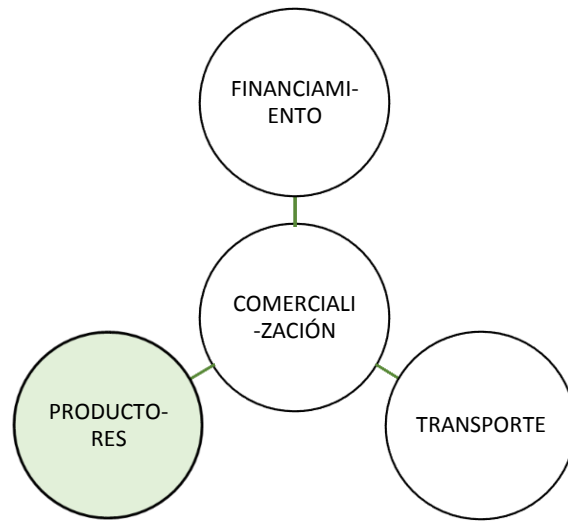
Tabla 10. Directrices para los insumos agrícolas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Semillas	<p>Las semillas (almácigos) son las utilizadas en el proceso de siembra, cada almacigo tiene un valor de acuerdo a las características genéticas de la semilla.</p> <p>Para conocer el costo de este insumo se debe conocer:</p> $\text{PrecioAlmacigo} = \text{precio de almacigos para una hectárea}$
Abonos	<p>Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos crecerán y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando [116].</p> <p>Dinero mensual destinado a la compra de abonos y fertilizantes</p> $\text{DinMensualAbono} = \text{Dinero Mensual destino para la compra de abono}$
Herramientas	<p>Las herramientas son los utensilios que utilizan los trabajadores para realizar las labores en el cultivo. En el modelo se agrupan las herramientas como una sola, sin diferenciar si es una pala o un machete. Las herramientas con el uso y el paso del tiempo se van depreciando hasta que es necesario cambiarla.</p> <p>Para calcular los gastos generados por la compra de herramientas, se necesita conocer los siguientes valores:</p> $\text{HerramientaPro} = \text{cantidad de herramientas a comprar}$ $\text{H\_MinXHa} = \text{Cantidad de herramientas minimas porhectárea}$ $\text{PP\_Herramientas} = \text{Precio promedio de las herramientas}$ $\text{DuracionHerramie} = \text{Tasa de depreciación de las herramientas}$

## 5.2 DIRECTRICES ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN

En el eslabón de comercialización, se encuentran los sectores de: comercialización, financiamientos y transporte.

Figura 25. Actores del eslabón de comercialización.



Fuente: Basado en [16]

### 5.2.1 Comercializadores

Los comercializadores son los encargados de acercar la producción a los diferentes consumidores, ya sea para el consumo doméstico, para la industria procesadora o para los exportadores. Los comercializadores deben ser asesorados y conocer las ventajas y desventajas [117], así como los beneficios y consecuencias que se puedan presentar. La Figura 26 presenta de forma resumida las actividades fundamentales del comercializador y la Tabla 11, resume las actividades que realiza el productor y proporciona las directrices.

Figura 26. Diagrama de sectores de los Comercializadores

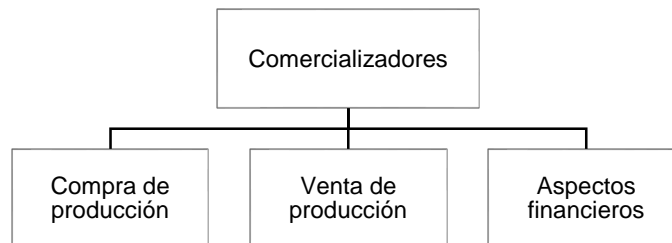


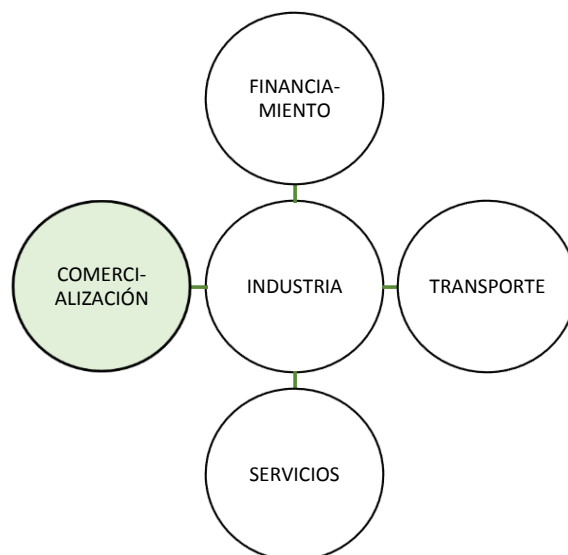
Tabla 11. Directrices el comercializador

Sector	Directrices de construcción del modelo
Compra de producción	<p>La compra de producción de un producto agrícola se puede dar directamente con el productor o por medio de comisionistas. El comercializador deberá tener suficientes recursos económicos para comprar la producción, de lo contrario se convierte en un comisionista. De acuerdo, a la cantidad de dinero a la cual tenga acceso el comercializador podrá comprar más o menos cantidad de toneladas del producto agrícola.</p> <p>El comercializador debe determinar la cantidad de producción a comprar, la compra depende del dinero que destine para esto, teniendo en cuenta que los gastos de este eslabón son pocos (almacenamiento y transporte), puede destinar un porcentaje del valor del crédito o de los recursos económicos que tenga.</p> <p style="text-align: center;"><math>PorcenDinComprA = \text{Porcentaje del dinero destinado a la compra de producción}</math>  <math>TCompra = \text{Tiempo entre cada compra}</math></p>
Venta de producción	<p>La venta de la producción tiene tres compradores: consumo doméstico, industrias y exportadores. De esta forma, el comercializador debe estudiar cuál de los tres compradores le ofrece mayores ganancias y distribuir la producción entre ellos.</p> <p style="text-align: center;"><math>TasaConsumoDomes = \text{Tasa de venta al consumo domestico}</math>  <math>TasaIndustria = \text{Tasa de venta a la industria}</math>  <math>TasaExportadores = \text{Tasa de venta a los exportadores}</math></p>
Aspectos financieros	El sector de aspectos financieros, le permite conocer al comercializador si el negocio genera utilidades o pérdidas.

### 5.3 DIRECTRICES TERCER PROTOTIPO – ESLABÓN DE PROCESO INDUSTRIAL

En el eslabón de proceso industrial, se encuentran los sectores de: proceso industrial, servicios, financiamientos y transporte.

Figura 27. Actores del eslabón de proceso industrial.



Fuente: Basado en [16]

### 5.3.1 Proceso Industrial

La industria procesadora es la encargada de transformar y procesar el producto agrícola hasta convertirlo en un producto nuevo el cual se va a ofrecer a los consumidores. La Figura 28 presenta de forma resumida las actividades fundamentales de la industria procesadora. Estas son solo las actividades que tienen relación con el proceso de la cadena productiva, ya que otras actividades de tipo administrativa no se han considerado, por otra parte, la Tabla 12, resume las actividades que realiza el productor y proporciona las directrices.

Figura 28. Diagrama de sectores de los Comercializadores.

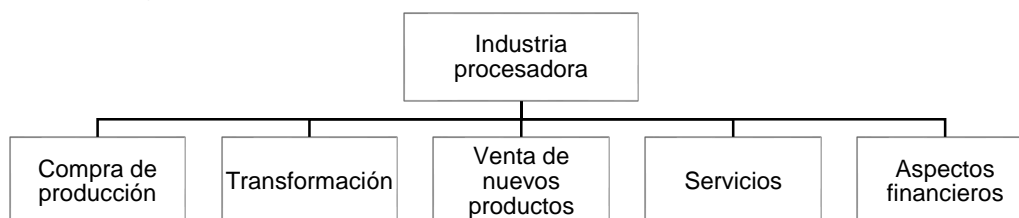


Tabla 12. Directrices del proceso industrial.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Compra de producción	<p>La compra del producto agrícola se realiza con los comercializadores en donde se especifica la variedad y calidad que desean comprar y el precio. Las compras de la producción son periódicas, es por esto que la industria debe determinar el tiempo entre cada compra.</p> <p><math>T_{CompraIndustria} = \text{Tiempo entre cada compra}</math></p>
Transformación	<p>La transformación es el proceso químico que sufre el producto agrícola para convertirse en un nuevo producto. Este proceso inicia desde que se compra la producción a los comercializadores. Como cada proceso es diferente no se detalló, se indicará por medio de un retardo el cual indica el tiempo necesario para tener el producto.</p> <p><math>T_{Transformacion} = \text{Tiempo necesario para la transformación del producto}</math></p> <p>En la mayoría de los casos no todo el producto agrícola es útil para el nuevo producto, por esto se saca el porcentaje de desechos del producto agrícola.</p> <p><math>ParteUtil = \text{Porcentaje de parte util del producto agrícola } [0 - 1]</math></p> <p>Para creación del nuevo producto contiene otros ingredientes adicionales al producto agrícola, disminuyendo así la concentración del mismo.</p> <p><math>PorcentajeInsumo = \text{Porcentaje de insumos que tiene el nuevo producto } [0 - 1]</math></p>
Venta de nuevos productos	<p>La venta de los nuevos productos a los comercializadores finales, depende del tiempo de venta, ya que los productos deben consumirse antes de una fecha de vencimiento y el precio de cada unidad. Para calcular el valor unitario del producto, se tiene en cuenta el costo de los insumos, los costos del producto agrícola, el empaque y las ganancias.</p> <p><math>T_{Venta} = \text{tiempo para vender los productos}</math></p> <p><math>PorGananciaPT = \text{Porcentaje ganancia del producto transformado } [0 - 1]</math></p>

Servicios	<p>Toda industria requiere para su funcionamiento una serie de servicios, entre los que se encuentran los servicios públicos (agua, luz, teléfono, gas, internet, etc.), arriendo (bodegas y locales), trabajadores (operativos y administrativos) y publicidad (volantes, radio, televisión e internet).</p> $ServiciosPublicos = \sum Servicios\ p\acute{u}blicos$ $Arriendo = \sum Arriendos$ $Publicidad = \sum Publicidad$ <p><i>SalarioPromedio = salario promedio de los trabajadores</i>  <i>CantidadTrabajadores = Cantidad de trabajadores de la industria</i></p>
Aspectos financieros	El sector de aspectos financieros, le permite conocer a la industria procesadora si el negocio genera utilidades o pérdidas.

## 5.4 DIRECTRICES DE LOS SECTORES COMUNES A LOS ESLABONES

Los sectores que son comunes a los eslabones que pertenecen a la cadena productiva general corresponden al financiamiento y transporte.

### 5.4.1 Financiamiento e inversión

Para el sector de financiamiento se tienen dos sectores en donde se realiza el crédito y se calcula el valor de las cuotas a pagar. La Figura 29 presenta las actividades asociadas al financiamiento y la Tabla 13, resume las actividades que realiza el productor y proporciona las directrices.

Figura 29. Diagrama de sectores del Financiamiento.

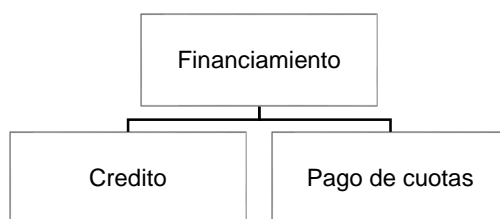


Tabla 13. Directrices el financiamiento e inversión.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Crédito	<p>Para dar inicio a un crédito en una entidad bancaria, lo primero que se define es el monto o valor solicitado, el interés anual y la cantidad de cuotas. Con estos valores se procede a calcular el valor de la cuota utilizando el método francés<sup>6</sup>.</p> <p>Los datos que se deben suministrar al modelo son los siguientes:</p> $ValorCredito = Cantidad\ solicitada$ $TInteresAnual = Tasa\ de\ interes\ anual\ para\ cada\ uno\ de\ los\ eslabones$ $NoCuotas = Numero\ de\ cuotas\ para\ cada\ uno\ de\ los\ eslabones$
Pago de cuotas	<p>Generalmente, en el eslabón de producción el pago de las cuotas inicia cuando inicia la producción agrícola, ya que es en este momento que el productor obtiene ingresos. Sin embargo, si el productor tiene otros ingresos secundarios este cobro puede iniciar inmediatamente.</p> <p>En cualquiera de los dos casos se debe agregar o quitar <math>T\_Creceer</math> y modificar la fórmula del flujo PagarDeuda de la siguiente forma:</p> <p>Pagar la primera cuota con el inicio de la producción (con <math>T\_Creceer</math>)</p> $PagarDeuda = IF(t > T_{Creceer}, IF(t < T_{Creceer} + NoCuotas + 1, ValorCuota, 0), 0)$ <p>Pagar la primera cuota después del desembolso (sin <math>T\_Creceer</math>), esta ecuación se utiliza además para los eslabones de comercialización y proceso industrial.</p> $PagarDeuda = IF(t < NoCuotas + 1, ValorCuota, 0)$

## 5.4.2 Transporte

La Tabla 14, resume las actividades que realiza el productor y proporciona las directrices.

Tabla 14. Directrices el transporte

Sector	Directrices de construcción del modelo
Transporte	<p>El transporte indica el tiempo que se demora en llevar el producto de un lugar a otro. El servicio básico de transporte terrestre es utilizado comúnmente para ejecutar el movimiento de productos semielaborados y terminados.</p> <p>Las principales desventajas que presenta el servicio de transporte terrestre son la capacidad (tamaño de envío), y las restricciones en el manejo del tipo de carga, debido a las condiciones de seguridad de las vías, las cuales limitan las dimensiones y pesos de los envíos.</p> <p>El transporte solo tiene un sector, en donde se presenta el desplazamiento de un lugar a otro. Este desplazamiento tiene un retardo el cual indica el tiempo que se demora en llevar el producto de un lugar a otro.</p> <p>Además, los camiones u otros medios de transporte utilizados tienen una capacidad. Con la capacidad del medio de transporte usado y la cantidad de producto se calcula la cantidad de viajes que debe hacer el transportador y con esto los costos de transportar toda la mercancía.</p> <p>Para esto se debe suministrar los siguientes datos:</p> $CapacidadCamion = Capacidad\ en\ toneladas\ de\ acuerdo\ al\ producto$ $CostoXViaje = costo\ que\ tiene\ cada\ viaje$ $TTransporte = tiempo\ que\ se\ demora\ en\ ir\ de\ un\ lugar\ a\ otro\ (meses)$

<sup>6</sup> El sistema de amortización francés es aquel que se caracteriza por ser un sistema de amortización de cuotas constantes.

## 6 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DEL CASO DE ESTUDIO

El modelo del caso de estudio que se construyó con la ayuda de la *Agro – Estructura* (Sección 4) y de las directrices (Sección 5), realizando el modelo de la cadena productiva del cacao, en Evolución 4.5.

### 6.1 EL CACAO

El nombre científico del árbol de cacao es *Theobroma cacao L*, el cual proviene de la lengua griega y significa “alimento de dioses” y la letra al final L corresponde a la persona que lo clasificó Carlos Linneo. Según estudios, es una planta nativa de América del Sur, de la cuenca del río Orinoco y río Amazonas.

Tabla 15. Significados de la palabra cacao.

Fruto del cacaotero, entendido este como la mazorca que crece directamente de su tronco.	El cacao es el producto que resulta de la fermentación y el secado de esas semillas del fruto del árbol del cacao.	El cacao se denomina al polvo seco que se obtiene moliendo los granos y extrayendo, total o parcialmente, la grasa o manteca de cacao.
Figura 30. Fruto del cacao. 	Figura 31. Almendras de cacao. 	Figura 32. Polvo de Cacao. 
Fuente: [118]	Fuente: [118]	Fuente: [118]

### 6.2 LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO

La cadena productiva del cacao se divide en tres eslabones de acuerdo a cada etapa del proceso productivo. La cadena contiene los eslabones de: producción de grano (agrupa a las fincas ubicadas en las regiones productoras de cacao del país), comercializadores de grano (referencia a los actores ubicados en las cabeceras de los municipios productores, quienes realizan el acopio del grano) y proceso industrial (integra las actividades dirigidas fundamentalmente al procesamiento de productos para la industria alimenticia de chocolate), el modelo de la cadena

productiva del cacao se realizara teniendo en la *Agro – Estructura* y las directrices como base.

Figura 33. Cadena productiva del cacao.



Fuente: [93]

La cadena productiva del cacao aporta el 2.4% del empleo agrícola, en la industria de transformación del cacao y fabricación de chocolates el aporte es de 1.5% al total de la industria de alimentos y del 0.3% en el total de la industria manufacturera.

A continuación, se presentan componentes, en primer lugar, los aspectos más importantes de la situación cacaotera nacional y mundial; y, en segundo lugar, un análisis de la cadena productiva del cacao, del cual se modelo, represento y caracterizo la cadena en término de sus eslabones. Considerando la diversidad de productos que se puede derivar del cacao se hizo necesario concentrarse en aquel producto que genera mayores perspectivas de desarrollo para la cadena productiva, por ello se seleccionó el chocolate de mesa.

### 6.2.1 Eslabón de producción

El árbol de cacao, es una planta tropical, de la cual existen tres variedades: el Criollo (cacao dulce), el Forastero (amelonado) y el Trinitario (el cual se obtiene por el cruce entre el criollo y el forastero).

“En el contexto internacional al referirse a cacao se toman en cuenta el cacao en grano y los productos elaborados con este, tal es el caso de la pasta o licor de cacao, la manteca de cacao, el cacao en polvo no edulcorado, la torta de cacao y

los granos descortezados de cacao, así como cualquier otro producto que contenga cacao. La producción de dicho grano, según las normas establecidas en los acuerdos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO), se da en el período de doce meses comprendido entre el 1 de octubre y el 30 de septiembre, el cual es denominado el año cacaotero” [3].

Los factores ambientales, tales como clima y suelo, son importantes para el desarrollo de cualquier cultivo, en este sentido es importante conocer las condiciones óptimas para el desarrollo del mismo.

Los agricultores son los encargados de la obtención de semillas y del beneficio del grano. En la fase productiva se realizan labores culturales tales como, control de maleza y plagas, poda y recolección de cosecha. En la cultura cacaotera, el interés sobre el cultivo depende del precio, cuando el precio es bajo y genera una mínima ganancia, se abandona el cultivo y solo se extrae la cosecha sin invertir recursos (tiempo y dinero) para su mantenimiento.

La labor de beneficio comprende la recolección, desgrane, fermentación, secado, limpieza y clasificación del grano. Este proceso es vital para la obtención de un grano de calidad, en la medida en que se fija el olor y sabor característico del grano y por tanto del chocolate.

“Los agricultores en Colombia están inmersos en un sistema de economía campesina, de pequeños productores. Los departamentos con el mayor número de unidades producidas son: Santander, Huila, Tolima, Norte de Santander, Nariño y Arauca; siendo Santander el departamento que concentra la mayor cantidad de fincas dedicadas al cacao.” El cacao se produce típicamente en sistemas de agricultura de subsistencia (casi el 90% de la producción de cacao corresponde a pequeños agricultores con menos de 5 hectáreas [3]), Colombia actualmente registra un área cultivada que no supera las cien mil hectáreas [3].

La producción mundial de cacao en grano se concentra en los países tropicales, principalmente los países de África y América, mientras que producción de bienes intermedios y finales se concentra en países desarrollados (Europa y Estados Unidos) [83].

En cuanto a la tecnología empleada, entendida como las labores culturales realizadas por los agricultores y la frecuencia en un tiempo oportuno, se encuentra en un nivel

bajo para la mayoría de las fincas, es decir, solo se llevan a cabo labores básicas de recolección, control de malezas y poda.

La mano de obra, empleada para el cultivo de cacao es en su mayoría de tipo familiar, hasta para las labores en donde se requiere análisis de suelos y uso de insecticidas o plaguicidas; la poda es la única actividad en donde la mayor proporción de la mano de obra es contratada.

Las personas que viven en las fincas se caracterizan por tener niveles de escolaridad bajos, la mayoría solo alcanza estudios de primaria y el conocimiento del cultivo proviene principalmente por la experiencia en el cultivo y por tradición familiar.

### 6.2.1.1 Modelo del eslabón de producción

Para la producción de cacao, es necesario tener en cuenta que el cacao es una planta la cual requiere de mucho cuidado, además que debe cumplir con ciertos requisitos para su normal desarrollo.

#### 6.2.1.1.1 Productores

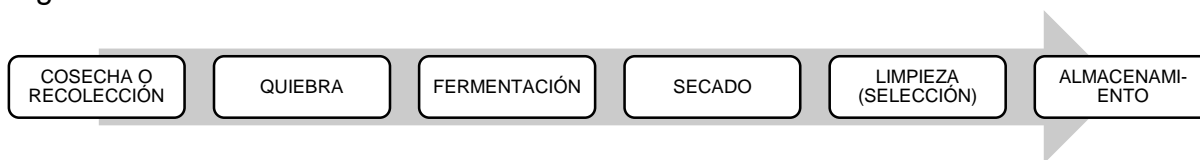
Los productores son los encargados de la puesta en marcha del negocio productivo. Ellos son la cabeza visible de todo el proceso, por tal motivo debe estar asesorado y conocer las ventajas y desventajas, así como los beneficios y consecuencias que se puedan presentar. A continuación, se presentan las actividades fundamentales del productor:

Tabla 16. Actividades fundamentales del productor de cacao siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Crecimiento Plantas	<p>El CCN – 51 es un cacao clonado de origen ecuatoriano [55], es una variedad tolerante a enfermedades, de alta productividad y calidad. Se caracteriza por ser precoz pues inicia su producción a los 36 meses de edad. Luego,</p> $T_{\text{Crecer}} = 36 \text{ meses}$ <p>El cacao es un cultivo permanente de larga duración, que tiene una vida promedio de 20 años hasta que la producción disminuye y los costos de mantenimiento son mayores a los ingresos de producción, las tasas de muerte de las plantas después de que inicia la producción es muy baja cercana a cero mientras que la tasa de muerte de las plantas de más de 20 años es mayor al 50%.</p> $TVP = 240 \text{ meses} = 20 [\text{Años}] * 12[\text{meses/año}]$ $Tasa\_Muerte\_Prod = 0$ $Tasa\_muerte\_viej = 0.5$


Venta del producto al comercializador	<p>Para el caso del cacao CCN – 51, el productor realiza el proceso de beneficio del fruto, para obtener las almendras de cacao, el cual es un proceso que obedece a los principios básicos de conservación de alimentos y se hace con la finalidad de mejorar la calidad del grano. En términos esquemáticos, el beneficio del cacao presenta las etapas de la Figura 34 y Tabla 17. El sector tiene dos retardos los cuales son:</p> <p>Retardo de rendimiento: frecuencia de los rendimientos por hectárea, para este caso se tiene en cuenta la producción anual.</p> $TiempoProducción = 12 \text{ meses}$ <p>Retardo de pos cosecha: el proceso de beneficio del fruto para el cacao tiene una duración de casi un mes, el tiempo puede variar dependiendo del clima.</p> $T\_Poscosecha = 1 \text{ [mes]}$ <p>Por otra parte, el rendimiento por hectárea del CCN – 51, tiene una producción de 2 toneladas anuales. De esta forma:</p> $Rendimiento\_X\_Ha = 2 \text{ [Toneladas]}$
Trabajadores – Mano de obra	<p>Para el cultivo de cacao se requiere entre 2 y 5 trabajadores por hectárea, los cuales se encargarán de realizar las diferentes labores de mantenimiento, recolección y empaque. El salario de cada trabajador corresponde aproximadamente a \$1.500.000 mensual. Para este sector se debe conocer:</p> $TrabajadoresSiembra = 5$ $TrabajadoresXha = 2$ $Salario \text{ mensual} = \$1.500.000$ <p>Los trabajadores por hectárea dependen de la siembra, ya que cuando se debe instalar el cultivo se hace necesario contratar más trabajadores, por lo tanto, en la época de siembra la cantidad de trabajadores por hectárea es de 5 personas.</p>
Aspectos financieros	<p>Los ingresos que se tienen en cuenta son: el dinero del crédito (financiamiento) y las ventas del producto. Por otra parte, los egresos que se consideran son: el pago de la cuota del crédito, los gastos de insumos, el pago de la mano de obra y los costos de transporte de la producción</p>

Figura 34. Tratamiento del fruto.



Fuente: [119]

Tabla 17. Etapas del beneficio del fruto.

<p><b>Cosecha o recolección:</b></p> <p>La cosecha se realiza una vez que la mazorca ha llegado a su madurez, lo que se aprecia por el cambio de su coloración. Se debe seleccionar las mazorcas sanas y descartar las enfermas. En la mayoría de los países productores de cacao la cosecha tiene dos etapas marcadas de fructificación y recolección, las cuales por sus cantidades se denominan cosecha mayor y cosecha menor.</p>	<p>Figura 35. Recolección del fruto.</p>  <p>Fuente: [118]</p>
---	---

<p><b>Quiebra:</b></p> <p>Se denomina quiebra a la operación que consiste en partir la mazorca y extraer las almendras las cuales una vez separadas de la placenta, serán sometidas a la fermentación. El tiempo entre el desgrane y la puesta en fermentación no debe exceder las 24 horas</p>	<p>Figura 36. Desgranada de las mazorcas de cacao.</p>  <p>Fuente: [118]</p>
<p><b>Fermentación:</b></p> <p>Es el proceso por medio del cual se da la calidad propia del cacao para hacer chocolate; se limpian las semillas, se mata el embrión y se da buena presentación a las almendras. En este proceso se desarrolla el sabor y aroma del producto.</p> <p>La fermentación, también llamada "cura" del cacao o "avinagrada", es un proceso complejo que consiste en una serie de cambios de carácter bioquímico y físico en todas las estructuras del grano.</p>	<p>Figura 37. Fermentación del cacao.</p>  <p>Fuente: [118]</p>
<p><b>Secado:</b></p> <p>El secado de las almendras cacao es el proceso mediante el cual las almendras terminan de perder el exceso de humedad que contienen y están listas para ser vendidas. En esta fase, se consigue pasar de almendras con un 55% de humedad hasta almendras con aproximadamente de 6-8% de humedad. Durante este tiempo las almendras de cacao terminan los cambios para obtener el sabor y aroma a chocolate.</p>	<p>Figura 38. Secado de las almendras de cacao.</p>  <p>Fuente: [118]</p>
<p><b>Selección y clasificación:</b></p> <p>Los granos secos se deben seleccionar para eliminar la tierra, las partículas sueltas de la cáscara de la semilla y los granos quebrados. Para la clasificación se realiza la prueba de corte, la cual consiste en tomar una muestra de granos representativa que se parten en forma longitudinal con una navaja, bisturí o una cuchilla afilada, de manera que los cotiledones queden divididos en dos mitades, haciendo posible la observación de las características que se juzgan, a fin de clasificar los granos de acuerdo con la norma de calidad existente.</p>	<p>Figura 39. Selección de los granos de cacao.</p>  <p>Fuente: [118]</p>

### 6.2.1.1.2 Asistencia técnica

La asistencia técnica se debe realizar desde el inicio y durante la duración del cultivo. Las principales actividades son la selección de suelos, manejo de plagas y enfermedades, manejo de malezas y determinar la densidad de plantas por hectárea.

Las consideraciones más importantes para el establecimiento de un cultivo de cacao son los factores climáticos y las exigencias del suelo. Las actividades fundamentales de la asistencia técnica:

Tabla 18. Actividades fundamentales de la asistencia técnica para el cultivo de cacao siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Selección de suelos (Factores climáticos y exigencias de suelo)	La Tabla 19 muestra los parámetros técnicos para el cultivo de cacao. Teniendo en cuenta estos valores se procedió a realizar los conjuntos difusos de cada una de las variables en el modelo, los cuales se encuentran en el ANEXO E
Plagas y enfermedades	<p>El manejo de plagas y enfermedades se realiza para obtener buenos rendimientos y calidad de la producción [112]. El sector "Plagas y enfermedades" en el modelo tiene dos influencias, las cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Plagas:</b> Hay dos plagas de gran importancia económica: las ratas y el pájaro carpintero, que de hecho reducen la cosecha del cacao aproximadamente 25% en la mayoría de las plantaciones.</li> <li>• <b>Enfermedades:</b> Las enfermedades más comunes son: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mazorca negra: es la que causa más pérdidas en la cosecha</li> <li>○ Mal del machete: destruye árboles enteros rápidamente, se infecta por medio de lesiones en los troncos y ramas principalmente.</li> <li>○ Moniliasis: es también conocida como pudrición acuosa, solo ataca los frutos de cacao.</li> <li>○ Escoba de bruja: se caracteriza por la proliferación de yemas apicales y axilares en ramas de cacao</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> $TasaC\_PyE = \sum 0.7$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevención: para prevenir la aparición y expansión de las plagas y enfermedades, se realiza la actividad cultural conocida como la poda, cuyo fin es generar condiciones no adecuadas para que las plagas y las enfermedades no prosperen [113]. Esta actividad se realiza cada 4 meses al igual al manejo de maleza. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eliminación: cuando las plagas y las enfermedades se extienden por el cultivo de tal manera que al realizar las actividades de prevención son insuficientes, se debe recurrir a la eliminación de estas contratando personal especializado.</li> </ul> </li> </ul> $Poda\_Formacion = 1$ $Poda\_Mantenimiento = 0.9$ $Poda\_Copa = 0.8$ $TxHa\_Elimina = 1$ $F\_Elimina = 0.08$
Manejo de maleza	<p>Se recomienda mantener siempre la planta libre de malezas, a un diámetro de 50 cm alrededor del tronco, utilizando controles manuales [120]. Se recomienda hacer 4 deshierbes completos, pero se debe tener presente las estaciones, ya que si la estación es muy seca, se recomienda dejar la maleza para liberar a las plantas de cacao de los rigores del sol [121]. Teniendo en cuenta esto se calculan los valores de los parámetros de la siguiente forma: Se realiza 4 deshierbes completos al año, es decir, deshierbe del 100% cada 3 meses. Luego se tiene la siguiente ecuación:</p> $Deshierbe\ semanal = \frac{Deshierbe\ del\ 100\%}{3\ meses} = 33,33\% \text{ mensual}$ <p>Este valor corresponde al porcentaje que se cortaría mensualmente que es la unidad de tiempo que maneja el modelo.</p> <p>Luego el parámetro que representa la fracción de maleza que se corta mensualmente es:</p> $FM\_C = 0,033$ <p>Los trabajadores necesarios para realizar un deshierbe completo es de 2 a 3 trabajadores por hectárea, los cuales son los mismos que se consideran para las otras actividades del cultivo.</p>

Densidad de plantas	Se recomiendan trazados que garanticen una densidad entre 1000 y 1200 árboles por hectárea [122].								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Densidad</th> <th>Cantidad de plantas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 x 3 m</td> <td>1.111</td> </tr> <tr> <td>3 x 3.5 m</td> <td>952</td> </tr> <tr> <td>3.5 x 4 m</td> <td>714</td> </tr> </tbody> </table>	Densidad	Cantidad de plantas	3 x 3 m	1.111	3 x 3.5 m	952	3.5 x 4 m	714
Densidad	Cantidad de plantas								
3 x 3 m	1.111								
3 x 3.5 m	952								
3.5 x 4 m	714								
	<p>Para la situación del caso de estudio se tiene una hectárea con una densidad de 1000 plantas.  <i>Can_Ha = 1 Hectárea</i>  <i>Cant_Plt_Ha = 1.000 plantas</i></p>								

Tabla 19. Parámetros técnicos del cultivo de cacao.

PARÁMETROS TECNICOS	CONDICIONES ÓPTIMAS	CONDICIONES INTERMEDIAS	SIN POTENCIAL
<b>FACTORES CLIMATICOS</b>			
Temperatura promedio anual °C	23-25	19-23 25-32	<19 >32
Precipitación anual (mm)	1500-2500	1000-1500	<1000
Altura (m.s.n.m.)	400-900	0-400 900-1200	>1200 <sup>7</sup>
Humedad relativa promedio anual (%)	70-80	50-70	<50 >90
Periodo de sequía	0-2	2-4	>4
Velocidad máxima del viento (Km/H)	<10	10 a 14	>14
<b>SUELOS</b>			
Textura	Franco Franco-arcillosa	Franco-arenosa	Arenosos Arcillosos
Profundidad (m)	1.5	1.2 – 1.5	<1.2
pH	6.0 – 6.5	5.0 – 6.0 6.5 – 7.5	<5.0 >7.5
Drenaje	Bueno	Moderado	Deficiente
Pendiente (%)	0 – 9	9 - 25	30

Fuente: [123]

### 6.2.1.1.3 Insumos agrícolas

Para el sector de insumos agrícolas se tiene en cuenta solo los insumos más representativos de los cultivos los cuales son agroquímicos y bio-insumos, material vegetal, herramientas, maquinaria y equipo. Las actividades fundamentales de los proveedores de insumos:

<sup>7</sup> La altura no es un factor determinante, como lo son los otros factores climáticos.

Tabla 20. Actividades fundamentales de los proveedores de insumos siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Semillas	El precio de los almácigos en un vivero para una hectárea es de \$1800.000 (sin embargo, este valor puede disminuir o aumentar al comprar una determinada cantidad de almácigos), este es un valor que garantiza que la variedad que se siembra sea la elegida. $PrecioAlmacigo = \$1.800.000$
Abonos	Para realizar una buena cosecha del fruto de cacao es recomendable usar fertilizantes químicos ya que ofrecen numerosas ventajas frente a los fertilizantes naturales. Otorgan una mejor absorción para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Además, aportan nutrientes de los que el suelo carece como nitrógeno, fósforo, potasio, amoníaco y ácido nítrico. $DinMensualAbono = \$1.320.000$
Herramientas	Las herramientas que se utilizan son muy básicas y tienen múltiples usos, destacándose entre las principales herramientas la navaja, el machete y la horquilla que se utiliza en las podas, para la enjertación de patrones, la recolección y el control cultural de enfermedades. Otro aspecto es la larga vida útil de la mayoría de las herramientas, refiriéndose a los cacaocultores que en muchos casos puede utilizar una herramienta hasta por 5 años, según el cuidado y mantenimiento que se haga de las mismas. Para calcular los gastos generados por la compra de herramientas, se necesita conocer los siguientes valores: $HerramientaPro = 4$ $H_{min\_XHa} = 12$ $PP_{Herramientas} = \$450.000$ La duración de las herramientas es entre 3 y 5 años, luego la duración de las herramientas sería: $DuracionHerramienta = 60 [meses]$

#### 6.2.1.1.4 Financiamiento e Inversión

Actividades fundamentales del financiamiento para el productor:

Tabla 21. Actividades fundamentales del financiamiento siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Crédito	Para dar inicio a un crédito en una entidad bancaria, lo primero que se define es el monto o valor solicitado, el interés anual y la cantidad de cuotas. El interés de créditos para producción agrícola es inferior al ofrecido para libre inversión u otros tipos de crédito. $ValorCreditoProd = \$11.000.000$ $TInteresAnualPro = 7\%$ $NoCuotasProducto = 60 \text{ cuotas mensuales}$
Pago de cuotas	Generalmente, en el eslabón de producción el pago de las cuotas inicia cuando inicia la producción agrícola, ya que es en este momento que el productor obtiene ingresos. Sin embargo, si el productor tiene otros ingresos secundarios este cobro puede iniciar inmediatamente. Para el caso de estudio se tiene que el pago de las cuotas inicia cuando inicie la producción de cacao, de esta forma se tendría que: Pagar la primera cuota con el inicio de la producción (con $T_{Crece}$ ) $PagarDeudaProduc = IF(t > T_{Crece}, IF(t < T_{Crece} + NoCuotasProducto + 1, ValorCuotaProduc, 0), 0)$

### 6.2.1.1.5 Transporte

Las actividades fundamentales del transporte para el productor:

Tabla 22. Actividades fundamentales del transporte siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Transporte	<p>El transporte indica el tiempo que se demora en llevar el producto de un lugar a otro. El productor es el encargado de acercar el producto agrícola hasta las cabeceras municipales en donde se encuentran los acopiadores y comercializadores. Por tanto, como el productor maneja pequeños volúmenes de producción, los camiones a utilizar pueden ser de capacidad media – baja.</p> <p style="text-align: center;"><math>CapacidadCamion = 3.5 [Toneladas]</math>  <math>CostoXViaje = \\$132.000</math>  <math>Ttransporte = 0.125 [meses]</math></p>

### 6.2.2 Eslabón de comercialización

La comercialización del cacao se lleva a cabo a través de asociaciones de productores, acopiadores (personas que adquieren la materia prima, almacenándola sin alteración o manipulación y con propósitos de comercialización), comisionistas (intermediario comercial) y exportadores. Los tres primeros aprovisionan cacao para el mercado nacional, mientras que el último lo hace para el mercado internacional. Las exportaciones se realizan en la medida en que existen excedentes de grano en el mercado interno y el precio internacional es atractivo para los vendedores.

Tabla 23. Destino del cacao en grano.

PORCENTAJE	DESTINO
75%	Industrias procesadoras de cacao y productoras de chocolates y confites. El 90% es absorbido por Compañía Nacional de Chocolates y Casa Luker.
25%	Pequeñas empresas productoras de chocolates para mesa.

Fuente: [124]

Los acopiadores se ubican en las cabeceras municipales o veredas, tienen contacto directo con el agricultor, en muchos casos comercializan el cacao para los comisionistas. La calidad de este cacao es baja en la medida en que el producto se

almacena con otras mercancías y por un periodo prolongado. El precio se fija de acuerdo a la humedad y contenido de la pastilla.

Los comisionistas son compradores autorizados por las compañías procesadoras. Están ubicados en las cabeceras municipales y acumulan cacao en grandes cantidades. El precio pagado depende del tamaño del grano, el número de granos por cada 100 gramos, el grado de fermentación, la humedad, impurezas, contenido de pasilla, presencia de plagas, entre otros factores.

“Tanto los acopiadores como los comisionistas venden el cacao a la industria procesadora. Las exportaciones se realizan de forma esporádica debido a que Colombia no genera excedentes exportables y los precios internacionales no son atractivos para los comercializadores”.

### 6.2.2.1 Modelo del eslabón de comercialización

Para la comercialización de cacao, es necesario tener en cuenta que el cacao es una planta la cual requiere de cuidado después de la cosecha, adicionalmente, el comercializador se encarga de acopiar la mayor cantidad de producción para posteriormente distribuirla entre las industrias y centros de abastos.

#### 6.2.2.1.1 Comercializadores

Las actividades fundamentales del financiamiento para el productor:

Tabla 24. Actividades fundamentales del comercializador siguiendo las directrices propuestas

Sector	Directrices de construcción del modelo
Compra de producción	<p>De acuerdo a la capacidad de endeudamiento y/o de recursos con los que cuenta el comercializador, este puede comprar la producción de los productores. Cabe recalcar que los comercializadores deberán acopiar la mayor cantidad de producción, de lo contrario se convierte en un intermediario entre el productor y el comercializador.</p> <p>Adicionalmente, el comercializador deberá realizar compras periódicas, con el fin de ofrecer a los diferentes compradores la producción de cacao. La variable <math>T_{Compra}</math> hace referencia al tiempo entre cada compra. Por otra parte, el porcentaje del dinero destinado para la compra, depende de si el comercializador destinara todo el dinero del financiamiento para la compra de cacao o dejara algún porcentaje para otros gastos como el transporte y almacenamiento.</p> <p style="text-align: center;"><math>T_{Compra} = 1</math> [meses]  <math>PorcenDinCompra = 0.8</math></p>

Venta de producción	<p>La venta de la producción tiene tres compradores: consumo doméstico, industrias y exportadores. La industria es la que requiere más producción para poder procesar y transformar, posteriormente los exportadores, sin embargo, el precio puede que no sea atractivo para el comercializador y finalmente se encuentra los centros de abastos, los cuales ofrecen la producción al público general.</p> $TasaConsumoDomes = 0.15$ $TasaIndustria = 0.8$ $TasaExportadores = 0.05$
Aspectos financieros	<p>Los ingresos que se tienen en cuenta son: el dinero del crédito (financiamiento) y las ventas del producto. Por otra parte, los egresos que se consideran son: el pago de la cuota del crédito, servicios y los costos de transporte de la producción.</p>

### 6.2.2.1.2 Financiamiento e inversión

Las actividades fundamentales del financiamiento para el productor:

Tabla 25. Actividades fundamentales del financiamiento siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Crédito	<p>Para dar inicio a un crédito en una entidad bancaria, lo primero que se define es el monto o valor solicitado, el interés anual y la cantidad de cuotas. Para el caso del comercializador este valor se define teniendo en cuenta el costo de la producción a comprar y el crédito sería bajo la modalidad de libre inversión el cual tiene un interés más alto en comparación con el interés ofrecido al productor.</p> $ValorCreditoProd = \$200.000.000$ $TInteresAnualPro = 28\%$ $NoCuotasCO = 60 \text{ cuotas mensuales}$
Pago de cuotas	<p>En el eslabón de comercialización el pago de las cuotas inicia un mes después del desembolso. Pagar la primera cuota después del desembolso.</p> $PagarDeuda = IF(t < NoCuotasCO + 1, ValorCuotaCO, 0)$

### 6.2.2.1.3 Transporte

Las actividades fundamentales del transporte para el comercializador:

Tabla 26. Actividades fundamentales del transporte siguiendo las directrices propuestas.

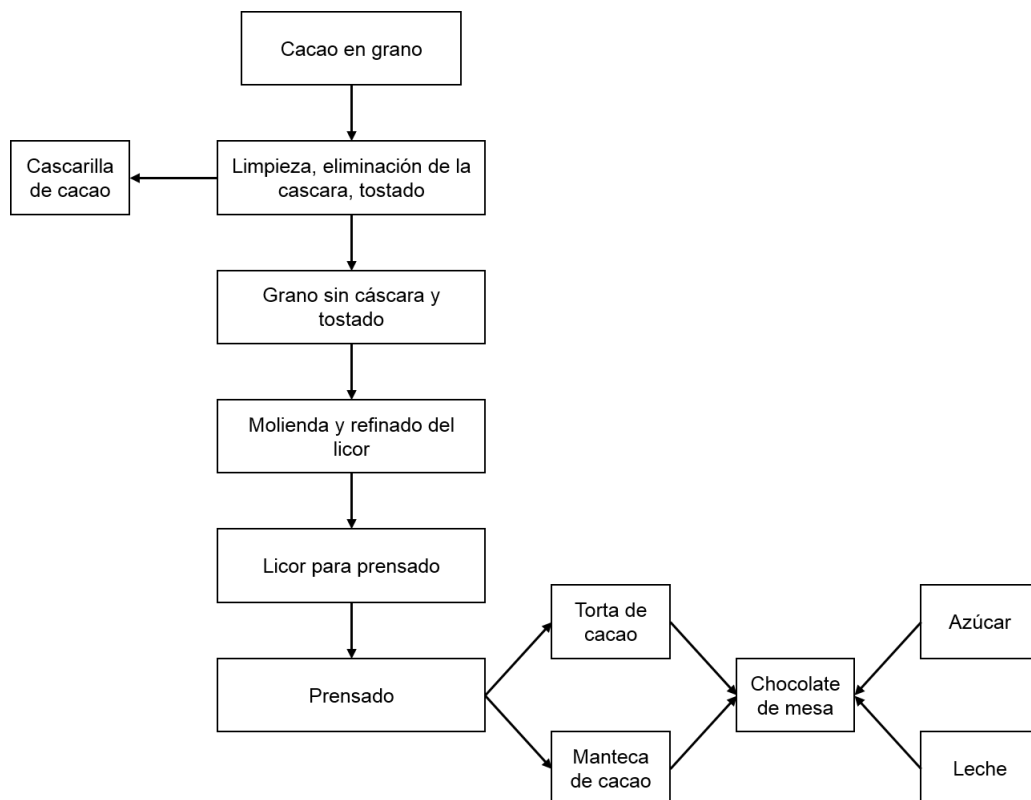
Sector	Directrices de construcción del modelo
Transporte	<p>El transporte indica el tiempo que se demora en llevar el producto de un lugar a otro. El comercializador es el encargado de poner el producto en el lugar del comprador. Teniendo en cuenta que el comercializador maneja grandes volúmenes de compra de producción debe utilizar medios de transporte con suficiente capacidad.</p> $CapacidadCamion = 10 \text{ [Toneladas]}$ $CostoXViaje = \$800.000$ $TTransporte = 0.125 \text{ [meses]}$

### 6.2.3 Eslabón de proceso industrial

La transformación del grano de cacao no se realiza exclusivamente en los principales países productores de grano, es una labor efectuada básicamente en los países desarrollados. Comprende el procesamiento del grano para producir licor, pasta, manteca, polvo de cacao, chocolates y confites que contengan chocolate<sup>8</sup>. A este eslabón pertenecen las industrias procesadoras y productoras de chocolate, así como las productoras de confites con chocolate.

La Figura 40 muestra un esquema de cómo es la preparación de chocolate de mesa o chocolate en barra:

Figura 40. Proceso de transformación del cacao.



Fuente: [93]

<sup>8</sup> No se incluyen confites que contengan menos del 40% de su peso en cacao, ni los productos de panadería y pastelería, ni los helados que contengan chocolate, debido a que no se puede determinar exactamente cuál es la participación del cacao en el producto final.

La actividad industrial de la cadena se refiere a las diversas preparaciones del cacao para su comercialización dirigida al consumo final.

### **6.2.3.1 Modelo del eslabón de proceso industrial**

La transformación del cacao significa básicamente convertir el grano de cacao en licor, manteca y torta. La fabricación de chocolate incluye la mezcla y refinado del licor y manteca de cacao, más ingredientes como la leche y el azúcar.

La transformación se inicia con una limpieza previa eliminando toda sustancia externa, el tostado de los granos puede ser con cáscara o sin cáscara. En términos generales los fabricantes de chocolates prefieren tostar los granos antes de extraer la cáscara, mientras que los transformadores de cacao prefieren tostar el grano sin cáscara. Posteriormente, se extrae la cáscara a los granos tostados, se muele el cacao hasta obtener una pasta que se conoce como licor [67].

Para el proceso industrial de productos a base de cacao, se tiene en cuenta que solo se va a producir un solo producto, para este caso sería chocolate de mesa, en donde primero se realiza el proceso al cacao y posteriormente se mezcla con leche y azúcar, todo este proceso toma un tiempo para la transformación, empaque y transporte.

Adicionalmente, se tiene que la industria procesadora ya se encuentra constituida, es decir, ya tiene la maquinaria necesaria para realizar el proceso de transformación, así como los equipos de cómputo y trabajadores necesarios para el proceso, todo esto hace parte de la inversión inicial de la industria y corresponde a la propiedad planta y equipo de la empresa. Por tal motivo, el modelo solo presentara el proceso de transformación haciendo uso de la infraestructura.

#### **6.2.3.1.1 Proceso industrial**

Las actividades fundamentales del financiamiento para el productor:

Tabla 27. Actividades fundamentales del proceso industrial siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Compra de producción	<p>El dinero obtenido por la entidad financiera se destinará en un 80% a la compra de la producción a los comercializadores y el otro 20% restante será para la compra de los insumos necesarios para transformar el cacao en chocolate de mesa.</p> <p>La industria deberá realizar compras periódicas, con el fin de ofrecer productos con cierta frecuencia. La variable <math>TCompraIndustria</math> hace referencia al tiempo entre cada compra.</p> $TCompraIndustria = 1 [meses]$
Transformación	<p>Después que la industria tiene el cacao, este se debe transformar, la transformación tiene dos partes, la primera consiste en arreglar el cacao, es decir realizar el proceso de limpieza, tostado y molienda, esto se representa en el modelo con un retardo, en donde se debe definir el tiempo que se requiere para realizar este proceso. Luego de realizar este proceso se procede a mezclar el cacao con la leche y el azúcar y realizar el proceso necesario para transformar el cacao en chocolate de mesa.</p> $TTransformacion = 1 [mes]$
Venta del producto transformado	<p>La industria se encarga de acercar la producción del producto procesado a los usuarios, ya sea a las tiendas y/o almacenes de cadena. El modelo considera que el producto se vende en kilogramos a un determinado costo de venta. Adicional, esta venta no es inmediata, por esto se considera el tiempo promedio de venta.</p> $CostoEmpaque = 500$ $PorgananciaPT = 0.3\%$ $TVenta = 3 [meses]$
Precio	<p>El precio de negociación se calcula diariamente, usando el promedio de los últimos tres meses de la bolsa de Londres y del CSCE<sup>9</sup> en la bolsa de Nueva York. Cuando la cosecha es baja los precios aumentan y los productores se benefician directamente, en el caso del cacao, las existencias responden ante la demanda en un año bajo de cosechas. Las existencias de cacao son manejadas por los países desarrollados, dado que la conservación del grano, por periodos prolongados es costosa en los países productores debido a sus condiciones climáticas [3].</p> <p>Los precios del cacao en grano en Colombia son en general menores que los del mercado internacional, con un comportamiento muy inestable. Sin embargo, en los últimos tres años el precio del cacao en el mercado nacional se ha mantenido en el rango de los 1500 a 1700 dólares por tonelada.</p> $PrecioVentaXTon = \$6.000.000$
Aspectos financieros	<p>Los ingresos que se tienen en cuenta son: el dinero del crédito (financiamiento) y las ventas del producto. Por otra parte, los egresos que se consideran son: el pago de la cuota del crédito, servicios, costos fijos y los costos de transporte de la producción.</p>

### 6.2.3.1.2 Financiamiento e inversión

Las actividades fundamentales del financiamiento para el productor:

<sup>9</sup> Cocoa, Sugar & Coffe Exchange, Inc.

Tabla 28. Actividades fundamentales del financiamiento siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Crédito	<p>Para dar inicio a un crédito en una entidad bancaria, lo primero que se define es el monto o valor solicitado, el interés anual y la cantidad de cuotas. Para el caso del proceso industrial este valor se define teniendo en cuenta el costo de la producción a comprar, el valor de los otros insumos. Al igual que el comercializador la industria procesadora obtiene el dinero de las entidades bancarias bajo la modalidad de libre inversión.</p> $ValorCreditoProd = \$1.000.000.000$ $TInteresAnualPro = 28\%$ $NoCuotasCO = 240 \text{ cuotas mensuales}$
Pago de cuotas	<p>En el eslabón de proceso industrial el pago de las cuotas inicia un mes después del desembolso. Pagar la primera cuota después del desembolso.</p> $PagarDeuda = IF(t < NoCuotasPI + 1, ValorCuotaPI, 0)$

### 6.2.3.1.3 Transporte

Las actividades fundamentales del financiamiento para el productor:

Tabla 29. Actividades fundamentales del transporte siguiendo las directrices propuestas.

Sector	Directrices de construcción del modelo
Transporte	<p>El comercializador es el encargado de poner el producto en el lugar del comprador. El comercializador maneja grandes volúmenes de compra de producción debe utilizar medios de transporte con suficiente capacidad.</p> $CapacidadCamion = 1 \text{ [Toneladas]}$ $CostoXViaje = \$800.000$ $TTransporte = 0.125 \text{ [meses]}$

## 6.3 RESULTADOS, SIMULACIÓN Y DISCUSIÓN

Los comportamientos que se presentan a continuación corresponden a los arrojados por el escenario planteado en la Sección 6.2. La unidad de tiempo utilizada en el modelo es meses, y el paso de simulación utilizado es 0.0315 el cual equivale aproximadamente a un día, esto con el fin de obtener precisión es los comportamientos.

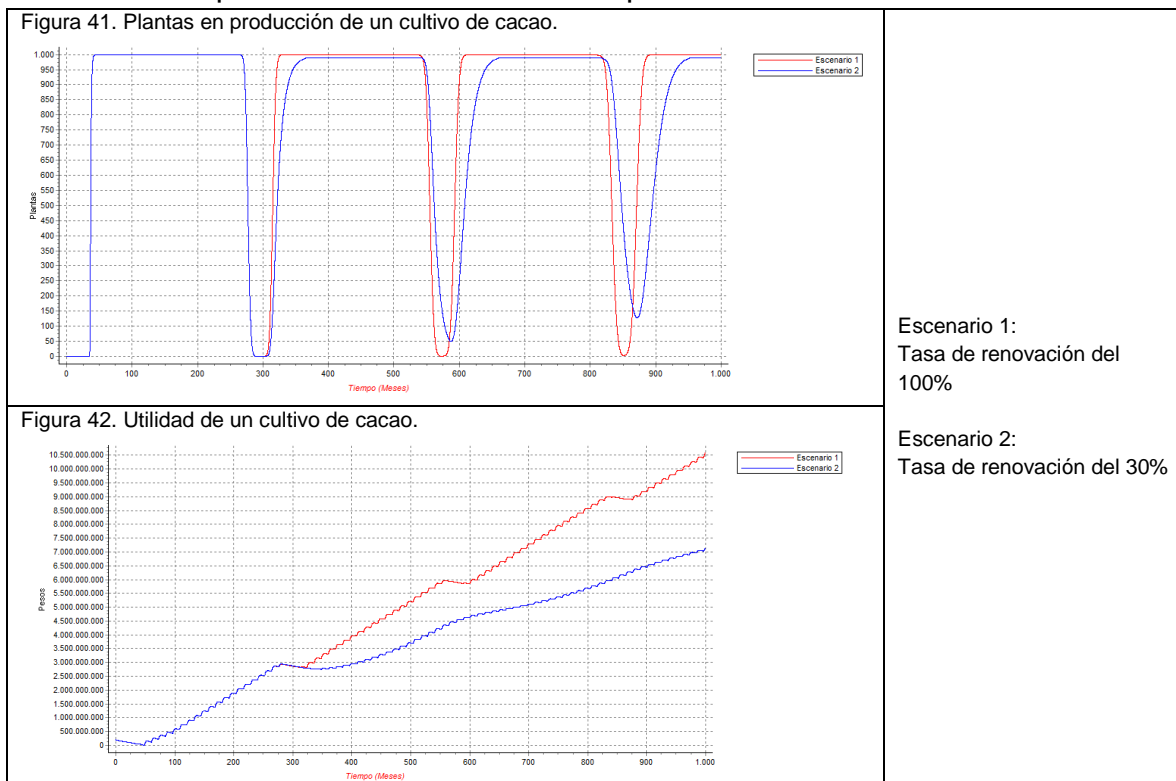
El horizonte de tiempo es de 1000 meses (más de 80 años), ya que a más tiempo se tienen un pequeño error. Sin embargo, se considera, que este tiempo es suficiente para observar los comportamientos.

### 6.3.1 Eslabón de producción

La producción de cacao CCN – 51, inicia a los 36 meses, y tiene una duración de 240 meses que es cuando los costos de mantenimiento de la planta son mayores a los ingresos. Los comportamientos que se presentan a continuación corresponden a la producción y utilidad.

Se observa que, si el productor realiza renovaciones programadas, en donde renueva el cultivo poco a poco, la utilidad será mejor en las épocas valle en donde los periodos de tiempo son cada vez más pequeños. Siendo esta la mejor alternativa para tener producción la mayor cantidad de tiempo.

Tabla 30. Comportamientos del eslabón de producción



### 6.3.2 Eslabón de comercialización

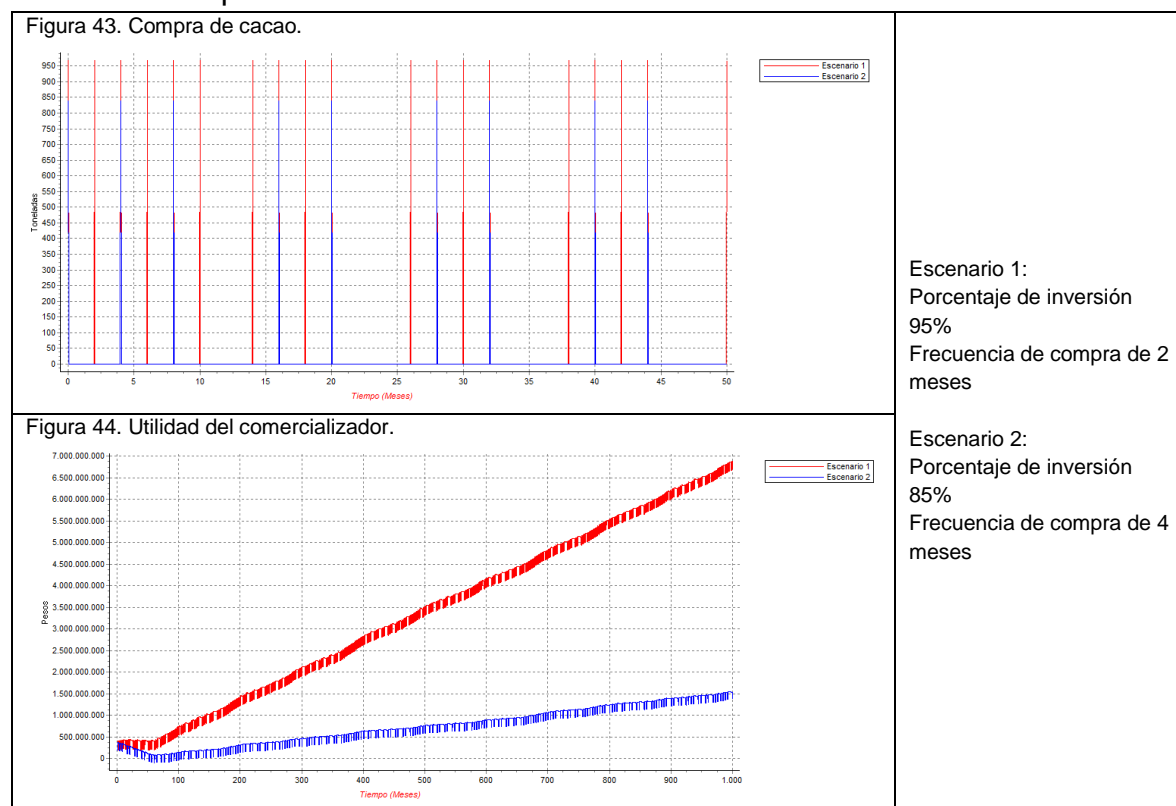
El comercializador tiene la tarea de acercar la producción hasta los diferentes compradores, en donde se encuentra el consumo doméstico, la industria

procesadora y los exportadores. El comercializador debe tener suficientes recursos económicos para acopiar la mayor cantidad de producción y jugar un papel importante en la cadena.

Aunque las ganancias del comercializador serían más altas si destina todo a la exportación, ya que el precio de venta es más alto que con los otros compradores, esto no lo puede hacer, ya que primero debe satisfacer la industria nacional y si hay excedentes si puede exportar, de esta forma se garantiza que se suplen las necesidades del país.

Por otra parte, se observa que, para estabilizarse, el comercializador requiere poco tiempo, y después la utilidad aumenta, dando la posibilidad de crecer en el negocio.

Tabla 31. Comportamientos del eslabón de comercialización



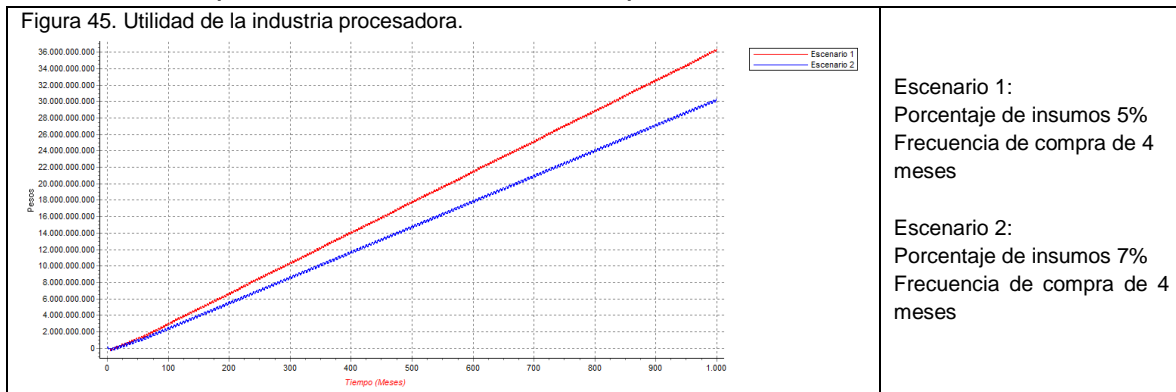
### 6.3.3 Eslabón de proceso industrial

La industria procesadora es la encargada de dar valor agregado a los productos agrícolas, en este caso es la encargada de transformar el cacao en chocolate de mesa. Se observa que al hacer la mezcla con los otros insumos se obtiene 145 Toneladas (145000 Kilogramos) de chocolate de mesa.

Así mismo se observa la utilidad de la industria está muy por encima de los otros dos eslabones debido a que esta es la que genera valor agregado, la inversión que debe hacer inicialmente en propiedades, equipos y maquinaria es alta, ya que requiere equipos especializados para la transformación.

Finalmente, comparando los tres eslabones que participan en la cadena productiva del cacao, se observa que los productores no estabilizan las utilidades debido a que el cultivo tiene una vida promedio, y que después de esto se debe comenzar nuevamente con el cultivo y su etapa de crecimiento.

Tabla 32. Comportamientos del eslabón de proceso industrial



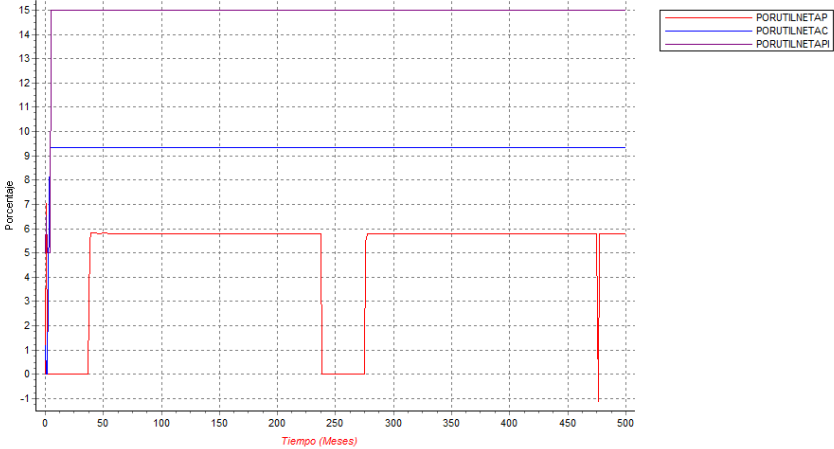
### 6.3.4 Cadena productiva del cacao

Para evaluar el rendimiento de cada uno de los eslabones que comprenden la cadena productiva del cacao, se utiliza el porcentaje de utilidad neta. Este valor corresponde al porcentaje de utilidad que queda después de descontar todos los egresos.

$$\text{Porcentaje de utilidad neta} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Utilidades netas}}$$

La Figura 46 muestra que el eslabón que tiene más rentabilidad es el proceso industrial ya que es el que genera valor agregado. Por otra parte, el eslabón de producción, es el que tiene menor rentabilidad y más riesgos de pérdidas porque el cultivo no está libre de la incidencia de plagas y enfermedades o daños debido a los factores de clima y suelo; por otra parte, el porcentaje de utilidad neta de la producción no es continuo debido a que durante la etapa de crecimiento de la planta no hay utilidad. Para finalizar, eslabón de comercialización solo actúa como un intermediario entre los productores y la industria y el porcentaje de utilidad es mayor al productor y es estable después del tercer mes.

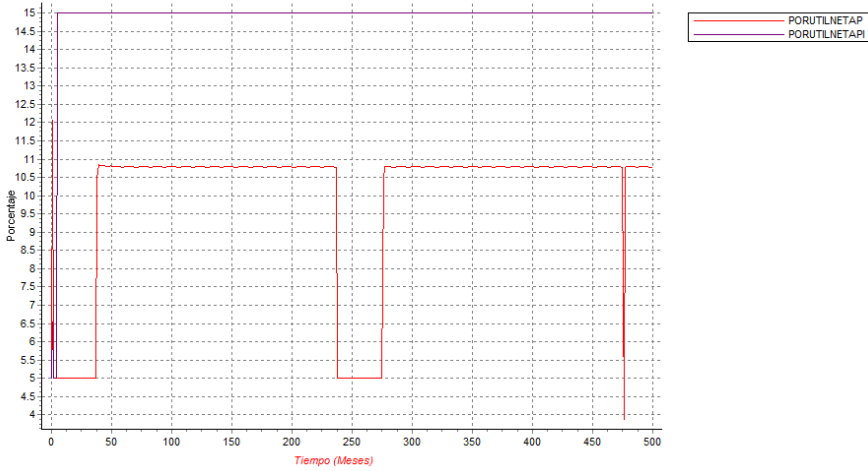
Figura 46. Porcentaje de utilidad neta.



Teniendo en cuenta lo anterior se propone eliminar el eslabón de comercialización, es decir, el productor le entregara la producción directamente a la industria procesadora.

La Figura 47 presenta el porcentaje de utilidad neta del productor cuando este le vende directamente a la industria procesadora. El porcentaje aumenta casi un 5%, pero se sigue presentando el problema de las renovaciones del cultivo, es por esto que se propone una producción escalonada, en donde se siembre gradualmente con el fin de no tener espacios de tiempo tan largos sin ingresos.

Figura 47. Porcentaje de utilidad neta.



## 7 VALIDACIÓN DEL MODELO

En la siguiente sección se presentará las pruebas de evaluación del modelo realizado, las pruebas al igual que el modelo se realizarán por prototipos, de tal manera que se valide la estructura causal planteada que intenta representar el comportamiento estructural subyacente del fenómeno de estudio. Ello permitirá ir conociendo las limitaciones estructurales del modelo que a su vez representan oportunidades de mejora en la construcción y avance del mismo hacia los propósitos de aprendizaje y entendimiento que se establece.

Por ello, con el objetivo de evaluar el modelo construido utilizando dinámica de sistemas se revisó y seleccionaron un conjunto de pruebas sugeridas por John Sterman en su libro Business Dynamics [98]; sin embargo atendiendo a las consideraciones que se realizan en el libro, no es posible validar totalmente un modelo, Greenberger, Crenso, y Crissey dicen al respecto:

*“Ningún modelo nunca ha sido ni será validado a profundidad... ‘Útil’, ‘brillante’, ‘convinciente’ o ‘inspirador de confianza’ son descripciones más aptas en lo concerniente a los modelos que ‘valido’”*

En los modelos de Dinámica de Sistemas no hay una prueba simple que permita validar un modelo de este tipo. Dichos modelos poseen una mayor confiabilidad a medida que el modelo es sometido a nuevas pruebas, es decir, a nuevas exigencias y es mejorado de acuerdo al conocimiento de expertos.

### 7.1 PLAN DE PRUEBAS

Los modeladores de la Dinámica de Sistemas han desarrollado una amplia variedad de pruebas específicas para descubrir fallas y mejorar los modelos. Las pruebas para la evaluación de los modelos dinámicos se describen en la Tabla 33 serán las pruebas que se le realizara al modelo final.

Tabla 33. Pruebas para la evaluación de modelos dinámicos.

Prueba	Propósito de la prueba
Evaluación de la estructura	La evaluación de la estructura tiene por objetivo indagar y comprobar si el modelo construido es consistente con el conocimiento obtenido del sistema real el cual es objeto de estudio. Esto permite evaluar si los recursos necesarios para la dinámica de la hipótesis inicial, tienen comportamientos adecuados en conformidad con las realidades físicas básicas y las leyes de conservación de la materia.
Consistencia dimensional	Esta evaluación consiste en especificar las unidades de medida para cada variable a medida que estas se van incluyendo en la construcción del modelo.
Evaluación de parámetros	Los parámetros son elementos exógenos a la delimitación de los límites establecidos para el sistema real que deseamos modelar. Su principal característica radica en como los valores que puede tomar durante el horizonte de simulación afectan el modelo, pero a su vez la representación del sistema (modelo) no repercute sobre ellos. Con lo cual es claro identificar que entre variables exógenas y endógenas, no existen estructuras de realimentación.
Condiciones extremas	El objetivo de esta prueba es evaluar la robustez que tiene la estructura dinámica del modelo en condiciones extremas de simulación. Ello, se corrobora asignando valores iniciales extremos a lo cual el modelo debe responder arrojando comportamientos de forma realista sin importar el rango de valores que las entradas puedan tomar.
Error de integración	Los modelos construidos con dinámica de sistemas son usualmente formulados en condiciones de tiempo continuo y se resuelven utilizando métodos de integración numérica. Por tal motivo, los modeladores deben elegir un método de integración y un tiempo de paso que generen una aproximación lo suficientemente precisa con respecto al propósito del modelo. De igual forma, los resultados de simulación del modelo no deben ser sensibles a la variación en el tiempo de paso o el método de integración seleccionado.
Comportamiento anómalo	Limitaciones en la disponibilidad de datos impide establecer la significancia o fortaleza de relaciones causales. La prueba de comportamiento anómalo examina la importancia estructural de estas relaciones, preguntando si comportamientos anómalos surgen cuando alguna de ellas es eliminada o modificada. Anomalías comportamentales por borrado de relaciones proveen evidencia de su importancia dentro de la estructura dinámica a la cual pertenecen.
Análisis de sensibilidad	Esta prueba permite a los modeladores preguntar si sus conclusiones cambian de forma relevante respecto al propósito cuando los supuestos varían en un rango plausible de incertidumbre. De esta forma, la robustez en las conclusiones que el modelo presenta será probada utilizando el análisis de sensibilidad por variación de parámetros.
Prueba por parte de expertos	Esta prueba consiste en poner a consideración el modelo a los expertos.

Fuente: [98]

## 7.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS AL MODELO

Después de realizar las pruebas al modelo, las cuales se encuentran detalladas en el ANEXO D y ANEXO E; se presenta un informe resumido de los resultados de cada una de las pruebas realizadas:

- **Consistencia dimensional:** es la verificación y ajuste de unidades y valores en cada uno de los sectores para evitar inconsistencias en el paso de información entre los mismos, en donde se verificaron todas las variables usadas y sus unidades con el fin de determinar la consistencia dimensional y su validez.
- **Evaluación de parámetros:** después de revisar la validez conceptual de cada parámetro, es decir que el parámetro represente algo dentro del modelo y no sea una forma de corregir errores o relaciones dudosas. Además, se debe revisar el procedimiento que se utilizó para obtener el valor, que debe ser una estimación mediante estadística, o consulta de una fuente confiable, o estimación por medio de juicios acerca del fenómeno. Se concluye que los valores asignados a los parámetros se obtuvieron de fuentes bibliográficas, estadísticas y de la ayuda de expertos.
- **Error de integración:** Esta prueba consiste en variar los valores del paso de integración para ver si los comportamientos de las variables cambian. Si existen cambios de comportamientos, es porque existen errores en la estructura o en los valores del modelo. Esta prueba se realizó cambiando el paso de integración y el método de integración y observando los comportamientos. Los pasos de prueba fueron los siguientes:
  - Reducir a 0.5 el paso de integración
  - Reducir a 0.25 parte el paso de integración
  - Utilizar un valor aleatorio para el paso de integración. Se utilizó el valor aleatorio 0.348567, obtenido mediante una función de aleatorios.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Con el paso de integración de 0.5: no se dieron cambios significativos en el comportamiento.
- Con el paso de integración de 0.25: no se dieron cambios significativos en el comportamiento.
- Al utilizar un valor aleatorio para el paso de integración, se utilizó el valor aleatorio 0.348567, no se dieron cambios significativos en el comportamiento.

Con estos resultados se puede afirmar que el modelo es independiente del paso de integración utilizado.

- **Análisis de sensibilidad:** Al cambiar en pequeñas cantidades los parámetros se observa que no se dan cambios radicales en el comportamiento del modelo.

- **Prueba por parte de los expertos:** Se contó con la ayuda del profesor Carlos Aníbal Vásquez Cardozo, Director del programa Agroindustrial del IPRED, el cual convocó a un colectivo de expertos, a los cuales se les realizó la presentación del proyecto en general y se hizo énfasis en la estructura diseñada para las cadenas productivas agrícolas, el caso de estudio y los comportamientos generados. Los aportes de los expertos ya se encuentran en el informe final y se relacionan a continuación:
  - Agregar en la estructura la “pos cosecha”, en donde para los cultivos corresponde a la clasificación y empaque. Aunque para algunos cultivos como el cacao además también corresponde al proceso de beneficio del fruto. Este proceso se encuentra en el modelo, sin embargo, la estructura no lo contemplaba.
  - Agregar en el eslabón de producción algunos insumos como lo son los abonos e insecticidas los cuales generan grandes costos al productor.

## 8 ORIENTACIONES DE USO DE LA AGRO – ESTRUCTURA Y LAS DIRECTRICES

Los planteamientos que a continuación se presentan son el resultado del proyecto de investigación extensión titulado “Estrategia tecnológica y didáctica que facilite el uso de modelos de simulación con dinámica de sistemas en el programa agroindustrial del IPRED” [125], cuyo objetivo fundamental fue la elaboración de una estrategia en coherencia formal con los fundamentos pedagógicos del programa en agroindustria del IPRED.

### 8.1 APOYO A LA FORMACIÓN

La *Agro – Estructura* y directrices pretenden ayudar a los docentes y estudiantes en la enseñanza y comprensión del fenómeno de las cadenas productivas. Al diseñar actividades con cobertura y complejidad creciente, permitirá conocer sobre cadenas productivas, su filosofía y el papel de cada uno de los actores que participan.

Para apoyar la formación se proponen una serie de actividades que permitirán avanzar desde las generalidades de las cadenas, hasta el estudio de la cadena productiva del cacao y políticas de inversión (Tabla 34). La descripción completa de las actividades se presenta en el ANEXO F

Tabla 34. Actividades propuestas como apoyo a la formación de cadenas productivas.

No.	Actividad	Descripción	Duración
1	Juego de la cerveza	A partir del juego de la cerveza se pretende construir el conocimiento de “cadena” como un sistema realimentado con retardos.	2 horas
2	Agro – Estructura	Presentación y explicación de la Agro – Estructura, con las relaciones entre los actores involucrados.	2 horas
3	Cadena productiva del cacao	Presentación de la cadena productiva del cacao, la cual se construyó a partir de la Agro – Estructura.	2 horas

### 8.2 APOYO A LA TOMA DE DECISIONES

La creación de cadenas productivas específicas permitirá servir de apoyo a expertos, en el proceso de toma de decisiones. La decisión es una elección entre

alternativas basadas en estimaciones de los valores de esas alternativas. Como el usuario puede crear escenarios y observar los comportamientos, le permitirá analizar las alternativas en base a las estimaciones del modelo. El apoyo a una decisión significa ayudar a las personas que trabajan solas o en grupo a reunir inteligencia, generar alternativas y tomar decisiones. Apoyar el proceso de toma de decisión implica el apoyo a la estimación, la evaluación y/o la comparación de alternativas por medio de la creación de escenarios y análisis de sensibilidad.

Para apoyar la toma de decisiones, Evolución 4.5 cuenta con las opciones de análisis de escenarios y análisis de sensibilidad, en donde primero se puede variar los parámetros de entrada y observar los comportamientos y segundo variar un parámetro entre un rango de valores y observar el comportamiento de una variable. De esta forma el usuario puede crear diversas alternativas, compararlas y tomar una decisión.

Para apoyar la interacción entre el usuario y el modelo, se proponen una serie de actividades, con el fin de acercar a usuarios no conocedores de la Dinámica de Sistemas a la metodología, al software Evolución 4.5, a la Agro – Estructura y a las directrices. De tal forma que puedan usar el software para experimentar cambiando escenarios así como creando cadenas productivas específicas (Tabla 35). La descripción completa de las actividades se presenta en el ANEXO G.

Tabla 35. Actividades propuestas como apoyo a la creación de cadenas específicas y toma de decisiones.

No.	Actividad	Descripción	Duración
1	Introducción a la Dinámica de Sistemas y reconocimiento de Evolución 4.5	Breve presentación de la Dinámica de Sistemas. Presentación y reconocimiento de Evolución 4.5	2 horas
2	Manejo de la Agro – Estructura y directrices en Evolución	Creación de modelos de cadenas productivas específicas, utilizando la Agro – Estructura y las directrices, usando de Evolución para crear escenarios y análisis de sensibilidad en el modelo del caso de estudio	2 horas

## 9 CONCLUSIONES

El principal problema de las cadenas productivas agrícolas, es la falta de comunicación entre los actores, produciendo decisiones sistemáticamente individualistas. Así, cada uno de los actores ignora que se encuentran dentro de una cadena, y atribuyen los resultados obtenidos a elementos exógenos (demanda errática, otros actores, etc.) en lugar de intentar realizar una comprensión global del sistema.

La *Agro – Estructura* y las directrices desarrollada por los autores de la presente investigación, son herramientas útiles para realizar modelos de cadenas productivas específicas, los cuales pueden servir de soporte para expertos en el área agroindustrial. El desarrollo incremental del modelado arrojó una *Agro – Estructura* que mejora el entendimiento frente a la comprensión de las problemáticas presentadas en las cadenas productivas como es el desequilibrio de poder entre los actores participantes.

El análisis de las cadenas productivas es una herramienta que podrían aumentar la competitividad y la capacidad de reconocer las alternativas que se evidencian para el futuro por permitir la simulación de medidas que se encaminen a mejoras en los diversos factores críticos de desempeño organizacional.

- **AGRO – ESTRUCTURA**

Fortalecimiento de las capacidades de los actores de la cadena y soporte a la toma de decisiones estratégicas para el mejoramiento de la competitividad.

La Dinámica de Sistemas se aprecia como un recurso que puede aportar a superar limitaciones. Facilitando a los actores de la cadena comprender la teoría descrita en los libros mediante herramientas tales como los diagramas de influencias, diagramas de flujo-nivel y simulaciones.

La construcción del modelo con Dinámica de Sistemas, concientiza al modelador de la estructura del sistema, es decir, es capaz no solo de explicar qué sucede, sino lo más importante aún, explicar por qué sucede.

El modelo de simulación realizado para las cadenas productivas da una visión de los componentes básicos de una cadena productiva en cuanto a los eslabones, los actores que intervienen y las interacciones que se dan entre ellos

Las cadenas productivas sostenibles son aquellas en las que se observan los enfoques de equidad e igualdad, en base a esto, al analizar las cadenas productivas el precio de debe ser puesto por el productor de acuerdo al costo de producción.

- **CASO DE ESTUDIO**

La *Agro – Estructura* y las directrices modeladas permitieron la construcción de la cadena productiva del cacao, orientando la visión general e incluyendo los principales actores dentro del proceso.

El modelo actual no es una herramienta de predicción, pero puede ser utilizada para el aprendizaje tanto de docentes como estudiantes de procesos agroindustriales y para agricultores o productores, ya que ayuda a lograr una visión del proceso de producción.

Las simulaciones y consultas realizadas permiten afirmar que esta no es una cadena sostenible ya que no hay equidad e igualdad entre los principales actores (productor, comercializador e industria), en base a esto, el precio de las almendras de cacao lo debe determinar el productor de acuerdo al costo de producción.

Aunque el grado de complejidad del modelo aumento a medida que se incluían los eslabones de la cadena productiva del cacao, el modelo explica de forma fácil a los usuarios y curiosos las repercusiones que trae tomar malas decisiones, mostrando a través de nuevos escenarios, los diferentes comportamientos que se pueden presentar.

La cadena del cacao se analizó para cada uno de los eslabones, y se encontró es el eslabón de producción el que tiene más problemas que se manifiestan en los bajos rendimientos, originados principalmente por la edad avanzada de las plantaciones, la incidencia de plagas y enfermedades, las fluctuaciones constantes del precio la cual hacen incierta la actividad productiva.

En el eslabón de producción se debe resaltar:

- Hay poca información disponible confiable sobre producción, áreas actuales y potencialmente utilizadas, rendimientos, costos de producción, precios de los

insumos y de los productos, calidades y tendencias. Los productores están supeditados a las decisiones de los compradores, esto da como resultado que el agricultor no controle el proceso de producción hasta la venta.

- El poco acceso a los créditos para el sostenimiento de los cultivos, debido al poco respaldo económico que pueden ofrecer.
- Los sistemas de información que permiten conocer el estado de la cadena productiva, su desarrollo, problemas, fortalezas y oportunidades.

En el proceso industrial se encontró que el chocolate de mesa es el producto de mayores ventas, el mayor porcentaje de consumo se presenta en los estratos de bajos ingresos por el bajo costo de los productos, lo cual permite fácil acceso a un alimento rico en energía. Esto permite concluir que los consumidores adquieren los productos por el precio y no por su calidad.

Se evidencia la necesidad de buscar mecanismos que promuevan una mayor participación de ciertos eslabones o actores, concretamente del eslabón de producción.

## 10 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se realizaron con el propósito de continuar con el estudio de las cadenas productivas, en donde actualmente se están desarrollando proyectos para fortalecer el sector agrícola. A través de modelado y simulación utilizando Dinámica de Sistemas para la construcción de prototipos de la *Agro – Estructura* planteada en esta investigación.

- Realizar un ambiente software que permita a usuarios no conocedores de la Dinámica de Sistemas interactuar, creando cadenas productivas específicas en donde se pueda simular y definir escenarios con el fin de analizar y reflexionar los comportamientos.
- Realizar una prueba de campo con estudiantes del programa Agroindustrial, con el fin de aplicar todas las actividades propuestas y probar los contenidos. Además, es conveniente buscar mecanismos que permitan medir el impacto del aprendizaje.

Además, se recomienda que este proyecto sea retomado en otro proyecto de investigación para mejorar, implementar y agregar al modelo:

- Posibilidad de modificación del tiempo los componentes de lógica difusa, de tal forma que se tenga en cuenta el desgaste de los suelos, pérdida de nutrientes, etc.
- Incorporar otros eslabones de las cadenas productivas, tales como la comercialización minorista y el consumo final.
- Especificación del trabajo del comercializador, en donde se realiza una clasificación de los productos agrícolas, con el fin de obtener mejor precio por el producto.
- Mejora el modelo en el eslabón de proceso industrial, en donde se considere la maquinaria necesaria, la cantidad de producción de acuerdo a la tecnología, así como la calidad de los productos finales, precio y comparar el valor agregado con el precio final.
- Mejoramiento del modelo de negocio de la cadena o uno o todos los eslabones, entendiendo el modelo de negocio como la forma en que se relacionan los actores y recursos dentro del eslabón y entre estos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Martínez Rojas, U. E. Gómez Prada, and H. H. Andrade Sosa, “Modelo de simulación con DS para el aprendizaje de la cadena productiva del cacao,” Bucaramanga, 2012.
- [2] A. Vélez and A. Campos, “Sector Agroindustrial Colombiano,” 2011.
- [3] O. F. Castellanos, L. M. Torres, S. L. Fonseca, V. M. Montañez, and A. Sanchez, “Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de cacao-chocolate en Colombia,” Bogotá, 2007.
- [4] Agrocadenas, “Observatorio de competitividad,” 2006.
- [5] M. Lundy, M. V. Gottret, W. G. Cifuentes, C. F. Ostertag, and R. Best, “Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de cadenas productivas con productores de pequeña escala,” 2004.
- [6] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, *Ley 811 de 2003*, vol. 2003, no. 45. 2003.
- [7] D. Lasprilla Miranda, “Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo,” *Rev. Bras. Frutic.*, vol. 33, no. spe1, pp. 199–205, 2011.
- [8] J. G. Isaza Castro, “Cadenas productivas. Enfoques y precisiones conceptuales,” *Rev. Sotavento*, p. 18, 2010.
- [9] P. Montañó de Mayolo, “Frutas tropicales de Colombia para el mundo: producción, agroindustria, comercialización y cadena productiva,” in *Primer Simposio Colombiano sobre Producción, Agroindustria y Comercialización de Frutas Tropicales Noviembre 22 al 24 de 2007*, 2007, pp. 1–162.
- [10] D. K. Levine, “Production chains,” *Rev. Econ. Dyn.*, vol. 15, no. 3, pp. 271–282, 2012.
- [11] Q. Long and W. Zhang, “An integrated framework for agent based inventory-production-transportation modeling and distributed simulation of supply chains,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 277, pp. 567–581, 2014.
- [12] H. B. Fleter Ocón, “Cadenas, redes y actores de la agroindustria en el contexto de la globalización. El aporte de los enfoques contemporáneos del desarrollo regional,” *Espiral, Estud. sobre Estado y Soc.*, vol. XIII, no. 37, pp. 97–122, 2006.
- [13] M. Lundy, “Cadenas Productivas: Conceptos Básicos Visión de Cadena Productiva.”
- [14] I. M. Santa Catalina, A. Davalillo Aurrecoechea, and J. Dolado Cosín, *Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria*. 2010.
- [15] D. Van Der Heyden, P. Camacho, C. Marlin, and M. Salazar González, *Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas*, Editoria L. Lima, 2004.
- [16] CACAONICA, “Caracterización de la cadena productiva de cacao y diagnostico de la cooperación entre actores en Nicaragua,” 2006.
- [17] U. E. Gómez Prada and H. H. Andrade Sosa, “Lineamiento metodológicos para la construcción de modelos agro-industriales identificables en términos

- de dinámicas poblacionales basados en pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas,” Bucaramanga, 2010.
- [18] R. Parra, V. Miller, and M. Lundy, “Cadenas Productivas Colombianas: cómo la política pública transforma la agricultura,” Cali, Colombia, 2010.
  - [19] H. H. Andrade Sosa and X. M. Navas Garnica, “Ingeniería de Sistemas - Realidad virtual y aprendizaje,” *UIS Ing.*, vol. 1, 2002.
  - [20] L. Adacher, M. Boccadoro, F. Martinelli, and P. Valigi, “Cooperative and competitive negotiation in a Supply Chain model,” *2008 47th IEEE Conf. Decis. Control*, vol. 1, no. 3, pp. 3731–3736, 2008.
  - [21] A. Adhitya and R. Srinivasan, “Simulation-based business decision support for multi-site supply chain management,” *Proc. 2010 Spring Simul. Multiconference - SpringSim '10*, p. 1, 2010.
  - [22] L. E. Cárdenas-Barrón and S. S. Sana, “A production-inventory model for a two-echelon supply chain when demand is dependent on sales teams’ initiatives,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 155, pp. 249–258, 2014.
  - [23] C. E. Laguna Reyes, “Cadenas productivas, Columna vertebral de los clusters industriales Mexicanos,” *Econ. Mex. Nueva Epoca*, vol. 19, no. 1, pp. 119–170, 2010.
  - [24] Departamento Nacional de Planeación, “Cadenas productivas. Estructura, comercio internacional y protección.”
  - [25] J. G. Dávila Velez and L. F. Ramirez Otero, “Modelo matemático para la optimización de una cadena de suministro global con consideraciones de cupos de compra y periodos de pago,” *Dep. Operaciones y Sist. Univ. Autónoma Occident. Cali, Colomb.*, vol. 6, pp. 6–21, 2011.
  - [26] D. J. Parsons, R. J. Clark, and K. L. Payette, “Impact of production run length on supply chain performance,” *Proc. 2004 Winter Simul. Conf. 2004.*, vol. 2, 2004.
  - [27] E. Bazan, M. Y. Jaber, S. Zanoni, and L. E. Zavanella, “Vendor Managed Inventory (VMI) with Consignment Stock (CS) agreement for a two-level supply chain with an imperfect production process with/without restoration interruptions,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 157, no. Vmi, pp. 1–13, 2014.
  - [28] J. C. Chen, C. H. Cheng, P. B. Huang, K. J. Wang, C. J. Huang, and T. C. Ting, “Supply chain management with lean production and RFID application: A case study,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 69, no. 1–4, pp. 531–542, 2013.
  - [29] U. De Corato, C. Pane, G. Luigi, F. Antonio, M. Zaccardelli, and A. Di, “Co-products from a biofuel production chain in crop disease management: A review,” *Crop Prot.*, vol. 68, pp. 12–26, 2015.
  - [30] Y. Fujiki, Y. Kumada, and M. Kishimoto, “Phase analysis in single-chain variable fragment production by recombinant *Pichia pastoris* based on proteomics combined with multivariate statistics,” *J. Biosci. Bioeng.*, pp. 2–7, 2015.
  - [31] O. K. Ha, Y. S. Song, K. Y. Chung, K. D. Lee, and D. Park, “Relation model describing the effects of introducing RFID in the supply chain: Evidence from the food and beverage industry in South Korea,” *Pers. Ubiquitous Comput.*,

- vol. 18, no. 3, pp. 553–561, 2014.
- [32] G. Jianghua, H. Yongtao, X. Yonglin, and G. Guoan, “Research on supply chain model oriented to complex products life cycle,” *Proc. IEEE Int. Conf. Autom. Logist. ICAL 2008*, no. September, pp. 2163–2168, 2008.
  - [33] W. Krug, J. Liebelt, and B. Baumbach, “Supply chain model based simulation and optimization,” *PICMET '01. Portl. Int. Conf. Manag. Eng. Technol. Proc. Vol.1 B. Summ. (IEEE Cat. No.01CH37199)*, vol. 1, p. 469, 2001.
  - [34] J. C. Chávez Martínez, *Cadena de valor, estrategias genéricas y competitividad: El caso de los productores de café orgánico del municipio de Tanetze de Zaragoza, Oaxaca*. Oaxaca de Juárez, 2012.
  - [35] C. Wang, R. Huang, and Q. Wei, “Integrated pricing and lot-sizing decision in a two-echelon supply chain with a finite production rate,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 161, pp. 44–53, 2015.
  - [36] E. Genc, N. Duffie, and G. Reinhart, “Event-based Supply Chain Early Warning System for an Adaptive Production Control,” *Procedia CIRP*, vol. 19, no. RoMaC, pp. 39–44, 2014.
  - [37] D. J. Parsons and R. A. Phelps, “Production scheduling validity in high level supply chain models,” *Simulation*, pp. 680–683, 2001.
  - [38] A. J. Siprelle, D. J. Parsons, and R. J. Clark, “Benefits of using a supply chain simulation tool to study inventory allocation,” *Proc. 2003 Winter Simul. Conf. 2003.*, vol. 1, pp. 238–245, 2003.
  - [39] J. Ren and S. Liu, “Game analysis of cooperative advertising based on ‘one to many’ supply chain model,” *2010 7th Int. Conf. Serv. Syst. Serv. Manag.*, pp. 1–4, 2010.
  - [40] Y. H. Lee and S. H. Kim, “Optimal production - distribution planning in supply chain management using a hybrid simulation - analytic approach,” *Simulation*, no. Riis 1995, pp. 1635–1644, 2000.
  - [41] J. A. Amézquita López, J. C. Vergara Schamalbach, and F. J. Maza Ávila, *Modelamiento de cadenas agroindustriales mediante simulación de redes*. Cartagena, 2008.
  - [42] B. J. Angerchofer and M. C. Angelides, “System dynamics modelling in supply chain management: research review,” vol. 1, pp. 342–351, 2000.
  - [43] B. J. Angerhofer and M. C. Angelides, “A model and a performance measurement system for collaborative supply chains,” *Decis. Support Syst.*, vol. 42, no. 1, pp. 283–301, Oct. 2006.
  - [44] K. Piewthongngam, P. Vijitnopparat, S. Pathumnakul, S. Chumpatong, and M. Duangjinda, “System dynamics modelling of an integrated pig production supply chain,” *Biosyst. Eng.*, vol. 127, pp. 24–40, 2014.
  - [45] D. Minnich and F. H. Maier, “Supply Chain Responsiveness and Efficiency – Complementing or Contradicting Each Other?,” pp. 1–16.
  - [46] I. Huertas Forero, J. K. Clavijo Rondón, and J. A. Buitrago Pérez, “Modelo de dinámica de sistemas para la cadena de abastecimiento de la granadilla en Cundinamarca, Colombia,” 2011.
  - [47] I. Huertas Forero, M. R. Verástegui, and L. C. Morales Parra, “Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de la mandarina,” 2011.

- [48] I. Huertas Forero, M. R. Verástegui, and L. A. Puentes, "Modelo de Dinámica de Sistemas para las Frutas Orgánicas - El lulo," 2011.
- [49] S. Jain, S. Sigurardóttir, E. Lindskog, J. Andersson, A. Skoogh, and B. Johansson, "Multi-resolution modeling for supply chain sustainability analysis," *Proc. 2013 Winter Simul. Conf. - Simul. Mak. Decis. a Complex World, WSC 2013*, pp. 1996–2007, 2013.
- [50] C.-F. Lee and C.-P. Chung, "An Inventory Model for Deteriorating Items in a Supply Chain with System Dynamics Analysis," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 40, pp. 41–51, 2012.
- [51] Y. Tian, K. Govindan, and Q. Zhu, "A system dynamics model based on evolutionary game theory for green supply chain management diffusion among Chinese manufacturers," *J. Clean. Prod.*, vol. 80, pp. 96–105, 2014.
- [52] F. Yang, "Study on model of supply chain inventory management based on system dynamics: Real example analysis of distributor system vensim simulation model," *Proc. - 2009 Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Sci. ITCS 2009*, vol. 1, pp. 209–212, 2009.
- [53] W. Wen-Xiang, "Complex behaviour in a multi-level supply chain model," *ICACTE 2010 - 2010 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. Proc.*, vol. 1, pp. 493–496, 2010.
- [54] X. Wang and S. Takakuwa, "Module-based modeling of production-distribution systems considering shipment consolidation," pp. 1477–1484, 2006.
- [55] S. Villa Betancur, "Efecto de las Decisiones de Pedidos de Clientes Mayoristas en Cadenas de Abastecimiento: Un análisis experimental," 2011.
- [56] J. C. Vergara Schamalbach, J. A. Amézquita López, and F. J. Maza Ávila, "Análisis de las cadenas productivas agroindustriales bajo la óptica de la dinámica de sistemas: una aproximación al caso de las cadenas productivas agroindustriales en el departamento de Bolívar," p. 25, 2007.
- [57] J. Venkateswaran, Y.-J. Son, and B. Kulvatunyou, "Investigation of influence of modeling fidelities on supply chain dynamics," *Proc. Winter Simul. Conf.*, vol. 2, pp. 1183–1191, 2002.
- [58] S. A. Ramírez and G. E. Peña, "Análisis de comportamiento caótico en variables de la cadena de suministro," *J. Econ. Financ. Adm. Sci.*, vol. 16, no. 31, pp. 86–106, 2011.
- [59] E. Mosekilde and J. L. Laugesen, "Nonlinear dynamic phenomena in the beer model," *Syst. Dyn. Rev. Vol. 25 No.1*, vol. 25, no. 1, pp. 1–34, 2009.
- [60] S. Ramirez Echeverri, G. E. Peña, and M. D. Arango, "Modelización de una cadena de abastecimiento (supply chain) para el sector textil-confección en el entorno colombiano Modelización de una cadena de abastecimiento ( supply chain ) para el sector textil-confección en el entorno colombiano.," p. 138, 2010.
- [61] O. Rubiano and G. Bulla, "El impacto e implicaciones de la desintermediación en la gestión de la cadena de suministro. Un enfoque holista." 2011.
- [62] S. Cannella, E. Ciancimino, J. M. Framinan, and S. M. Disney, "Los cuatros arquetipos de cadena de suministro," 2010.
- [63] A. M. Gomes de Castro, "Metodología para prospección de la cadena

- productiva de pesca,” 2003.
- [64] R. Díaz Porras and M. Hartley Ballesteros, “Evaluación del ciclo de vida aplicada en agrocadenas productivas: un instrumento de gestión ambiental para el diseño de políticas,” *Rev. Iberoam. Econ. Ecológica*, vol. 3, pp. 1–15, 2006.
- [65] S. Göran, “Supply Chain Management versus Sustainable Chain Management,” no. april 2008, pp. 219–237, 2007.
- [66] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, “Cartilla de Cadenas Productivas,” *Minist. Agric. y Desarro. Rural*, p. 58, 2009.
- [67] E. Alvarado, “Línea base para la caracterización de la cadena productiva de cacao y diagnóstico de la cooperación entre actores,” Cortés, Honduras, 2006.
- [68] BioGestión, “Estudio prospectivo en la cadena productiva del tabaco,” Bogotá, 2006.
- [69] FOSDEH, “Manual de Desarrollo de Estudio de Cadenas Productivas,” Tegucigalpa, Honduras, 2008.
- [70] A. García Álvarez and H. Marquetti Nodarse, “Cadenas, redes y clusters productivos: aspectos teóricos,” 2005.
- [71] G. Gereffi, “Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización,” *Probl. desarrollo*, vol. 135, pp. 9–38, 2001.
- [72] V. Gutiérrez and C. J. Vidal, “Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la literatura,” *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, vol. 43, pp. 134–149, 2008.
- [73] H. J. Hernández-hernández and J. R. Montoya Torres, “From Sustainable Supply Chains to Closed-Loop Systems: A Critical Overview of Scientific Literature,” *Eng. Technol.*, pp. 1–10, 2011.
- [74] C. F. Espinal, H. J. Martínez Covalada, and N. Pinzón Ruíz, “La cadena de algodón en Colombia - Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2003,” 2005.
- [75] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, “Cadenas Productivas Solidarias,” vol. 2013, no. Abril 3, 2013.
- [76] M. E. Morales Rubiano and N. S. Peláez Parada, “El estudio de la cadena productiva del fique,” vol. Julio-Dici, no. 20, pp. 121–134, 2002.
- [77] FEDEPAPA and I. y C. Superintendencia, “Cadena productiva de la papa: Diagnóstico de libre competencia,” pp. 1–6, 2009.
- [78] V. Peña and E. Solís, “La Cadena de Suministros y su Evolución,” pp. 1–7, 2006.
- [79] C. F. Espinal, H. Martínez, P. Nidyan, and C. Barrios, “La Cadena del Tabaco en Colombia - Una Mirada Global de su Estructura y Dinamica 1991 - 2005,” 2005.
- [80] Secretaria del Mercosur, “Cadenas productivas en el MERCOSUR,” Montevideo, 2006.
- [81] D. Tomta and C. Chiatchona, “Cadenas productivas y productividad de las Mipymes,” vol. 7, no. 11, pp. 145–164, 2009.
- [82] Superintendencia Industria y Comercio, “Cadena Productiva del Maíz,” 2011.

- [83] O. F. Castellanos, L. M. Torres, I. J. Rosero, J. C. Rojas López, C. A. Contreras Pedraza, and A. M. Fúquene, "Agenda prospectiva de investigación en la cadena productiva agroindustrial de fique a partir de sistemas de inteligencia tecnológica," 2008.
- [84] L. Jaén Berrantes and L. Foster Russell, "Sector agropecuario: Cadena productiva del cacao políticas y acciones," 2010.
- [85] S. Piñones Vázquez, L. A. Acosta Avila, and Tartanac Florence, *Alianzas productivas en Agrocadenas*. Santiago de Chile, 2006.
- [86] R. Burritt and S. Schaltegger, "Accounting towards sustainability in production and supply chains," *Br. Account. Rev.*, vol. 46, no. 4, pp. 327–343, 2014.
- [87] M. D. Arango Serna, W. Adarme Jaimes, and J. A. Zapata Cortes, "Gestión de abastecimiento - Logística con indicadores bajo incertidumbre, caso aplicado sector panificador palmira," 2010.
- [88] Z. Songtao and Z. Xiaowei, "Fuzzy Robust Control for an Uncertain Discrete Switched Closed-loop Supply Chain with Time-delay," *Int. J. Adv. Comput. Technol.*, vol. 4, no. 14, pp. 92–104, 2012.
- [89] O. C. de Freitas Neto, S. L. Silva Lages, A. O. Torres Carrasco, and A. Berchieri Junior, "Search for Salmonella spp. in ostrich productive chain of Brazilian southeast region," *Trop. Anim. Health Prod.*, vol. 41, no. 8, pp. 1607–1614, 2009.
- [90] G. R. Nasiri, R. Zolfaghari, and H. Davoudpour, "An integrated supply chain production–distribution planning with stochastic demands," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 77, pp. 35–45, 2014.
- [91] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, "Sector agroindustrial," Bogotá.
- [92] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, "Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de los sectores ELECTRÓNICA. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES.," p. 820, 2013.
- [93] C. F. Espinal G, H. J. Martínez Covalada, and L. Ortiz Hermida, "La cadena del cacao en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005," Bogotá, 2005.
- [94] J. Aracil, *Dinámica de sistemas*, Isdefe. Madrid, 1995.
- [95] C. A. Conti, "Herramientas de l Pensamiento Sistémico según Peter Senge," 2008.
- [96] H. H. Andrade Sosa, L. C. Gómez Florez, E. E. Rallón Noriega, and N. J. Rey Quiñonez, "JdIC2002: Herramienta Software basada en el Juego de la Cerveza para el desarrollo de competencias de Aprendizaje Organizacional," 2002.
- [97] B. Pascual, M. Ambrústolo, M. Migueles, and M. Rizzo, "El Juego de la Cerveza como disparador de la enseñanza del pensamiento sistémico en la formación del Ingeniero Industrial," 2009.
- [98] J. D. Sterman, *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. 2000.
- [99] J. Forrester, *Industrial Dynamics*. 2013.
- [100] M. Schaffernicht, "Dinámica de Sistemas: La búsqueda del rigor en el diseño

de sistemas sociales.”

- [101] R. G. Coyle, *System Dynamics Modelling: A Practical Approach*, Ilustrada., 1996.
- [102] H. H. Andrade Sosa, I. Dyner, A. Espinosa, H. López Garay, and R. Sotaquirá, *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2001.
- [103] Y. Álvarez, “Análisis dinámico de un investigación y desarrollo de,” vol. 2, no. Marzo 2006, pp. 3–35.
- [104] G. Gordon, *Simulación de sistemas*. Mexico: Diana.
- [105] S. G. Clauson, “¿Qué es asistencia técnica?,” *Unassylva*, vol. 4, pp. 226–228, 2007.
- [106] Superintendencia Industria y Comercio, “Cadena productiva del cacao: diagnóstico de libre competencia,” 2011.
- [107] D. Rivadeneira, “Empresa y Actualidad,” 2012. [Online]. Available: <http://empresactualidad.blogspot.com.co/2012/03/comercializacion-definicion-y-conceptos.html>.
- [108] M. Cuellar Yeneris, E. de J. Lince Mercado, L. C. Gomez Florez, and H. H. Andrade Sosa, “Evolución 3.5. Herramienta software para el modelamiento y simulación con Dinámica de Sistemas,” Bucaramanga, 2003.
- [109] A. E. Hernandez Cuadrado, A. J. Monsalve Quintero, E. de J. Lince Mercado, and H. H. Andrade Sosa, “Mantenimiento del software Evolucion 4.0,” Bucaramanga, 2014.
- [110] H. H. Andrade Sosa, E. de J. Lince Mercado, A. E. Hernandez Cuadrado, and A. J. Monsalve Quintero, “Evolución: herramienta software para modelado y simulación con Dinámica de Sistemas,” *Revista de Dinámica de Sistemas*, 2010.
- [111] G. D. Machado Mendoza, C. E. González Pérez, and H. H. Andrade Sosa, “Componente de sistema de inferencia difusa (FIS) para Evolución 3.5,” Bucaramanga, 2006.
- [112] Asohofrucol, “Plan Hortícola Nacional,” *Canasta Prod. del plan hortícola Nac.*, 2013.
- [113] E. Isla Ramírez and B. Andrade Adaniya, “Propuesta para el manejo de cacao orgánico,” Lima.
- [114] J. J. Perfetti, Á. Balcázar, A. Hernández, and J. Leibovich, *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*. Bogotá, Colombia, 2013.
- [115] FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, “Manejo de Malezas para Países en Desarrollo,” Roma., 1996.
- [116] FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Los fertilizantes y su uso*. Roma, 2002.
- [117] Federación Nacional de Cafeteros, “Comercialización Sostenible y con Valor Agregado,” pp. 5–24, 2009.
- [118] Fedecacao, “Cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.),” pp. 1–34, 2008.
- [119] M. Paredes, “Manual del cultivo de cacao,” Lima, Perú, 2003.
- [120] L. Baptista, *El cultivo de cacao*, Ingráfica . Santo Domingo, 2009.
- [121] T. Ospina, “El cultivo del cacao,” pp. 1–28, 1857.

- [122] J. A. Benito Sullca, "Paquete tecnológico de manejo integrado del cacao," Tarapoto, Perú.
- [123] C. Borrero, "El cultivo de cacao en el Guaviare," 2008.
- [124] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, *Cadena Productiva Forestal - Tableros Aglomerados y Contrachapados -Muebles y Productos de Madera*. 2007.
- [125] N. Martínez Rojas, J. S. Angarita Zapata, H. H. Andrade Sosa, and C. A. Vasquez Cardozo, "Estrategia para la integración de la Dinámica de Sistemas al programa de agroindustria del IPRED\_UIS," Bucaramanga, 2015.
- [126] G. Palencia, R. Gómez, and O. Gúiza, "Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao," Bogotá, Colombia, 2009.
- [127] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, "Definición de la agenda prospectiva de investigación para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia," Bogotá, 2008.
- [128] D. Castro Restrepo, J. J. Díaz García, R. Serna Betancur, M. D. Martínez Tobón, P. A. Urrea, K. Muñoz Durango, and E. J. Osorio Durango, *Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales*. 2013.
- [129] J. E. Gonzalez Barajas, J. C. Rodriguez Ribon, H. H. Andrade Sosa, R. Manrique Estupiñan, and O. Insuasty Burbano, "Propuesta de un modelo de simulación para el cultivo de la caña panelera bajo el enfoque sistemático," Bucaramanga, 1997.
- [130] Agrocadenas, "Las cadenas oleaginosas, aceites y grasas," Bogotá, Colombia, 2001.
- [131] A. Mojica and J. Paredes, *Ensayos sobre Economía Regional (ESER)*, Banco de I. Bucaramanga, 2004.
- [132] T. Hernandez, "Gestión de la asistencia técnica, para una nueva ruralidad. Un enfoque sistémico," 2005.
- [133] F. Hernandez, "La densidad de siembra en los cultivos."

## BIBLIOGRAFÍA

Adacher, Ludovica, Mauro Boccadoro, Francesco Martinelli, and Paolo Valigi. 2008. "Cooperative and Competitive Negotiation in a Supply Chain Model." *2008 47th IEEE Conference on Decision and Control* 1(3): 3731–36.

Adhitya, Arief, and Rajagopalan Srinivasan. 2010. "Simulation-Based Business Decision Support for Multi-Site Supply Chain Management." *Proceedings of the 2010 Spring Simulation Multiconference on - SpringSim '10*: 1. <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1878537.1878599>.

Agrocadenas. 2001. *Las Cadenas Oleaginosas, Aceites Y Grasas*. Bogotá, Colombia.

———. 2006. *Observatorio de Competitividad*.

Alvarado, Enrique. 2006. *Línea Base Para La Caracterización de La Cadena Productiva de Cacao Y Diagnóstico de La Cooperación Entre Actores*. Cortés, Honduras.

Álvarez, Yolanda. "Análisis Dinámico de Un Investigación Y Desarrollo de." 2(Marzo 2006): 3–35.

Amézquita López, Julio Adolfo, Juan Carlos Vergara Schamalbach, and Francisco Javier Maza Ávila. 2008. *Modelamiento de Cadenas Agroindustriales Mediante Simulación de Redes*. Cartagena.

Andrade Sosa, Hugo Hernando et al. 2001. *Pensamiento Sistémico: Diversidad En Búsqueda de Unidad*. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander.

Andrade Sosa, Hugo Hernando, Luis Carlos Gómez Florez, Eneida Esther Rallón Noriega, and Nydia Johanna Rey Quiñonez. 2002. "JdIC2002: Herramienta Software Basada En El Juego de La Cerveza Para El Desarrollo de Competencias de Aprendizaje Organizacional."

Andrade Sosa, Hugo Hernando, Emiliano de Jesús Lince Mercado, Alexander Elias Hernandez Cuadrado, and Adriana Judith Monsalve Quintero. 2010. "Evolución: Herramienta Software Para Modelado Y Simulación Con Dinámica de Sistemas." *Revista de Dinámica de Sistemas*.

Andrade Sosa, Hugo Hernando, and Ximena Marcela Navas Garnica. 2002. "Ingeniería de Sistemas - Realidad Virtual Y Aprendizaje." *UIS Ingenierías* 1.

Angerhofer, Bernhard J., and Marios C. Angelides. 2000. "System Dynamics Modelling in Supply Chain Management: Research Review." 1: 342–51. <http://ieeexplore.ieee.org/ielx5/7220/19454/00899737.pdf?tp=&arnumber=899737&isnumber=19454>.

Angerhofer, Bernhard J., and Marios C. Angelides. 2006. "A Model and a Performance Measurement System for Collaborative Supply Chains." *Decision Support Systems* 42(1): 283–301. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167923604003070> (May 25, 2014).  
Aracil, Javier. 1995. *Dinámica de Sistemas*. Isdefe. Madrid.

Arango Serna, Martín Dario, Wilson Adarme Jaimes, and Julian Andrés Zapata Cortes. 2010. "Gestión de Abastecimiento - Logística Con Indicadores Bajo Incertidumbre, Caso Aplicado Sector Panificador Palmira."  
Asohofrucol. 2013. "Plan Hortícola Nacional." *Canasta de productos del plan hortícola nacional*. [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_28\\_PHN.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf).

Baptista, Lépidio. 2009. Santo Domingo, República Dominicana. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal CEDAF *El Cultivo de Cacao*. Ingráfica . Santo Domingo.

Bazan, Ehab, Mohamad Y. Jaber, Simone Zanoni, and Lucio E. Zavanella. 2014. "Vendor Managed Inventory (VMI) with Consignment Stock (CS) Agreement for a Two-Level Supply Chain with an Imperfect Production Process With/without Restoration Interruptions." *International Journal of Production Economics* 157(Vmi): 1–13. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527314000590>.

Benito Sullca, José A. *Paquete Tecnológico de Manejo Integrado Del Cacao*. Tarapoto, Perú.

BioGestión. 2006. Benchmarking *Estudio Prospectivo En La Cadena Productiva Del Tabaco*. Bogotá.

Borrero, Cesar. 2008. *El Cultivo de Cacao En El Guaviare*.

Burritt, Roger, and Stefan Schaltegger. 2014. "Accounting towards Sustainability in Production and Supply Chains." *The British Accounting Review* 46(4): 327–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bar.2014.10.001>.

CACAONICA. 2006. *Caracterización de La Cadena Productiva de Cacao Y Diagnostico de La Cooperación Entre Actores En Nicaragua*.

Cannella, Salvatore, Elena Ciancimino, Jose M. Framinan, and Stephen Michael Disney. 2010. "Los Cuatros Arquetipos de Cadena de Suministro."

<http://orca.cf.ac.uk/32456/>.

Cárdenas-Barrón, Leopoldo Eduardo, and Shib Sankar Sana. 2014. "A Production-Inventory Model for a Two-Echelon Supply Chain When Demand Is Dependent on Sales Teams' Initiatives." *International Journal of Production Economics* 155: 249–58. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527314000875>.

Castellanos, Oscar Fernando et al. 2007. *Agenda Prospectiva de Investigación Y Desarrollo Tecnológico Para La Cadena Productiva de Cacao-Chocolate En Colombia*. Bogotá.

———. 2008. *Agenda Prospectiva de Investigación En La Cadena Productiva Agroindustrial de Fique a Partir de Sistemas de Inteligencia Tecnológica*.

Castro Restrepo, Dagoberto et al. 2013. *Cultivo Y Producción de Plantas Aromáticas Y Medicinales*.

Chávez Martínez, Juan Carlos. 2012. *Cadena de Valor, Estrategias Genéricas Y Competitividad: El Caso de Los Productores de Café Orgánico Del Municipio de Tanetze de Zaragoza, Oaxaca*. Oaxaca de Juárez.

Chen, James C. et al. 2013. "Supply Chain Management with Lean Production and RFID Application: A Case Study." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 69(1-4): 531–42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.047>.

Clauson, Sir Gerard. 2007. "¿Qué Es Asistencia Técnica?" *Unassylva* 4: 226–28.

Conti, Carlos A. 2008. *Herramientas de L Pensamiento Sistémico Según Peter Senge*.

De Corato, Ugo et al. 2015. "Co-Products from a Biofuel Production Chain in Crop Disease Management: A Review." *Crop Protection* 68: 12–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.025>.

Coyle, R. G. 1996. *System Dynamics Modelling: A Practical Approach*. Ilustrada., ed. CRC Press.

Cuellar Yeneris, Mario, Emiliano de Jesús Lince Mercado, Luis Carlos Gomez Florez, and Hugo Hernando Andrade Sosa. 2003. *Evolución 3.5. Herramienta Software Para El Modelamiento Y Simulación Con Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga.

Dávila Velez, Jimmy Gilberto, and Luis Felipe Ramirez Otero. 2011. "Modelo Matemático Para La Optimización de Una Cadena de Suministro Global Con Consideraciones de Cupos de Compra Y Periodos de Pago." *Departamento de Operaciones y Sistemas, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia*. 6: 6–21.

Departamento Nacional de Planeación. *Cadenas Productivas. Estructura, Comercio Internacional Y Protección.*

Díaz Porras, Rafael, and Marjorie Hartley Ballestero. 2006. "Evaluación Del Ciclo de Vida Aplicada En Agrocadenas Productivas: Un Instrumento de Gestión Ambiental Para El Diseño de Políticas." *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 3: 1–15.

Espinal, Carlos Federico, Héctor J. Martínez Covalada, and Nidyan Pinzón Ruíz. 2005. Min. Agricultura y Desarrollo Rural, Obs. Agrocadenas Colombia *La Cadena de Algodón En Colombia - Una Mirada Global de Su Estructura Y Dinámica 1991-2003.*

Espinal, Carlos Federico, Hector Martínez, Pinzón Nidyan, and Camilo Barrios. 2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia Documento de Trabajo No. 55 *La Cadena Del Tabaco En Colombia - Una Mirada Global de Su Estructura Y Dinamica 1991 - 2005.*

Espinal G, Carlos Federico, Héctor J Martínez Covalada, and Lila Ortiz Hermida. 2005. Min. Agricultura y Desarrollo Rural, Obs. Agrocadenas Colombia *La Cadena Del Cacao En Colombia: Una Mirada Global de Su Estructura Y Dinámica 1991-2005.* Bogotá.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1996. "Manejo de Malezas Para Países En Desarrollo."

———. 2002. *Los Fertilizantes Y Su Uso.* Roma.

Fedecacao. 2008. "Cultivo de Cacao (*Theobroma Cacao L.*):" : 1–34.

FEDEPAPA, and Industria y Comercio Superintendencia. 2009. "Cadena Productiva de La Papa: Diagnóstico de Libre Competencia." : 1–6.

Federación Nacional de Cafeteros. 2009. "Comercialización Sostenible Y Con Valor Agregado." : 5–24.

Fleter Ocón, Héctor B. 2006. "Cadenas, Redes Y Actores de La Agroindustria En El Contexto de La Globalización. El Aporte de Los Enfoques Contemporáneos Del Desarrollo Regional." *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad* XIII(37): 97–122.

Forrester, Jay. 2013. *Industrial Dynamics.* ed. Martino Publishing.

FOSDEH. 2008. *Manual de Desarrollo de Estudio de Cadenas Productivas.* Tegucigalpa, Honduras. [www.fosdeh.net](http://www.fosdeh.net).

de Freitas Neto, Oliveira Caetano, Sonia Luisa Silva Lages, Adriano Oliveira Torres Carrasco, and Angelo Berchieri Junior. 2009. "Search for Salmonella Spp. in Ostrich Productive Chain of Brazilian Southeast Region." *Tropical Animal Health and Production* 41(8): 1607–14.

Fujiki, Yuya, Yoichi Kumada, and Michimasa Kishimoto. 2015. "Phase Analysis in Single-Chain Variable Fragment Production by Recombinant *Pichia Pastoris* Based on Proteomics Combined with Multivariate Statistics." *Journal of Bioscience and Bioengineering*: 2–7.  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389172314004952>.

Garcia Álvarez, Anicia, and Hiram Marquetti Nodarse. 2005. "Cadenas, Redes Y Clusters Productivos: Aspectos Teóricos."

Genc, E., N. Duffie, and G. Reinhart. 2014. "Event-Based Supply Chain Early Warning System for an Adaptive Production Control." *Procedia CIRP* 19(RoMaC): 39–44. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827114006477>.

Gereffi, Gary. 2001. "Las Cadenas Productivas Como Marco Analítico Para La Globalización." *Problemas de desarrollo* 135: 9–38.

Gomes de Castro, Antônio Maria. 2003. "Metodología Para Prospección de La Cadena Productiva de Pesca."

Gómez Prada, Urbano Eliécer, and Hugo Hernando Andrade Sosa. 2010. *Lineamientos Metodológicos Para La Construcción de Modelos Agro-Industriales Identificables En Términos de Dinámicas Poblacionales Basados En Pensamiento Sistémico Y La Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga.

Gonzalez Barajas, Jorge Eduardo et al. 1997. *Propuesta de Un Modelo de Simulación Para El Cultivo de La Caña Panelera Bajo El Enfoque Sistemático*. Bucaramanga.

Göran, Svensson. 2007. "Supply Chain Management versus Sustainable Chain Management." (april 2008): 219–37.

Gordon, Geoffrey. *Simulación de Sistemas*. Mexico: Diana.

Gutiérrez, Valentina, and Carlos Julio Vidal. 2008. "Modelos de Gestión de Inventarios En Cadenas de Abastecimiento: Revisión de La Literatura." *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* 43: 134–49.

Ha, Oh Keun et al. 2014. "Relation Model Describing the Effects of Introducing RFID in the Supply Chain: Evidence from the Food and Beverage Industry in South Korea."

*Personal and Ubiquitous Computing* 18(3): 553–61.

Hernandez Cuadrado, Alexander Elias, Adriana Judith Monsalve Quintero, Emiliano de Jesús Lince Mercado, and Hugo Hernando Andrade Sosa. 2014. *Mantenimiento Del Software Evolucion 4.0*. Bucaramanga.

Hernandez, Fernando. *La Densidad de Siembra En Los Cultivos*.

Hernandez, Tito. 2005. “Gestión de La Asistencia Técnica, Para Una Nueva Ruralidad. Un Enfoque Sistémico.”

Hernández-hernández, Helga J, and Jairo R Montoya Torres. 2011. “From Sustainable Supply Chains to Closed-Loop Systems: A Critical Overview of Scientific Literature.” *Engineering and Technology*: 1–10.

Van Der Heyden, Damien, Patricia Camacho, Christian Marlin, and Magda Salazar González. 2004. *Guía Metodológica Para El Análisis de Cadenas Productivas*. Editoria L. ed. Rosario Rey de Castro. Lima.

Huertas Forero, Isaac, Johana K. Clavijo Rondón, and John Alexander Buitrago Pérez. 2011. “Modelo de Dinámica de Sistemas Para La Cadena de Abastecimiento de La Granadilla En Cundinamarca, Colombia.”

Huertas Forero, Isaac, Mario Ramon Verástegui, and Laura Catalina Morales Parra. 2011. “Modelo de Dinámica de Sistemas Para El Proceso de Producción de La Mandarina.”

Huertas Forero, Isaac, Mario Ramon Verástegui, and Lida Ariza Puentes. 2011. “Modelo de Dinámica de Sistemas Para Las Frutas Orgánicas - El Lulo.”

Isaza Castro, Jairo Guillermo. 2010. “Cadenas Productivas. Enfoques Y Precisiones Conceptuales.” *Revista Sotavento*: 18.

Isla Ramírez, Edward, and Braulio Andrade Adaniya. *Propuesta Para El Manejo de Cacao Orgánico*. Lima.

Jaén Berrantes, Lizeth, and Lloyd Foster Russell. 2010. *Sector Agropecuario: Cadena Productiva Del Cacao Políticas Y Acciones*.

Jain, Sanjay et al. 2013. “Multi-Resolution Modeling for Supply Chain Sustainability Analysis.” *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference - Simulation: Making Decisions in a Complex World, WSC 2013*: 1996–2007.

Jianghua, Ge, Huang Yongtao, Xu Yonglin, and Gao Guoan. 2008. “Research on Supply Chain Model Oriented to Complex Products Life Cycle.” *Proceedings of the*

*IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2008* (September): 2163–68.

Krug, W., J. Liebelt, and B. Baumbach. 2001. "Supply Chain Model Based Simulation and Optimization." *PICMET '01. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology. Proceedings Vol.1: Book of Summaries (IEEE Cat. No.01CH37199)* 1: 469.

Laguna Reyes, Christian Enmanuel. 2010. "Cadenas Productivas, Columna Vertebral de Los Clusters Industriales Mexicanos." *Economía Mexicana, Nueva Época* 19(1): 119–70.

Lasprilla Miranda, Diego. 2011. "Estado Actual de Fruticultura Colombiana Y Perspectivas Para Su Desarrollo." *Revista Brasileira de Fruticultura* 33(spe1): 199–205.

Lee, Ching-Fang, and Chien-Ping Chung. 2012. "An Inventory Model for Deteriorating Items in a Supply Chain with System Dynamics Analysis." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 40: 41–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.159>.

Lee, Young Hae, and Sook Han Kim. 2000. "Optimal Production - Distribution Planning in Supply Chain Management Using a Hybrid Simulation - Analytic Approach." *Simulation (Riis 1995)*: 1635–44.

Levine, David K. 2012. "Production Chains." *Review of Economic Dynamics* 15(3): 271–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.red.2012.01.003>.

Long, Qingqi, and Wenyu Zhang. 2014. "An Integrated Framework for Agent Based Inventory-Production-Transportation Modeling and Distributed Simulation of Supply Chains." *Information Sciences* 277: 567–81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2014.02.147>.

Lundy, Mark et al. 2004. *Diseño de Estrategias Para Aumentar La Competitividad de Cadenas Productivas Con Productores de Pequeña Escala*.

———. "Cadenas Productivas: Conceptos Básicos Visión de Cadena Productiva."

Machado Mendoza, Gesman David, Cesar Eduardo González Pérez, and Hugo Hernando Andrade Sosa. 2006. 1 *Componente de Sistema de Inferencia Difusa (FIS) Para Evolución 3.5*. Bucaramanga.

Martínez Rojas, Natalia, Juan Sebastian Angarita Zapata, Hugo Hernando Andrade Sosa, and Carlos Aníbal Vasquez Cardozo. 2015. 1 *Estrategia Para La Integración de La Dinámica de Sistemas Al Programa de Agroindustria Del IPRED\_UIS*.

Bucaramanga.

Martínez Rojas, Natalia, Urbano Eliécer Gómez Prada, and Hugo Hernando Andrade Sosa. 2012. *Modelo de Simulación Con DS Para El Aprendizaje de La Cadena Productiva Del Cacao*. Bucaramanga.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2003. 2003 *Ley 811 de 2003*.

———. 2007. *Cadena Productiva Forestal -Tableros Aglomerados Y Contrachapados -Muebles Y Productos de Madera*. <http://www.minagricultura.gov.co/archivos/forestal.pdf>.

———. 2008. *Definición de La Agenda Prospectiva de Investigación Para La Cadena Productiva de Plantas Aromáticas, Medicinales Y Condimentarias Y Afines Con Enfoque En Ingredientes Naturales Para La Industria Cosmética En Colombia*. Bogotá.

———. 2009. “Cartilla de Cadenas Productivas.” *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural* 58. [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/2010215155849\\_CARTILLA\\_Cadenas\\_productivas\\_2009.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2010215155849_CARTILLA_Cadenas_productivas_2009.pdf).

———. 2013. “Cadenas Productivas Solidarias.” 2013(Abril 3).

———. *Sector Agroindustrial*. Bogotá.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. 2013. “Plan Nacional de Ciencia, Tecnología E Innovación Para el Desarrollo de Los Sectores ELECTRÓNICA. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES.” : 820.

Minnich, Dennis, and Frank H Maier. “Supply Chain Responsiveness and Efficiency – Complementing or Contradicting Each Other ?” : 1–16.

Mojica, Amilcar, and Joaquín Paredes. 2004. *Ensayos Sobre Economía Regional (ESER)*. Banco de I. Bucaramanga.

Montaño de Mayolo, Piedad. 2007. “Frutas Tropicales de Colombia Para El Mundo: Producción, Agroindustria, Comercialización Y Cadena Productiva.” In *Primer Simposio Colombiano Sobre Producción, Agroindustria Y Comercialización de Frutas Tropicales Noviembre 22 Al 24 de 2007*, ed. Julio César Toro. Bogotá: Produmedios, 1–162.

Morales Rubiano, María Eugenia, and Nancy Stella Peláez Parada. 2002. “El Estudio de La Cadena Productiva Del Fique.” *Julio-Dici(20)*: 121–34.

Mosekilde, Erik, and Jakob L. Laugesen. 2009. "Nonlinear Dynamic Phenomena in the Beer Model." *System Dynamics Review*, Vol. 25 No.1 25(1): 1–34.

Nasiri, G. Reza, Rohollah Zolfaghari, and Hamid Davoudpour. 2014. "An Integrated Supply Chain Production–distribution Planning with Stochastic Demands." *Computers & Industrial Engineering* 77: 35–45. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036083521400254X>.

Ospina, Tulio. 1857. "El Cultivo Del Cacao." : 1–28.

Palencia, Gildardo, Raúl Gómez, and Orlando Gûiza. 2009. *Nuevas Tecnologías Para Instalar Viveros Y Producir Clones de Cacao*. Produmedio. Bogotá, Colombia.

Paredes, Mendis. 2003. *Manual Del Cultivo de Cacao*. Lima, Perú.

Parra, Rafael, Vail Miller, and Mark Lundy. 2010. 8 CIAT politicas en sintesis *Cadenas Productivas Colombianas: Cómo La Política Pública Transforma La Agricultura*. Cali, Colombia. [http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/01/politica\\_sintesis8\\_cadenas\\_productivas\\_colombianas.pdf](http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/01/politica_sintesis8_cadenas_productivas_colombianas.pdf).

Parsons, David J., Robin J. Clark, and Kevin L. Payette. 2004. "Impact of Production Run Length on Supply Chain Performance." *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004*. 2.

Parsons, David J., and Richard A. Phelps. 2001. "Production Scheduling Validity in High Level Supply Chain Models." *Simulation*: 680–83.

Pascual, B, M Ambrústolo, M Migueles, and M Rizzo. 2009. "El Juego de La Cerveza Como Disparador de La Enseñanza Del Pensamiento Sistémico En La Formación Del Ingeniero Industrial." [http://coini.com.ar/Coini\\_2011/public\\_html/COINI\\_2009/COINI\\_2008/Trabajos/TC15.pdf](http://coini.com.ar/Coini_2011/public_html/COINI_2009/COINI_2008/Trabajos/TC15.pdf).

Peña, Victor, and Eduardo Solís. 2006. "La Cadena de Suministros Y Su Evolución." : 1–7.

Perfetti, Juan José;, Álvaro; Balcázar, Antonio; Hernández, and José Leibovich. 2013. *Políticas Para El Desarrollo de La Agricultura En Colombia*. ed. La imprenta Editores S.A. Bogotá, Colombia. [www.fedesarrollo.org.co](http://www.fedesarrollo.org.co).

Piewthongngam, Kullapapruk et al. 2014. "System Dynamics Modelling of an Integrated Pig Production Supply Chain." *Biosystems Engineering* 127: 24–40. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1537511014001366>.

Piñones Vázquez, Silvia, Luis Alejandro Acosta Avila, and Tartanac Florence. 2006.

*Alianzas Productivas En Agrocadenas*. Santiago de Chile.

Ramirez Echeverri, Sergio, Gloria Elena Peña, and Martin Dario Arango. 2010. "Modelización de Una Cadena de Abastecimiento (supply Chain) Para El Sector Textil-Confección En El Entorno Colombiano Modelización de Una Cadena de Abastecimiento ( Supply Chain ) Para El Sector Textil-Confección En El Entorno Colombiano." : 138.

Ramírez, Sergio A., and Gloria E. Peña. 2011. "Análisis de Comportamiento Caótico En Variables de La Cadena de Suministro." *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* 16(31): 86–106.

Ren, Jun-qing, and Si-feng Liu. 2010. "Game Analysis of Cooperative Advertising Based on 'One to Many' Supply Chain Model." *2010 7th International Conference on Service Systems and Service Management*: 1–4. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5530173>.

Rivadeneira, Diego. 2012. "Empresa Y Actualidad." <http://empresactualidad.blogspot.com.co/2012/03/comercializacion-definicion-y-conceptos.html>.

Rubiano, Oscar, and Giovanny Bulla. 2011. "El Impacto E Implicaciones de La Desintermediación En La Gestión de La Cadena de Suministro. Un Enfoque Holista."

Santa Catalina, Iñaki Morlán, Alfonso Davalillo Aurrecoechea, and Javier Dolado Cosín. 2010. *Modelo de Dinámica de Sistemas Para La Implantación de Tecnologías de La Información En La Gestión Estratégica Universitaria*. <http://www.ehu.es/i.morlan/tesis/memoria/TesisIMcompleta.pdf>.

Schaffernicht, Martin. "Dinámica de Sistemas: La Búsqueda Del Rigor En El Diseño de Sistemas Sociales."

Secretaria del Mercosur. 2006. *Cadenas Productivas En El MERCOSUR*. Montevideo.

Siprelle, Andrew J., David J. Parsons, and Robin J. Clark. 2003. "Benefits of Using a Supply Chain Simulation Tool to Study Inventory Allocation." *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003*. 1: 238–45.

Songtao, Zhang, and Zhao Xiaowei. 2012. "Fuzzy Robust Control for an Uncertain Discrete Switched Closed-Loop Supply Chain with Time-Delay." *International Journal of Advancements in Computing Technology* 4(14): 92–104.

Sterman, John D. 2000. *Management Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. <http://www.lavoisier.fr/notice/frJWOAR6SA23WLOO.html>.

Superintendencia Industria y Comercio. 2011a. "Cadena Productiva Del Cacao: Diagnóstico de Libre Competencia."

———. 2011b. "Cadena Productiva Del Maíz."

Tian, Yihui, Kannan Govindan, and Qinghua Zhu. 2014. "A System Dynamics Model Based on Evolutionary Game Theory for Green Supply Chain Management Diffusion among Chinese Manufacturers." *Journal of Cleaner Production* 80: 96–105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.076>.

Tomta, Danielle, and Césaire Chiatchona. 2009. "Cadenas Productivas Y Productividad de Las Mipymes." 7(11): 145–64.

Vélez, Alejandro, and Andres Campos. 2011. 57 *Sector Agroindustrial Colombiano*. Venkateswaran, Jayendran, Young-Jun Son, and Boonserm Kulvatunyou. 2002. "Investigation of Influence of Modeling Fidelities on Supply Chain Dynamics." *Proceedings of the Winter Simulation Conference* 2: 1183–91.

Vergara Schamalbach, Juan Carlos, Julio Adolfo Amézquita López, and Francisco Javier Maza Ávila. 2007. "Análisis de Las Cadenas Productivas Agroindustriales Bajo La óptica de La Dinámica de Sistemas: Una Aproximación Al Caso de Las Cadenas Productivas Agroindustriales En El Departamento de Bolívar." : 25.

Villa Betancur, Sebastian. 2011. Tesis de Maestría. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. *Efecto de Las Decisiones de Pedidos de Clientes Mayoristas En Cadenas de Abastecimiento: Un Análisis Experimental*.

Wang, Chuanxu, Rongbing Huang, and Qianli Wei. 2015. "Integrated Pricing and Lot-Sizing Decision in a Two-Echelon Supply Chain with a Finite Production Rate." *International Journal of Production Economics* 161: 44–53. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527314003612>.

Wang, Xiaohua, and Soemon Takakuwa. 2006. "Module-Based Modeling of Production-Distribution Systems Considering Shipment Consolidation." : 1477–84. Wen-Xiang, Wu. 2010. "Complex Behaviour in a Multi-Level Supply Chain Model." *ICACTE 2010 - 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Proceedings* 1: 493–96.

Yang, Feng. 2009. "Study on Model of Supply Chain Inventory Management Based on System Dynamics: Real Example Analysis of Distributor System Vensim Simulation Model." *Proceedings - 2009 International Conference on Information Technology and Computer Science, ITCS 2009* 1: 209–12.

## ANEXOS

### ANEXO A. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Recopilación de las referencias bibliográficas consultadas. Para cada documento se muestra la referencia de los autores, el enfoque utilizado y una breve descripción de la investigación.

Tabla 36. Relación de la revisión de la literatura.

No.	Referencia	Enfoque	Descripción de la investigación
1	(Adacher, Boccadoro, Martinelli & Valigi, 2008)	Agentes	Modelo para mejorar el rendimiento, reduciendo el efecto látigo <sup>10</sup> (fenómeno, donde un pequeño movimiento puede generar un gran movimiento en su extremo) en un escenario competitivo, se tienen en cuenta los costos relacionados, el inventario, rendimiento en términos de ganancia entre las señales de inventario y demanda. Así, una fluctuación pequeña en la demanda por parte de los consumidores puede provocar unas fluctuaciones en la cadena de suministro mayores. Lo cual genera grandes desajustes que pueden darse entre la demanda real de los consumidores y la demanda de los actores intermediarios que participan en la cadena, afectando el inventario.
2	(Adhitya & Srinivasan, 2010)	Matemático	Modelo de una cadena de suministro de una empresa multi – sitio, que aprovecha las oportunidades de negocio mediante el aumento de la producción. Este modelo puede ser tan complejo como las numerosas entidades que interactúan con los diferentes intereses involucrados. Se aprovechan las oportunidades del negocio mediante el aumento de producción que se especializa en capacidades.
3	(Amézquita López, Vergara Schamalbach & Maza Ávila, 2008)	Dinámica de sistemas	Modelo de redes dinámicas en donde se analiza el desempeño de cada uno de los actores del encadenamiento, los índices de empleo generados, la productividad y el valor agregado. Se presenta el estado actual de producción, tecnología y aprovechamiento actual e ideal de suelos.
4	(Angerchofer & Angelides, 2000)	Dinámica de sistemas	Visión general de los trabajos de investigación recientes en estas áreas, seguida por una discusión de los temas de investigación que se han desarrollado. Presenta una clasificación de la investigación y el desarrollo en la Dinámica de Sistemas Modelado en la gestión de la cadena de suministro.
5	(Angerchofer & Angelides, 2006)	Dinámica de sistemas	Se realiza el modelado con los parámetros clave que influyen y las medidas de los rendimientos adecuados en un entorno de apoyo a la toma de decisiones que permite la comprensión previa del impacto de rendimiento de una cadena de suministro en colaboración como resultado de los cambios de los componentes y los parámetros clave. Esto permite localizar las áreas que se pueden mejorar y por lo tanto gestionar el rendimiento de la cadena.

<sup>10</sup> En 1961 Jay Forrester publicaba su libro "Industrial Dynamics" en el que acuñaba el término "bullwhip effect" ("efecto látigo" en español).

6	(CACAONICA, 2006)	Matemático	Se describe el contexto internacional para el sector dirigido a la oferta mundial del rubro e identificando los actores involucrados. El desequilibrio en la distribución de los ingresos totales a lo largo de la cadena es desmesurado, donde los productores sólo cosechan el 5% de los ingresos frente al 40% de las multinacionales de manufactura y distribución. Propone el fortalecimiento de la organización, para mejorar de la competitividad empresarial y reducción de la pobreza de los miembros que conforman la cadena.
7	(Cannella, Ciancimino, Framinan & Disney, 2010)	Sistémico	Para cada arquetipo se ilustran el mecanismo decisional y el intercambio de información entre los miembros, y se identifican los beneficios en términos de eliminación del efecto látigo
8	(Cárdenas – Barrón & Sana, 2014)	Matemático	Se investiga una cadena de suministros de dos eslabones formado por un fabricante y un minorista. El modelo de producción – inventario considera el costo de adquisición por unidad como una función de la tasa de producción.
9	(Piewthongngam, Vijitnopparat, Pathumnakul, Chumpatong & Duangjinda, 2014)	Dinámica de sistemas	En este estudio se desarrolla un modelo con Dinámica de Sistemas para visualizar el movimiento de toda la cadena. Esta cadena incluye socios vertical y horizontalmente vinculados, tales como los genetistas, agricultores, procesadores, distribución y minoristas. El punto más vulnerable de la cadena productiva se produce en el nivel de producción.
10	(Van Der Heyden et al., 2004)	Teórico	Herramienta que permite analizar e identificar problemas en las cadenas productivas y contribuir en la definición de propuestas de acción efectivas. Tiene el enfoque de equidad y participación para cada uno de los actores que participan.
11	(Laguna Reyes, 2010)	Matemático	Introducción a los grupos estratégicos denominados clusters, los agrupamientos son concentraciones de compañías e instituciones interconectadas en un campo en particular, que compiten y cooperan- La organización de las actividades económicas, los agrupamientos industriales (clúster) son fundamentales, hasta el punto en que la capacidad competitiva de las ciudades, regiones o estados nacionales descansa en el desempeño de sus clúster y de las interacciones entre los elementos que determinan su funcionamiento.
12	(Departamento Nacional de Planeación, n.d.)	Matemático	La competitividad de una empresa o conjunto de empresas no depende exclusivamente de sí misma, sino de las condiciones propias y del entorno de los eslabones ubicados atrás y adelante en la cadena productiva: de los encadenamientos que establece para producir y participar en el mercado. Se identificaron 29 cadenas productivas. Su agrupamiento en cadenas se hizo teniendo en cuenta el eslabonamiento hacia atrás: se partió de los productos finales, identificando sus materias primas, insumos, los proveedores de esas materias primas o insumos, los procesos productivos asociados a esas materias y los bienes que a su vez fueron utilizados para su producción, y así sucesivamente hasta llegar a la producción primaria o extracción. Esta identificación permitió construir los diagramas que describen los principales eslabonamientos y los principales procesos productivos involucrados, desde el inicio de la cadena hasta la producción de bienes de consumo final.
13	(Dávila Vélez & Ramírez Otero, 2011)	Matemático	Modelo matemático para la optimización de una cadena de suministro global con consideraciones de cupos de compra y periodos de pago, formulado como un problema de modelación dinámica determinística y de programación lineal.

14	(Pearsons, Clark & Payette, 2004)	Matemático	Modelo matemático para probar la sensibilidad del rendimiento de la cadena de suministro y los costos de producción a largo plazo, se diseñó un experimento basado en las prácticas de una empresa de productos de consumo.
15	(Minnich & Maier, n.d.)	Dinámica de sistemas	Modelo cuyo objetivo es capturar estructuras genéricas y los modos de comportamiento dinámico intrínsecas de las cadenas de suministro teniendo en cuenta los aspectos de la respuesta y la eficiencia.
16	(Göran, 2007)	Teórico	La gestión de la cadena sostenible no solo requiere un punto de vista de los componentes integrales (actores, actividades y recursos) de la cadena de suministro que vaya más allá de los puntos de origen y consumo, sino que también requiere un punto de vista integral de los interfaces (interacciones, coordinación, cooperación y competencia) de la cadena de suministro que vaya más allá de los puntos de origen y consumo.
17	(Gomes de Castro, 2003)	Sistémico	El análisis diagnóstico empieza por la definición de los objetivos del estudio de la cadena productiva, determinando también los límites del estudio (eslabones a abordar, principales productos y subproductos a considerar, el tipo de desempeño a analizar). En seguida se procede a realizar la caracterización del mercado consumidor de la cadena y a definir las demandas de ese mercado consumidor con relación a él o a los productos de la cadena productiva.
18	(Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009)	Teórico	Se presentan las 29 cadenas nacionales constituidas. En donde las cadenas productivas agrícolas son: aguacate, algodón, maíz, arroz, cacao, caucho, cítricos, fique, guayaba, hortalizas, mango, oleaginosas, grasas y aceites, panela, papa, sábila, tabaco y aromáticas, medicinales, condimentarias y afines.
19	(Alvarado, 2006)	Teórico	Una cadena productiva se conforma por una red de actores que se interrelacionan a raíz del desarrollo, transformación y comercialización de un producto, previo a su llegada al consumidor final, y se organizan, según su interés, en grupos o eslabones. De esta forma, los eslabones que normalmente se encuentran presentes en una cadena son: los productores o producción primaria; los industriales, procesadores o transformadores; los comercializadores mayoristas y/o minoristas; y los consumidores finales. Adicionalmente, cabe destacar que en forma transversal a la cadena se encuentran los proveedores de servicios técnicos, empresariales y financieros, los cuales apoyan en forma general el proceso.
20	(Bazan, Jaber, Zanoni & Zavanella, 2014)	Matemático	Sistema gestionado por el productor con el acuerdo de la consignación como práctica comercial, donde el inventario del comprador sigue siendo propiedad del productor hasta que es retirado por los clientes finales. Dicho acuerdo ha demostrado ser un enfoque de gestión de stocks rentable, especialmente cuando se opera en entornos inciertos, donde los plazos de entrega y / o la demanda del mercado varían en el tiempo.
21	(BioGestión, 2006)	Teórico	El análisis de la cadena productiva permite identificar las formas actuales de integración evidenciando sus ventajas y desventajas, facilitando la posibilidad de obtener una visión de futuro y posibilidades de desarrollo, así como la factibilidad de encontrar formas alternativas de integración que ayuden a responder con las necesidades particulares de la producción y el mercado.

22	(Burritt & Schaltegger, 2014)	Contable	El creciente interés en la sostenibilidad y la oferta corporativa cadenas acompaña el aumento globalización entre los países desarrollados y en desarrollo, un mayor énfasis en la logística de adquisiciones detrás de comercio internacional y los flujos de información entre las partes sobre el desempeño económico, social y ambiental de las empresas. La contabilidad proporciona información para engrasar los engranajes de relaciones de la cadena de suministro. Este trabajo considera lo que una contabilidad para la sostenibilidad de las cadenas de producción y suministro podría ser similar.
23	(Chen et al., 2013)	Matemático	Aplica las tecnologías de identificación de radio frecuencia (RFID) para mejorar la eficiencia y eficacia de una cadena de tres niveles con el transporte ineficiente, el almacenamiento y las operaciones de recuperación.
24	(De Corato et al., 2015)	Matemático	La importancia económica de las cadenas de producción industrial de biocombustibles aumentará en los próximos años y será una fuente prometedora de co-productos que son útiles para los sistemas agrícolas sostenibles. Sin embargo, el uso de co-productos que se obtienen de las cadenas de producción de biocombustibles, especialmente para el manejo de enfermedades de los cultivos, es un área poco explorada en la comunidad de investigación. El objetivo de este trabajo es revisar los estudios disponibles sobre el empleo de co-productos biocombustibles en la protección de cultivos, distinguiendo los dos conceptos que son más importantes en los sistemas agrícolas sostenibles: los posibles efectos de estos insumos orgánicos en términos de interacción con las poblaciones microbianas del suelo y las posibles relaciones de estos insumos orgánicos en términos de interacción con los procesos fisiológicos y ecológicos de los sistemas de cultivos patógenos.
25	(Fleter Ocón, 2006)	Teórico	Se analiza la no linealidad y la incertidumbre de los procesos de cambio regional y de transformación de la agroindustria. Se destaca la importancia de las fases primarias del proceso agroindustrial, así como la participación de distintos actores. Definen el sistema agroindustrial regional como el "conjunto de agentes que se interrelacionan para la transformación y el comercio de un bien agropecuario en el que se ha especializado una región".
26	(FOSDEH, 2008)	Teórico	Propone una forma de analizar y estudiar las cadenas productivas, en donde se incluyen actividades y talleres con los actores de la cadena con el fin de describir el proceso productivo e identificar los factores críticos en las relaciones de los eslabones.
27	(Fujiki, Kumada & Kishimoto, 2015)	Matemático	El reconocimiento de fases de cultivo en un proceso de cultivo es importante para la determinación de las diferentes operaciones de cultivo en cada fase, y tiene una ventaja crítica para la mejora de la bio-producción.
28	(Garcia Álvarez & Marquetti Nodarse, 2005)	Teórico	La producción mundial se ha descentralizado y organizado en cadenas y redes. En el caso del enfoque de cadena se trata de reflejar la secuencia vertical de actividades que conducen a la generación, consumo y mantenimiento de bienes y servicios. Es un concepto que se refiere al rango completo de actividades involucradas en el diseño, producción y mercadeo de un producto. Mientras, el concepto de red enfatiza en la naturaleza y alcance de las relaciones entre empresas, que las vinculan para formar una unidad económica mayor.

29	(Gereffi, 2001)	Teórico	Hace distinción entre las cadenas productivas dirigidas al productor y las dirigidas al comprador. En las cadenas dirigidas al productor, los fabricantes de componentes avanzados, tales como para la industria aérea, automotriz y de computación, son los agentes económicos clave no sólo en términos de sus ganancias, sino también en su capacidad para ejercer control en vínculos hacia atrás con suministradores de materias primas y de componentes, y con vínculos hacia adelante en la distribución y las ventas. En contraste, las cadenas de productos destinados al comprador se caracterizan por una alta competitividad y sistemas de fábricas globalmente descentralizados. Las empresas que desarrollan y venden productos de marca ejercen un control sustancial sobre cómo, cuándo y dónde se llevará a cabo la manufactura y cuántas ganancias se acumularán en cada etapa de la cadena, de tal modo que, mientras las cadenas de artículos destinados al productor son controladas por los grandes fabricantes en el lugar de producción, en las industrias destinadas al comprador, los grandes mayoristas y comercializadores ejercen la influencia principal en la distribución y venta al final de la cadena
30	(Gutiérrez & Vidal, 2008)	Teórico	Revisión de los modelos de gestión para el diseño de políticas de inventarios de productos terminados y de materias primas en cadenas de abastecimiento, teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda y los tiempos de suministro. Se hace especial énfasis en la carencia de metodologías para modelar los aspectos variables del sistema y se identifican las oportunidades de investigación y desarrollo del área, en el contexto de la industria nacional.
31	(Ha, Song, Chung, Lee & Park, 2014)	Matemático	Este estudio se llevó a cabo la construcción de un modelo de relación, que es un modelo estructural, para identificar los efectos de la introducción de la RFID en la cadena de suministro de la industria de alimentos y bebidas en Corea. La cadena de suministro de la industria de alimentos y bebidas se dividió en cinco actividades: adquisición, producción, transporte, venta, el almacenamiento y la administración. Este estudio se basa en la premisa de que la RFID se incrusta en una caja de transporte o de una paleta que circula en el SC. El modelo mostró que las actividades SC tienen relaciones positivas a través del sistema RFID, y la introducción de la RFID promueve intercambios de información entre las actividades SC, que a su vez permiten la coordinación y consolidación de un SMC total.
32	(Hernández – Hernández & Montoya Torres, 2011)	Teórico	La gestión de cadenas de suministro verdes (Green Supply Chain Management, GrSCM) emerge pues como un enfoque interesante para las empresas vinculadas en la aplicación de principios de gestión ambientales y se convierte en un camino para abordar los problemas de sostenibilidad empresarial. Como parte de este enfoque, la logística verde busca la mejor manera de producir y distribuir bienes de manera sostenible y por consiguiente la logística de reversa (Reverse Logistics, RL) es considerada como uno de los aspectos clave en la gestión logística verde.
33	(Huertas Forero, Clavijo Rondón & Buitrago Pérez, 2011)	Dinámica de sistemas	Presenta un modelo realizado con Dinámica de Sistemas de la cadena de abastecimiento de la granadilla con el fin de implantar su uso por parte de los productores.
34	(Huertas Forero, Verástegui & Morales Parra, 2011)	Dinámica de sistemas	Presenta un modelo realizado con Dinámica de Sistemas de la producción de la mandarina, su rentabilidad, producción, comercialización y distribución en la zona de Cundinamarca.

35	(Huertas Forero, Verástegui & Puentes, 2011)	Dinámica de sistemas	Se realiza el estudio de la cadena productiva y de comercialización del lulo, y posteriormente se realiza un modelo con Dinámica de Sistemas con el fin de conocer las variables que influyen en la producción de la fruta y optimizar el uso de los recursos evitando y previniendo los riesgos.
36	(Isaza Castro, 2010)	Teórico	Revisión de literatura internacional sobre el origen y la evolución del concepto de cadena productiva. Igualmente, se presenta una reseña sobre el estudio de las cadenas productivas en Colombia.
37	(Jain et al., 2013)	Dinámica de sistemas	Los consumidores son cada vez más conscientes de la necesidad de reducir el impacto ambiental. Esto ha motivado a la industria a realizar esfuerzos para mejorar la sostenibilidad de sus productos y las cadenas de suministro. Tales esfuerzos requieren la capacidad de analizar la sostenibilidad de las cadenas de suministro y las mejoras potenciales. Se necesita un enfoque sistemático para evaluar las alternativas que pueden ir desde los que están en el nivel de configuración de cadena de suministro a los de mejora de los equipos en una planta de producción. Este artículo presenta un enfoque de modelado multi-resolución que permite el análisis de las partes de la cadena de suministro a nivel de detalle apropiado.
38	(Jianghua, Yongtao, Yonglin & Guoan, 2008)	Matemático	El desarrollo del producto complejo se caracteriza por una alta personalización, la participación del cliente, el alto costo, baja velocidad de producción y gestión total del ciclo de vida del proyecto. La gestión de la cadena de suministro hace hincapié en la relación de coordinación entre las empresas, que es un proceso de integración progresiva. La coordinación de todos los eslabones de la cadena de suministro de materia prima hasta la entrega al cliente, incluyendo la logística, el flujo de información y el flujo de capital, con el fin de satisfacer mejor las demandas de los clientes con el menor costo y mayor velocidad de producción.
39	(Krug, Liebelt & Baumbach, 2001)	Matemático	Simulación basada en el modelo de la Cadena de suministro y Optimización en el campo de la planificación de necesidades, de la producción y distribución, así como el transporte se está convirtiendo cada vez más importante, especialmente para las empresas que son impulsados principalmente por estricta o pedidos de los clientes. Los clientes piden los tiempos de entrega cada vez más cortos, y la fiabilidad de entrega se ha convertido en un factor crítico de éxito para muchas empresas.
40	(Lee & Chung, 2012)	Dinámica de sistemas	Se aplica la Dinámica del Sistema para proponer un nuevo sistema de pedidos y llevar a cabo una simulación sistemática. Los resultados de las pruebas de validación y modelo del modelo construido mostraron que la metodología de simulación con dinámica del sistema es apropiada.
41	(Tian, Govindan & Zhu, 2014)	Dinámica de sistemas	Modelo con Dinámica de Sistemas que se desarrolló para guiar las políticas de subsidios y promover la difusión de la gestión de la cadena suministro verde en China. Las relaciones de las partes interesadas tales como el gobierno, las empresas y los consumidores se analizan a través de la teoría de juegos evolutiva. El caso de estudio de realización sobre la industria de automóviles en China.
42	(Espinal, Martínez Covalada & Pinzón Ruíz, 2005)	Teórico	Estudio de la estructura de la cadena productiva de algodón en Colombia, y como los estudios econométricos han demostrado que la productividad en la agricultura está asociada al comportamiento de los precios.
43	(Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2013)	Teórico	La reorganización solidaria de las cadenas productivas busca sustentar el consumo en las propias redes y, respecto de la lógica de la abundancia, amplía los beneficios sociales de los emprendimientos en función de la distribución de la riqueza lograda.

44	(Morales Rubiano & Peláez Parada, 2002)	Teórico	La estructura de la cadena productiva del fique muestra los usos tanto reales como potenciales de la planta y el planteamiento estratégico realizado mediante diferentes instrumentos de gestión, facilita la identificación de factores fundamentales en la problemática que afecta el desarrollo de la cadena, permitiendo formular una síntesis estratégica para cada uno de los eslabones y la cadena en su conjunto.
45	(FEDEPAPA & Superintendencia, 2009)	Teórico	Presenta la cadena productiva de la papa, el cual tiene un lugar importante en la canasta familiar. La producción de papa se concentra en los pequeños productores con el 85% en donde se tiene menos de 3 hectáreas. Presenta los costos de producción más importantes, la comercialización y la industria procesadora.
46	(Parra, Miller & Lundy, 2010)	Teórico	Durante los últimos 15 años, una de las principales áreas de énfasis ha sido el desarrollo de iniciativas que promuevan la formación de cadenas productivas en el sector agrícola en torno a unos productos estratégicos, los cuales generan economías rurales mucho más competitivas. En Colombia, el enfoque es novedoso, ya que se centra en el establecimiento de organizaciones de cadenas en el ámbito nacional y regional.
47	(Peña & Solís, 2006)	Teórico	Los niveles evolutivos de la cadena de suministros se mueven metódicamente hacia el modelo óptimo de negocios que tiene sentido para la compañía y sus circunstancias.
48	(Chávez Martínez, 2012)	Matemático	Estudio de la cadena de valor del café orgánico, se establece la relación entre cadena de valor, estrategia genérica y competitividad empleando el método estadístico de análisis factorial.
49	(Yang, 2009)	Dinámica de sistemas	Modelo con Dinámica de sistemas del sistema de control de inventarios y distribución, se realiza el análisis de resultados de la simulación del modelo en varios escenarios.
50	(Levine, 2012)	Matemático	Las cadenas de producción largas están sujetas al efecto de “el eslabón más débil” los cuales son los más frágiles y propensos a fallar. La longitud de la cadena óptima está determinada por el equilibrio entre las ganancias.
51	(Espinal, Martínez, Nidyan & Barrios, 2005)	Teórico	Colombia presenta ventajas en la producción en cuanto a los costos porque la mano de obra y el alquiler de tierras es más económico que en Estados Unidos. La cadena se caracteriza por estar integrada verticalmente desde el eslabón primario hasta el industrial. El precio recibido por el agricultor depende básicamente de lo pactado con la industria; el margen de ganancia para la industria es cada vez mayor.
52	(Secretaría del Mercosur, 2006)	Teórico	Toda cadena productiva constituye un ámbito de generaciones y apropiación de excedentes y acumulación de capital. La competitividad del producto que está al final de la cadena va a depender de la eficacia de todas las actividades que se entrelazan a lo largo de la misma y en todas sus fases.
53	(Arango Serna, Adarme Jaimes & Zapata Cortes, 2010)	Lógica difusa	Estudio de los sistemas de indicadores de desempeño de cadenas de abastecimiento en ambientes de incertidumbre. Se hace una distinción de los conceptos riesgo e incertidumbre, y se exponen las principales fuentes y estructuras de incertidumbre en cadenas de abastecimiento. Se mencionan las principales características de los indicadores de desempeño y se fusionan los dos elementos conceptuales (incertidumbre e indicadores de desempeño), para estudiar los modelos matemáticos que emplean los principios de la lógica difusa.
54	(Wen – Xiang, 2010)	Dinámica de sistemas	A pesar de la aparente simplicidad de la cadena, la racionalidad limitada de toma de decisiones humanas interfiere con las evaluaciones de información, no linealidades y retrasos de tiempo del sistema para producir un comportamiento extremadamente complejo.

55	(Wang & Takakuwa, 2006)	Dinámica de sistemas	Se analiza el rendimiento de una cadena de suministro tal como el equilibrio entre los costos de transporte e inventario. El sistema de la cadena de suministro puede tener más de tres escalones, cada eslabón a su vez puede tener más de una instalación y una instalación puede incluir más de un proveedor.
56	(Wang, Huang & Wei, 2015)	Matemático	Cadena de suministro que consiste en un proveedor y un minorista que vende el producto fabricado por el proveedor en un mercado, en el que la demanda del producto es decreciente en el precio fijado por el minorista.
57	(Villa Betancur, 2011)	Dinámica de sistemas	Uno de los problemas más conocidos y costosos en las Cadenas de Abastecimiento se puede presentar ante la escasez de un producto en algún eslabón de la cadena. Esto provoca que cada uno de los agentes de la cadena deba ser altamente competente en la comprensión del sistema (realimentaciones, interacciones y no linealidades) y por lo tanto preciso en la toma de decisiones sobre cuánto y cuándo abastecerse. Este problema es caracterizado por el aumento de la variabilidad en las órdenes a medida que éstas se mueven a lo largo de la cadena.
58	(Vergara Schamalbach, Amézquia López & Maza Ávila, 2007)	Dinámica de sistemas	En el enfoque sistémico es posible visualizar los términos "encadenamiento productivo" y/o "alianza productiva" como un diagrama donde se encuentran ilustrados los actores o agentes del sistema y sus relaciones o contratos en el tiempo. Estas condiciones que determinan la competitividad de las organizaciones y el bienestar de las personas. Los sistemas de manufactura no tienen una representación matemática exacta. Los tiempos de retrasos, las condiciones de incertidumbre y la no linealidad hacen que estos modelos generen resultados imprevistos.
59	(Venkateswaran & Kulvatunyou, 2002)	Dinámica de sistemas	Utiliza modelos con diferentes grados de detalle para representar la cadena de suministro. Además concluyen que los comportamientos dependen de la estructura del problema y no del grado de detalle.
60	(Tomta & Chiatchona, 2009)	Teórico	Se puede analizar una cadena productiva desde una perspectiva de los factores de producción. Es un conjunto de agentes económicos que participan directamente en la producción, transformación y el traslado hacia el mercado de un mismo producto.
61	(Superintendencia de industria y comercio, 2011)	Teórico	Presenta la cadena productiva del maíz, en donde el 85% es importado, donde el 77% se destina a la industria de alimentos balanceados para consumo animal y, en una menor proporción, para el consumo humano. La cadena no se puede aislar si se quiere entender el proceso o para lograr ciertos cambios positivos.
62	(Castellanos et al., 2007)	Teórico	Analiza la cadena productiva del cacao con los actores que intervienen en el proceso, analizando las debilidades y fortalezas de la cadena. "En la cadena productiva de cacao colombiana se evidencia en el segmento de los Pequeños Productores, baja productividad de los cultivos debido a la abundancia de fincas con cultivos de gran cantidad de años, al alto impacto de enfermedades, a la carencia de sistemas de riego apropiados y a la escasa implementación del manejo integrado del cultivo, entre otros aspectos.

63	(Castellanos et al., 2008)	Teórico	El sector agropecuario y agroforestal a nivel nacional es considerado de gran importancia social, política y económica ya que constituye uno de los pilares sobre los cuales se desarrolla económicamente el país y en el cual se involucra buena parte de la población rural e industrial del país. El sector del fique en Colombia se caracteriza por productos y procesos tradicionales, poco tecnificados, de bajo valor agregado y con un aprovechamiento limitado de la planta lo que ha llevado a una baja competitividad. Se propone generar productos y procesos de mayor valor agregado que le permitan a la cadena continuar en el mercado nacional y mundial, aprovechar la planta y tener mayor posicionamiento en el mercado. El documento provee direccionamiento hacia el mejoramiento de los productos y procesos existentes en largo plazo con una visión consensuada por los actores de la cadena.
64	(Porras, R. D., & Ballesteros, M. H., 2006)	Sistémico	Se analizan los alcances de la aplicación del ciclo de vida del producto utilizando el enfoque de cadenas productivas en diferentes sistemas de gestión lo cual permite establecer las áreas de operación de las empresas en las cadenas en las cuales la dimensión ambiental puede ser considerada. Se determinan los puntos críticos en los procesos productivos para el mejoramiento del perfil ambiental.
65	(Genc, E., Duffie, N., & Reinhart, G., 2014)	Matemático	Presenta una cadena de suministro como un sistema de alerta temprana basada en eventos que facilita la identificación en el tiempo real de los eventos críticos dentro de la red de suministros mediante el uso de datos de eventos. Los beneficios de este enfoque con respecto a los objetivos logísticos son evaluados mediante el uso de una simulación de eventos discretos.
66	(de Freitas Neto, O. C., Lages, S. L. S., Carrasco, A. O. T., & Junior, A. B., 2009)	Inteligencia artificial	El cultivo de avestruz se ha expandido en todo el mundo, proporcionando un comercio competitivo de productos. Sin embargo, se informó que algunos avestruces adultos se diagnosticaron con Salmonella spp. Actualmente no hay ningún informe sobre la intoxicación humana por la ingestión de carne de avestruz. Sin embargo, se estudiaron 305 avestruces, sus huevos antes de eclosionar, el agua y las personas que estaban en contacto con ellos.
67	(Ramírez, S. A., & Peña, G. E., 2011)	Dinámica de sistemas	La cadena de suministro se estudia a partir de la teoría del caos, la cual ayuda a identificar cuáles son las variables más sensibles que pueden llevar a un estado de caos. Se construye un modelo que comprende los eslabones de fábrica, distribución, mayorista, minorista y cliente.
68	(Zhang, S., & Zhao, X., 2012)	Lógica difusa	Se construye un modelo de ciclo cerrado de la cadena de suministro con tiempo de retardo en la fabricación y la incertidumbre de los parámetros de costos, tasa de retorno gratuita. Se analiza el funcionamiento robusto en el sistema en la cadena de suministro y lleva una estrategia de relación con el método de control difuso.
69	(Parsons, D. J., & Phelps, R. A., 2001)	Matemático	Modelo que presenta las operaciones de producción del material en movimiento a partir de los inventarios de materia prima. El modelo incorpora instalaciones de producción, en donde se debe tener en cuenta el impacto de la programación de la producción global de la cadena de suministro.
70	(Nasiri, G. R., Zolfaghari, R., & Davoudpour, H., 2014)	Inteligencia artificial	Modelo de una cadena de suministros con tres eslabones y múltiples centros de distribución, producción y proveedores. Utiliza el método de relación de Lagrange, mejorado una heurística. Para manejar los retos de planificación se dividen los problemas en problemas más pequeños y se plantea un enfoque jerárquico para reducir la complejidad del modelo.

71	(Siprelle, A., Parsons, D., & Clark, R., 2003)	Matemático	Presenta la cadena de suministro de producción de alimentos del país y la red de distribución. El objetivo es mejorar los servicios, mientras se reduce los inventarios y costos.
72	(Ren, J. Q., & Liu, S. F., 2010)	Matemático	Se extiende la problemática de la publicidad cooperativa para un solo vendedor con muchos vendedores competitivos. La publicidad ayuda a conseguir más cuota del mercado, atrayendo a los clientes a comprar los productos. Se usa la teoría de juegos para describir el proceso.
73	(Mosekilde, E., & Laugesen, J. L., 2007)	Dinámica de sistemas	El juego de la cerveza es uno de los sistemas más conocidos por la compleja dinámica que produce. Se ha utilizado por casi 5 décadas para ilustrar como la estructura genera comportamiento y para explorar la toma de decisiones humanas. En concordancia con las reglas del juego se construye un modelo por partes con ecuaciones no lineales.
74	(Lee, Y. H., & Kim, S. H., 2000)	Matemático	La planificación de la producción y distribución es lo más importante para la actividad de la gestión de la cadena de suministro. Para resolver el problema de planificación se utiliza el enfoque de simulación y análisis (enfoque híbrido), en donde la capacidad y distribución de la maquina limitan la capacidad del modelo. El objetivo es crear un sistema integrado, múltiples modelos de producción y distribución en la cadena de suministro para satisfacer la demanda, manteniendo inventarios lo más bajo posibles.
75	(Jaén, L., & Foster, L., 2010)	Teórico	Presenta la agro-cadena del cacao, las fortalezas y limitaciones para Costa Rica, país que quiere abrir mercado produciendo cacao de calidad, para esto se debe fortalecer la producción y realizar capacitaciones en las diferentes actividades como el beneficio del fruto.
76	(Long, Q., & Zhang, W., 2014)	Matemático	Modelo de la cadena de suministros en donde se integra la teoría de modelado y simulación de eventos discretos. Se modelan el inventario, producción y transporte basados en agentes y simulación distribuida.
77	(Ramírez, S., Peña, G., & Arango, M., 2010)	Dinámica de sistemas	Modelo con Dinámica de Sistemas para la cadena de abastecimiento de la empresa Creaciones Nadar S.A. La cual tiene 4 eslabones, se logra identificar las relaciones más importantes entre las variables del interior y los efectos de cada una en el desempeño de la cadena relacionada con el comportamiento de la demanda.
78	(Rubiano, O. & Bulla, G., 2011)	Dinámica de sistemas	Presenta el impacto de la eliminación de los intermediarios en la gestión de la cadena de suministros. Se realiza el modelado en tres etapas, primero, totalmente intermediada, segundo, parcialmente des-intermediada y tercero totalmente des-intermediada.
79	(Piñones, S., Acosta, L. & Tartanac, F., 2006)	Teórico	Se enfoca en la agricultura campesina, familiar y de pequeña producción, la cual se refiere a que la mayor parte del esfuerzo es aportado por la familia. Por ende, existe una intensidad de mano de obra, baja densidad de capital y de insumos comprados.

## ANEXO B. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

A continuación, se presenta la clasificación de los productos agrícolas que se encuentran conformados como cadenas productivas agrícolas. Algunas cadenas productivas corresponden a una asociación de productos agrícolas con características similares, como por ejemplo la cadena productiva de los cítricos, en donde se encuentra la naranja, limón, mandarina y otros híbridos.

### 1. Frutícola

En el 2004 Colombia reportó 48 especies de frutales divididas en los siguientes grupos: perennes mayores, transitorios y perennes menores [9]. Los frutales perennes mayores son aquellas especies de mayor importancia económica y social; los frutales transitorios son los que tienen un ciclo de vida vegetativo y productividad que no supera los 3 años y los frutales perennes menores son aquellas especies que revisten de menor importancia desde el punto de vista de su impacto económico y social.

Tabla 37. Especies de frutales por categoría.

No.	Categoría	Número de especies
1	Perennes mayores	10
2	Transitorios	17
3	Perennes menores	21
<b>Total</b>		<b>48</b>

Fuente: [9]

El 57% de la producción nacional se concentra en los frutales perennes, mientras que el 43% a los frutales transitorios. El 47% de la producción de frutales perennes se concentra en 6 especies perennes mayores (naranja, guayaba, aguacate, mandarina, mango y lima Tahití), y el 35% de la producción de frutales transitorios se concentra en 6 especies (piña, papaya, tomate de árbol, patilla, banano y maracuyá). Por otra parte, el plátano es una fruta tropical, de la cual existen dos especies conocidas en nuestro medio, las cuales son: *musa paradisiaca* que corresponde al plátano para cocción y la *musa* o banano.

- **Cítricos**

Los cítricos designan a las especies de grandes arbustos, cuyos frutos poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona el sabor ácido tan característico. Este género contiene 3 especies (*citrus medica*, *citrus máxima* y *citrus reticulata*) y números híbridos (limón, naranja, lima, pomelo y mandarina).

## **2. Hortalizas**

El Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (1993) define a las hortalizas como “plantas cultivadas en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparada. Estas incluyen las verduras y las legumbres”.

La cadena de las hortalizas, agrupa a todos los productos hortícolas, pero excluye la papa y la yuca, sin embargo, la papa es también considerada una hortaliza de tipo tubérculo y se sitúa como el cuarto alimento básico después del trigo, el arroz y el maíz.

Las hortalizas más representativas en Colombia en términos de área productiva son: arveja, tomate, cebolla cabezona, zanahoria, habichuela, cebolla larga, ahuyama, lechuga y cilantro que abarcan el 86% del total. Por otra parte, los cultivos de hortalizas en donde se encuentran los mayores rendimientos son: tomate, repollo, zanahoria, remolacha, cebolla larga, espinaca, pimentón y cebolla cabezona principalmente [126].

Según la FAO, aunque se siembran más de 42 especies, en solo siete se concentra casi el 85% del área sembrada: arveja, tomate, cebolla cabezona, cebolla larga, zanahoria, repollo y ahuyama.

## **3. Plantas Aromáticas, medicinales y condimentarias (PAMC)**

“De acuerdo con el CID de la Universidad Nacional, las PAMC representan un universo complejo cuya clasificación depende de las propiedades químicas, los usos comerciales y la clasificación arancelaria de las mismas; obteniéndose así una diversidad de productos que van desde la venta de plantas en fresco para uso culinario o medicinal, la preparación de tisinas; deshidratados o pulverizados, la comercialización de ingredientes naturales para la industria farmacéutica, cosmética

y alimenticia y la venta de productos terminados con base en plantas medicinales con fines farmacéuticos, cosméticos de aseo o alimenticio” [127].

Las especies con mayor volumen de comercialización en el mercado son: alcachofa, totumo, caléndula, valeriana, ortiga mayor, boldo, anamú, marrubio blanco, castaño de indias, diente de león, cascara sagrada, albahaca, hinojo, yerbabuena, mastranto, berenjena, sábila, manzanilla, gualanday, cola de caballo, anís y zarzaparrilla [128].

#### **4. Granos**

Los granos son un tipo de fruto simple, en donde se encuentran los cereales, que son plantas anuales cuyos frutos son muy ricos en almidón y cuya molienda produce harina que pueden ser utilizadas para la alimentación humana. Los cereales pueden ser reunidos en grupos de similares exigencias de clima y suelo, así como del periodo vegetativo; con este criterio se distinguen los siguientes grupos: trigo, maíz y arroz.

Otros granos importantes en la economía son el café y el cacao, para el caso del café, a partir de las semillas tostadas y molidas del fruto se obtiene la bebida también denominada café; y para el cacao los granos son la base del chocolate y de diversas comidas.

La caña de azúcar, aunque no se cultiva por los granos sino por los pedazos de tallo que encierran el jugo azucarado, también pertenece a la familia de las Gramineas, al igual que el trigo y el maíz. La caña de azúcar es considerada como un *falso* cereal [129].

#### **5. Aceites y grasa**

La producción de aceites y grasas tiene tradicionalmente dos fuentes originarias: de material vegetal y de material animal.

La canasta de oleaginosas tradicionalmente la componen principalmente trece cultivos: ajonjolí, algodón, coco, colza, girasol, linaza, maíz, maní, oliva, palma de aceite, palmiste, ricino y soya [130].

## 6. Textiles

Se entiende como productos textiles todos aquellos que, en bruto, semielaborados, elaborados, semi-facturados, manufacturados, semi-confeccionados o confeccionados, que estén compuestos exclusivamente por fibras textiles, cualquiera que sea el proceso seguido para su mezcla y obtención. Se destacan el algodón y lino.

## 7. Productos importantes para la economía

- **Caucho:** Después de la invención del neumático en 1887, el caucho pasó a ser el oro blanco de la selva sudamericana.
- **Tabaco:** El tabaco es actualmente el cultivo no alimentario más importante del planeta y contribuye sustancialmente a la economía de más de 150 países [68].  
El tabaco es una planta de la familia de las solanáceas, existen más de 70 especies, de las cuales 45 son nativas de América, se destaca entre los productos básicos y mayormente difundidos en el mundo.  
La planta de tabaco tiene diversos usos entre los que se encuentran fumar, marcar, oler, sahumero, insecticida, entre otras [68].
- **Fique:** El fique es una planta originaria de la América Tropical, su cultivo se da de manera particular en las zonas andinas de Colombia, Venezuela y Ecuador. El proceso de des-fibración de la hoja se realizaba de forma manual y su hilado de igual forma o en telares. Los talleres artesanales se fueron desarrollando poco a poco y la demanda de productos, en especial la de costales, aumentó de manera considerable hacia finales del siglo XIX, con el inicio de las exportaciones de café. Durante el siglo XX, la producción industrial a gran escala logra su mayor auge en los años 50 y finales de los 70 [76] [83] [131].

## **ANEXO C. AGRO – ESTRUCTURA**

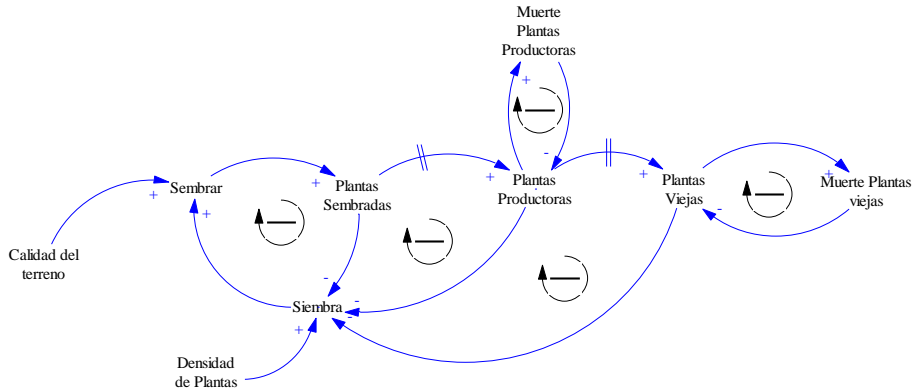
A continuación, se presenta el diagrama de influencias y diagrama de flujos y niveles de la Agro – Estructura.

### **1. Diagrama de influencias del eslabón de producción**

A continuación, se presentará el diagrama de influencias de cada sector y como estos se relacionan.

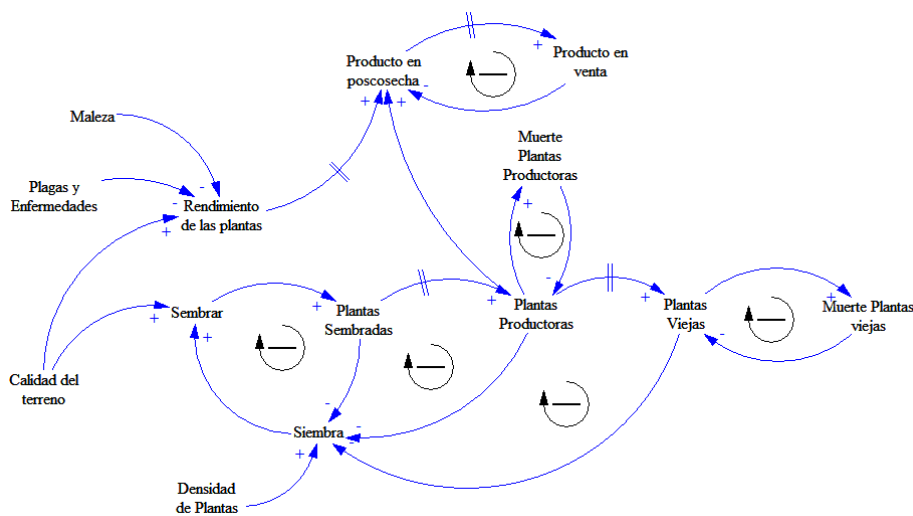
El proceso se inicia conociendo la calidad del terreno en donde se encuentran los factores climáticos y las exigencias del suelo (Sector Clima - Suelo), de acuerdo a este estudio se determina si es factible o no la siembra, se debe tener en cuenta que la calidad del terreno es diferente para cada cultivo. Si el terreno es factible se procede a sembrar los almácigos (ciclo de siembra), al sembrar se aumentan las plantas sembradas, luego se debe hacer un ajuste de siembra en donde se verifica que se siembre la cantidad de plantas de acuerdo la cantidad de plantas por hectárea y a la cantidad de hectáreas que estén disponibles para la instalación del cultivo (densidad de plantas). Las plantas sembradas después de un tiempo (el tiempo puede variar dependiendo la especie y la variedad) se convierten en plantas productoras, éstas son las plantas que dan fruto, en este nivel están las plantas que se encuentren en un nivel de producción mayor al 70%, a su vez estas plantas productoras pueden morir debido a plagas, enfermedades, exceso de sol o agua o cualquier otra causa (ciclo muerte plantas productoras), cuando la producción de las plantas disminuye se consideran a las plantas como plantas viejas (ciclo de crecimiento), en donde las plantas pasan de un nivel a otro. Las plantas con poca producción o plantas viejas permanecerán en este nivel hasta que mueran (ciclo de muerte).

Figura 48. Diagrama de influencias eslabón de producción – crecimiento plantas.



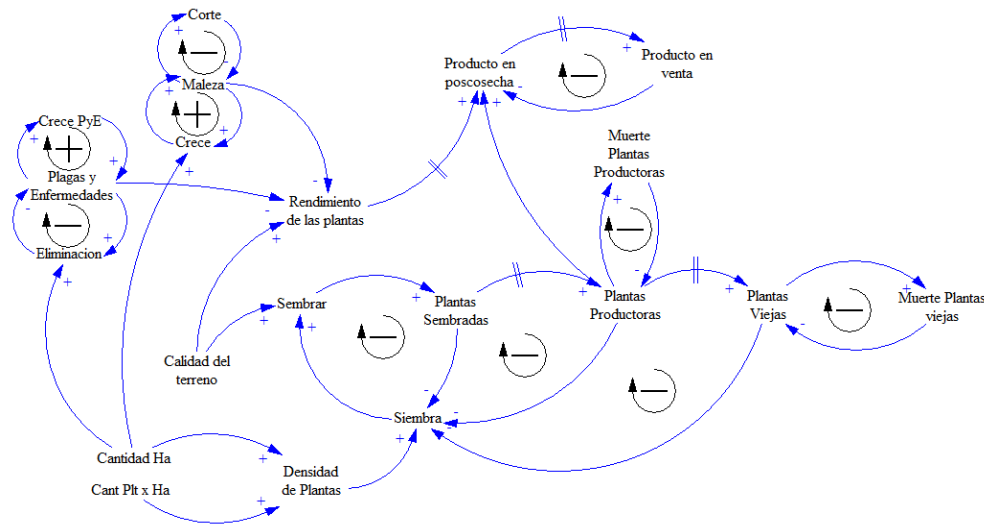
La Figura 49 agrega la producción del producto agrícola, la cual depende de los rendimientos por hectárea y de la calidad del terreno, a mejor calidad del terreno se obtendrán más rendimientos así como si se tiene más cantidad de hectáreas. Sin embargo, este rendimiento se ve afectado por la maleza y las plagas y enfermedades. El rendimiento depende de las cosechas, por esto se presenta un retardo para la obtención de la producción. La producción aumenta el producto fresco que a su vez debe pasar por el proceso de pos - cosecha, después que se ha realizado este proceso el producto se puede vender a los comercializadores.

Figura 49. Diagrama de influencias producción – crecimiento plantas, producción y ventas.



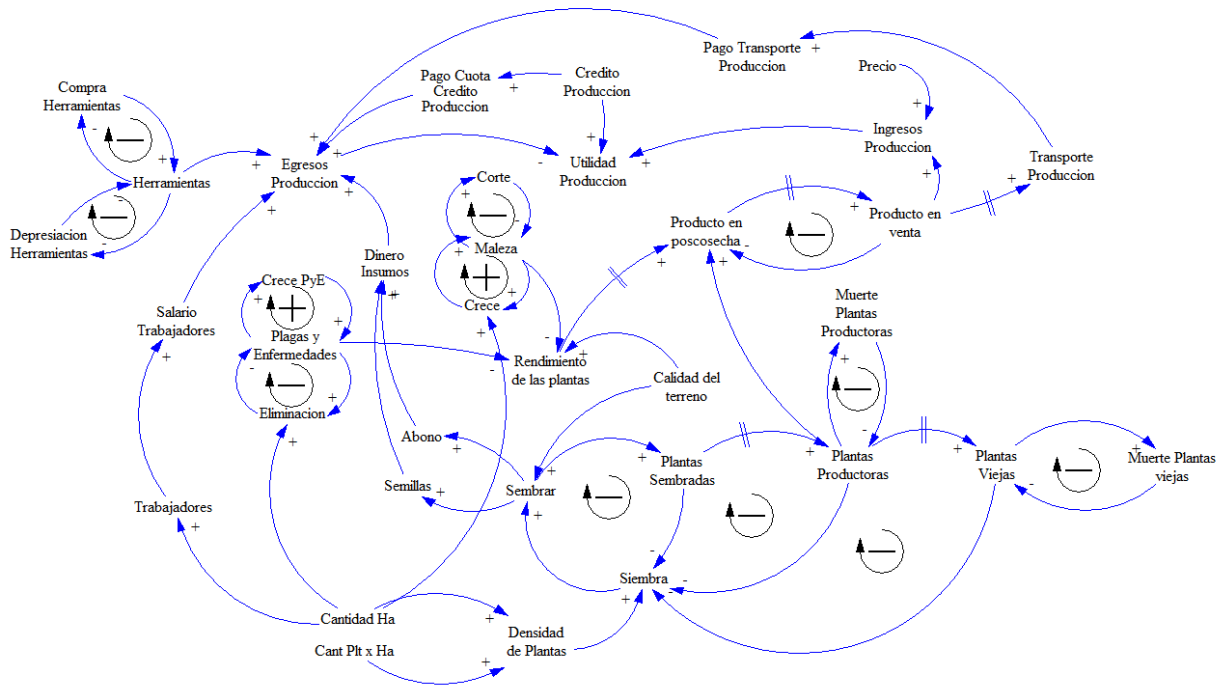
La Figura 50 presenta la maleza y como esta se ve afectada por el crecimiento y el corte, así como de la cantidad de hectáreas. Por otra parte, se tienen las plagas y enfermedades y maleza las cuales afectan por el rendimiento de la producción del producto agrícola.

Figura 50. Diagrama de influencias de producción – producción e influencia de la maleza y las plagas y enfermedades.



La Figura 51 presenta el diagrama de influencias con los factores que influyen en la utilidad, los cuales son los ingresos y los egresos. Los ingresos son básicamente los que se producen con la venta del producto agrícola, la cual tiene un precio asociado, a mayor precio mayores ingresos por ventas, el otro ingreso considerado es el crédito o inversión que realiza el productor al cultivo. Por otra parte, los egresos corresponden al pago del salario a los trabajadores, la compra de insumos, el pago del transporte y el pago de las cuotas del crédito. La Figura 51 corresponde al eslabón de producción, en donde se encuentran los actores que intervienen en este proceso así como las actividades que realiza cada uno.

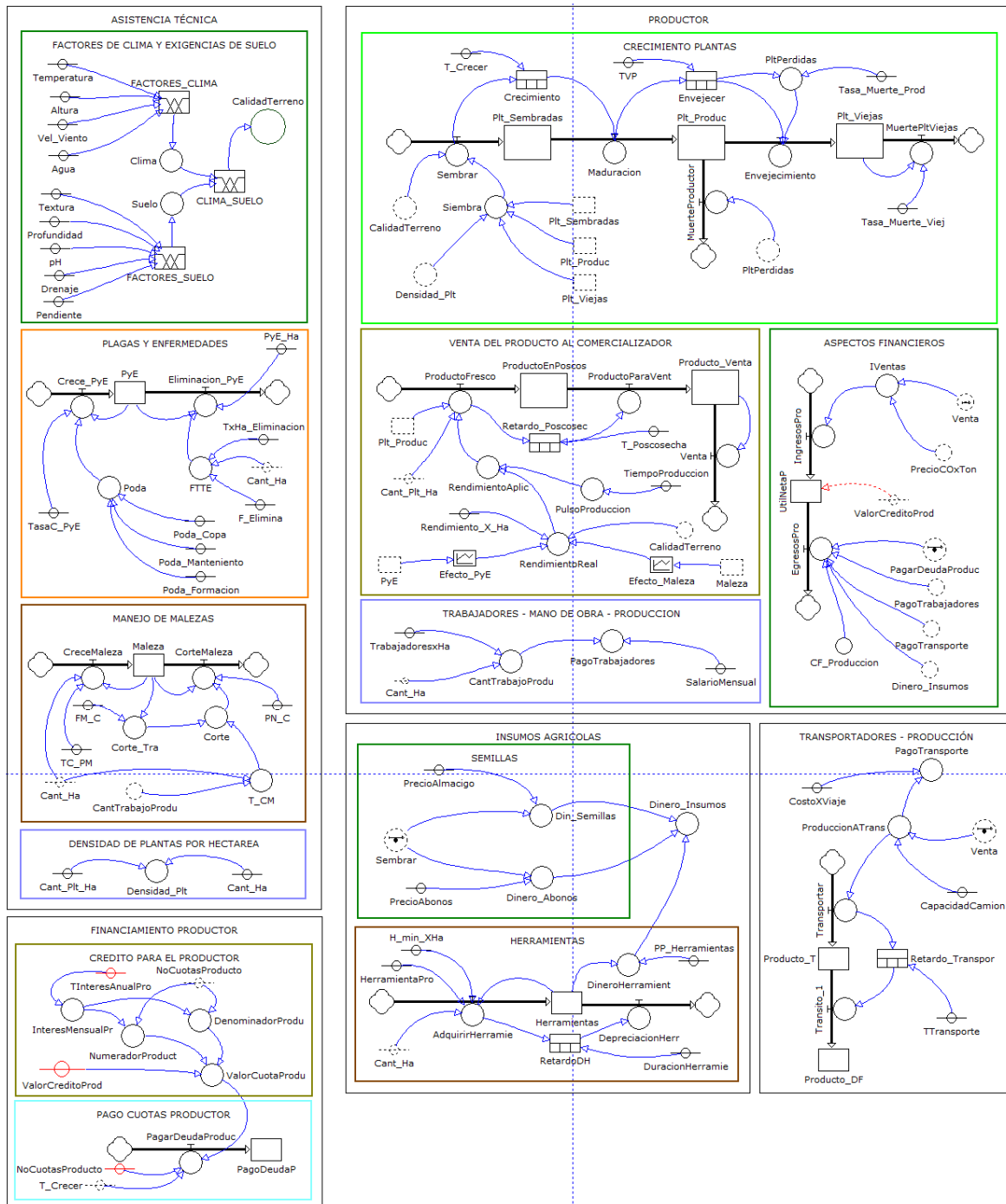
Figura 51. Diagrama de influencias de producción – con los actores y sus relaciones.



## 2. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de producción

La Figura 52 presenta el diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de producción, en donde se ven reflejadas las actividades que realiza cada uno de los actores, que intervienen en este eslabón, más adelante se explicará cada uno de los sectores y subsectores. El diagrama presenta cinco actores, los cuales son los principales dentro de este proceso, estos son: productores, asistencia técnica, proveedores de insumos, transporte y financiamiento.

Figura 52. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de producción.



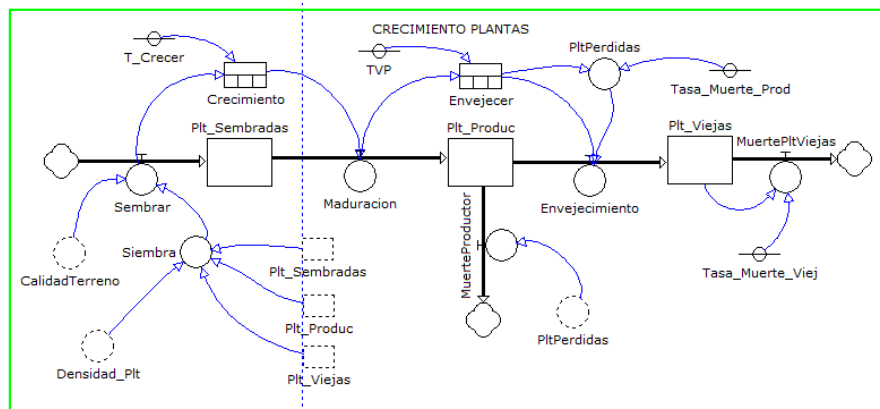
Los productores son la cara visible del negocio y el encargado de buscar la asistencia técnica, el financiamiento, insumos y el transporte; además debe velar porque el cultivo funcione de la mejor manera de tal forma que permita la obtención

de buenos rendimientos. El sector de producción, se encuentran cuatro subsectores, los cuales son: crecimiento de plantas, venta del producto al comercializador, trabajadores – mano de obra producción y aspectos financieros. Los cuales serán descritos a continuación:

En el sector del crecimiento de las plantas se encuentran 3 niveles los cuales corresponden a cada una de las etapas de una planta, el primer lugar se encuentra la siembra, luego la etapa de producción y finalmente las plantas viejas. Para la siembra primero se debe verificar la *Calidad del Terreno*, esto se conoce con la ayuda de la asistencia técnica, de acuerdo a este resultado se conoce si es factible o no la siembra, en caso de que el terreno no tenga las condiciones necesarias para el cultivo la siembra no se lleva a cabo, por otra parte, si las condiciones son favorables la siembra inicia.

El proceso de siembra depende de la densidad de plantas por hectárea y de la cantidad de terreno en hectáreas disponible para el cultivo, así como de las plantas sembradas previamente. Después que está instalado el cultivo se debe esperar hasta que las plantas inicien el ciclo productivo, esta espera se representa con el retardo *Crecimiento* el cual depende del tiempo que requiera la planta para dicho fin  $T_{Crece}$ , cuando las plantas ya se han transformado en plantas productoras estas pueden morir o simplemente envejecer, el envejecimiento se representa con el retardo *Envejecer* el cual depende del tiempo de vida promedio de la planta  $TVP$ , cuando las plantas se encuentran en esta etapa el rendimiento es bajo y poco a poco las plantas mueren. Las plantas que mueren por vejez o en la etapa productiva son reemplazadas por nuevas plantas que ingresar a iniciar el proceso productivo.

Figura 53. Sector crecimiento plantas.

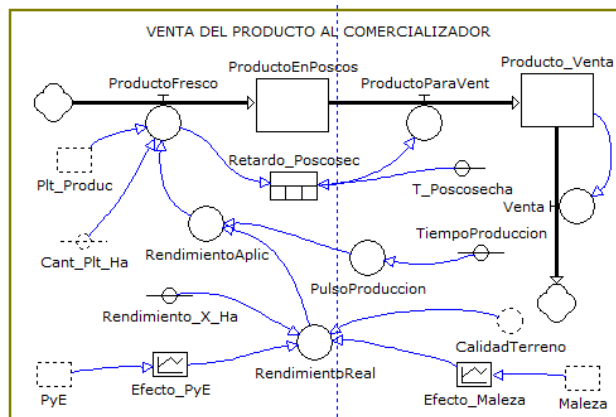


En el sector de la venta al comercializador, se realiza la producción del producto, en donde se tiene en cuenta el rendimiento de determinada variedad y especie, ya que para todas las especies y variedades el rendimiento es diferente. El rendimiento se ve afectado por la calidad del terreno, la maleza y las plagas y enfermedades ocasionando que los rendimientos por hectarea disminuyan. Los rendimientos dependen de la periodicidad con los cuales se recoja la cosecha esto se ve reflejado en el *PulsoProduccion* que depende de *TiempoProduccion*, con los rendimientos por hectarea y la cantidad de plantas productoras se calcula la producción en determinado periodo de tiempo.

Al obtener la producción se tiene *ProductoFresco*, sin embargo antes de vender el producto pasa por el proceso de pos cosecha, el tiempo que tarda la realización de este proceso depende de cada producto, la duración en tiempo de este proceso se representa en *Retardo\_Poscosec* en donde se debe indicar cual es el tiempo para la realización del proceso (*T\_Poscosecha*).

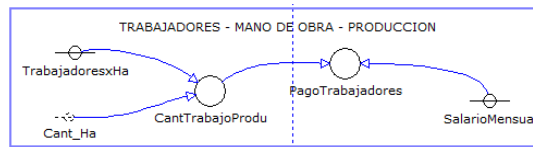
Finalmente el producto al cual se le ha realizado el proceso de pos cosecha (*Producto\_Venta*) se dispone a vender a los comercializadores.

Figura 54. Sector producción y venta del producto al comercializador.



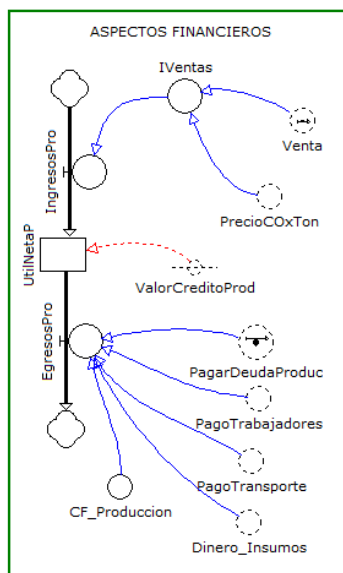
Durante el proceso de instalación, mantenimiento y producción se debe contar con trabajadores encargados de realizar las actividades propias del cultivo como la poda, manejo de maleza, recolección, etc. De acuerdo al tipo de cultivo se recomiendan una determinada cantidad de trabajadores por hectárea

Figura 55. Sector de trabajadores – mano de obra producción.



Los aspectos financieros del eslabón de producción permiten calcular la utilidad del productor, en donde se realiza la resta de los ingresos (valor del crédito, ventas del producto) de los egresos (transporte, pago de la cuota del crédito, pago de los trabajadores, insumos, etc.)

Figura 56. Sector de aspectos financieros del eslabón de producción.



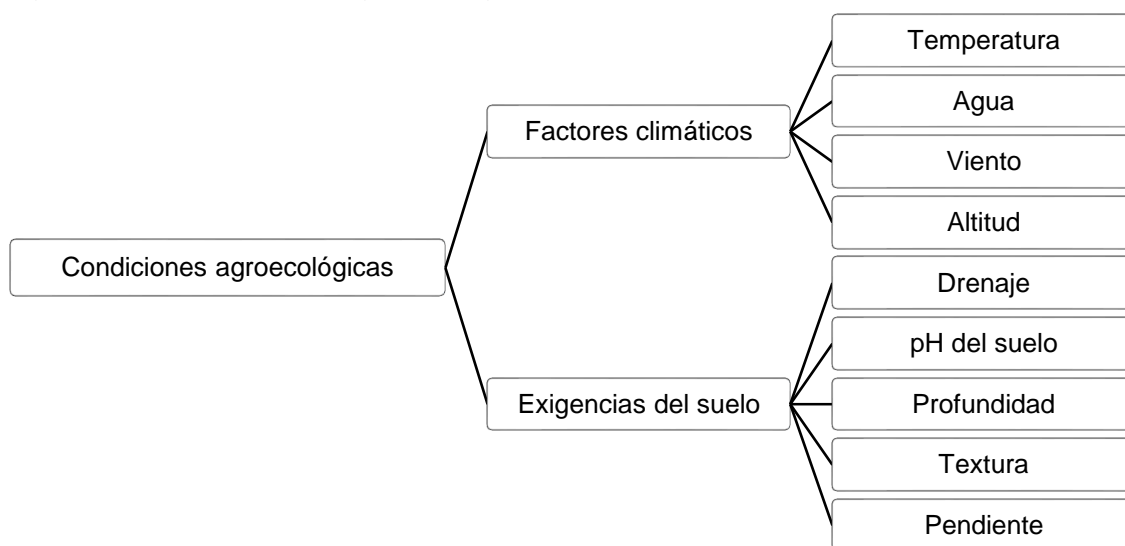
Mientras que el productor es la cara visible la asistencia técnica es la que determina en base a sus conocimientos y análisis del terreno si es viable para un determinado cultivo, además de realizar otras labores, como la eliminación de maleza y plagas y enfermedades.

La asistencia técnica, se refiere a asesorías especializadas, tecno-productivas, dirigidas hacia productores agropecuarios que pueden ser grandes o pequeños, familiares o industriales [105].

Generalmente, los mismos productores pagan de forma directa o indirecta por este tipo de servicios. En Colombia de acuerdo al Artículo 3ª de la ley 607 del 2000, se define de la Asistencia técnica directa rural: “El servicio de asistencia técnica directa rural comprende la atención regular y continua a los productores agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros, en la asesoría de los siguientes asuntos: en la aptitud de los suelos, en la selección del tipo de actividad a desarrollar y en la planificación de las explotaciones; en la aplicación y uso de tecnologías y recursos adecuados a la naturaleza de la actividad productiva; en las posibilidades y procedimientos para acceder al financiamiento de la inversión; en el mercadeo apropiado de los bienes producidos y en la promoción de las formas de organización de los productores” [132].

Para determinar la calidad del terreno para un cultivo específico el técnico en agroindustria debe verificar que los factores del clima y las exigencias del suelo sean óptimos, se debe realizar principalmente es estudio de las condiciones agroecológicas, la cual incluyen los factores climáticos y las exigencias del suelo. Los factores climáticos para el desarrollo de los cultivos están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona en la cual se cultivan; mientras que las exigencias del suelo son la materia orgánica, el tipo de suelo, el drenaje y la humedad. La Figura 57, presenta las principales variables a tener en cuenta en el estudio de un terreno.

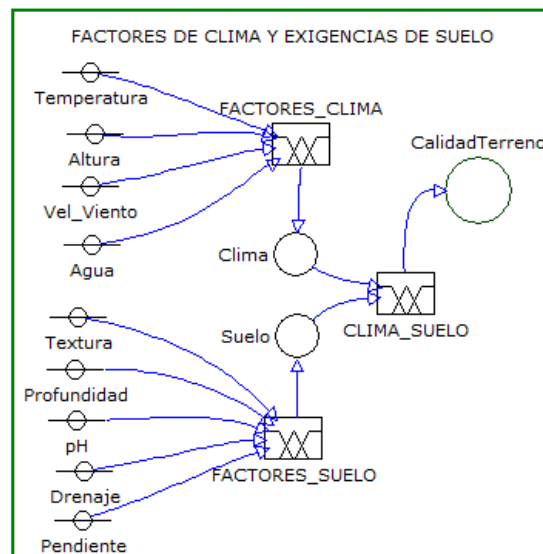
Figura 57. Condiciones agroecológicas.



Fuente: Adaptación [123]

En este sector se encuentran las variables que permiten indicar la calidad del terreno; con respecto a los factores climáticos se analizan la temperatura, altura, velocidad del viento y agua, y con respecto a las exigencias del suelo se analizan la textura, profundidad, pH, drenaje y pendiente. Con los resultados de estas dos variables se obtiene la calidad del terreno. Para determinar qué tan óptimo es el terreno se dispone de la herramienta de lógica difusa<sup>11</sup>. Por medio del componente FIS (lógica difusa) se obtienen resultados más parecidos a los del razonamiento humano.

Figura 58. Sector factores de clima y exigencias del suelo



Para la obtención de buenos rendimientos y calidad en la producción es de vital importancia el control de plagas y enfermedades. La densidad de siembra, las condiciones agroclimáticas desfavorables, la falta de limpieza en los cultivos, bordes y caminos, entre otros factores, provocan que la incidencia de plagas y enfermedades sea más alta [112].

Las plagas son causas por el ataque de insectos, hongos, bacterias, roedores y cualquier otro agente que cause daño a los cultivos [113]. La presencia de plagas y enfermedades pueden causar la muerte de las plantas; para prevenir esto se

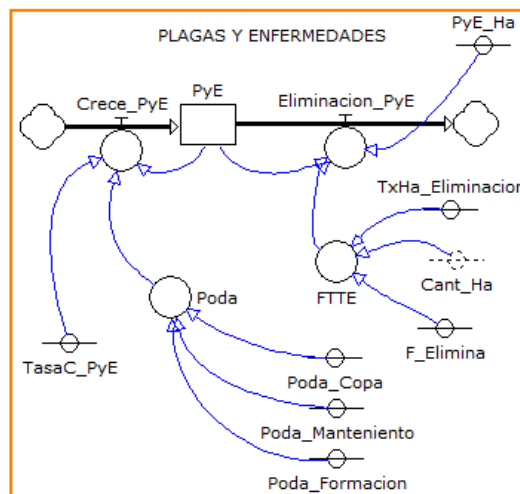
<sup>11</sup> Lógica Difusa es una lógica multi-valuada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento.

recomienda realizar la poda<sup>12</sup> al cultivo; sin embargo cuando ya el cultivo tiene alguna enfermedad o plaga, esta se debe atacar con pesticidas o químicos especializados.

Las plagas y enfermedades se representan con el crecimiento y el manejo preventivo, la eliminación.

El crecimiento de las plagas y enfermedades se presenta como una población el cual depende de una tasa de crecimiento y de la cantidad existente, la cual puede disminuir con la actividad cultural conocida como la poda, existen diferentes tipos de poda, sin embargo, las que ayudan a prevenir la aparición de las plagas y enfermedades son la poda de formación, la poda de mantenimiento y la poda de copa, realizar estas actividades es más rentable para el productor que el tratamiento correctivo ya que los costos aumentan y el cultivo puede generar pérdidas.

Figura 59. Sector plagas y enfermedades



<sup>12</sup> La poda es una práctica que permite aumentar la producción, en donde se busca modificar la estructura del árbol permitiéndole mantener una forma equilibrada en cuanto a su arquitectura general. Los tipos de poda son:

- Poda de copa: consta en eliminar de manera gradual las ramas o tallos superiores, de tal forma que facilite el manejo del cultivo y la concentración de la producción en el tallo y ramas principales.
- Podas de mantenimiento: Consiste en eliminar los brotes y ramillas que se concentran en determinados espacios de la planta o aquellas que se orienten hacia el suelo o arriba del tallo. Asimismo, se eliminan ramas improductivas. Se ejecutará permanentemente dos veces al año como mínimo.
- Poda de formación: se realizará en plantaciones nuevas y tiene por finalidad lograr una altura y forma adecuada de la copa para una mejor captación de la luz solar, mayor producción y facilitar las labores de cosecha.



La Figura 61 presenta los trazados más comunes, sin embargo también hay trazados en curva de nivel o rectángulos utilizando distancias uniformes o en arreglos asimétricos que permitan un mejor aprovechamiento del terreno.

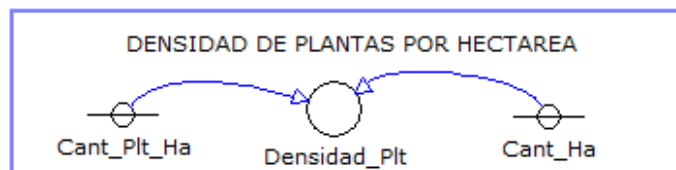
Figura 61. Marcos de plantación.



Fuente: [133]

La densidad de plantas por hectárea se calcula la cantidad de plantas que se pueden sembrar en un terreno, teniendo como punto de partida las plantas que se pueden sembrar en una hectárea.

Figura 62. Sector del manejo de malezas.



Para poder iniciar un negocio es fundamental contar con financiamiento, este puede provenir de entidades bancarias agrarias o recursos propios. En cualquiera de los dos casos el dinero invertido debe regresar al dueño de los recursos.

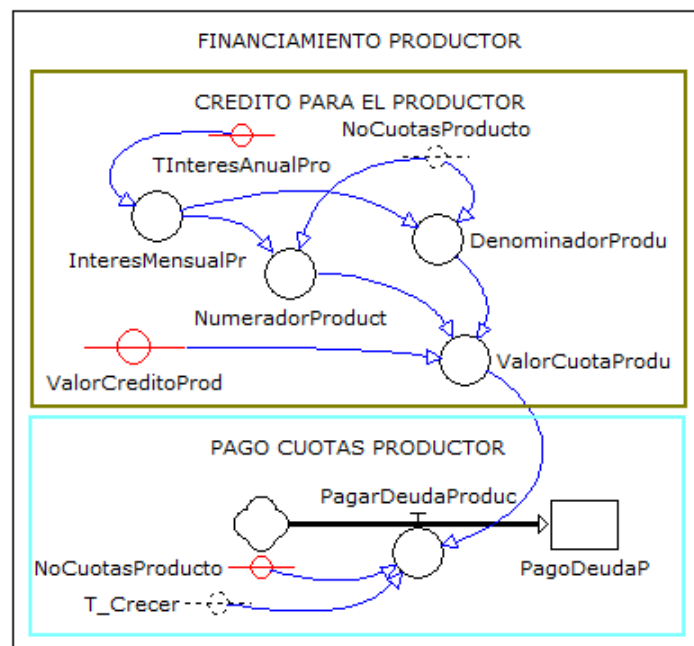
El Financiamiento para el Sector Agropecuario, es un crédito que se otorga a una persona para ser utilizado en las distintas fases del proceso de producción, comercialización y transformación primaria de bienes de origen agropecuario; de esta forma se aplica la Ley 16 de 1990 [124].

El financiamiento se utiliza para poder realizar la instalación del cultivo, las prácticas de manejo y transformación del producto. En la mayoría de los casos el dinero es una limitante para el cumplimiento de las prácticas necesarias.

Este sector tiene dos subsectores los cuales son el crédito para el producto y el pago de cuotas.

- *Crédito:* para la asignación del crédito no se realiza un estudio de riesgos que realizan las entidades bancarias, se asume que el dinero está disponible por el valor deseado, se deben ingresar datos como la tasa de interés anual, el número de cuotas y el valor solicitado, con esto se procede a calcular el valor de la cuota.
- *Pago cuotas:* como es un crédito de producción, el pago de las cuotas inicia desde que inicia la etapa productiva del cultivo.

Figura 63. Sector de financiamiento del productor

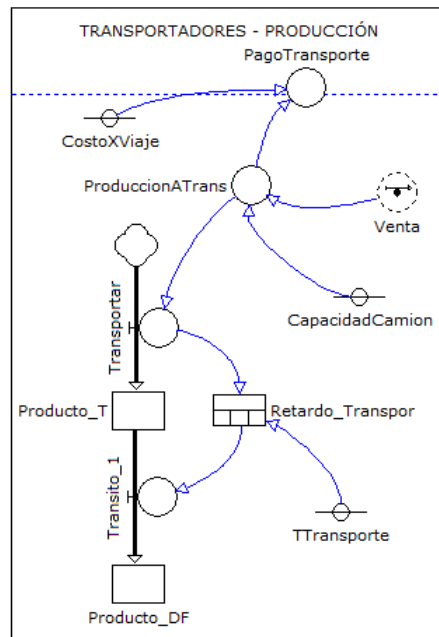


Los transportadores son los encargados de desplazar el producto de un lugar a otro. Los transportadores prestan un servicio de gran importancia en el sistema de funcionamiento de las organizaciones, tanto para el acarreo de insumos, traslados para gestiones y acarreo de cosecha. Este servicio a nivel local está dado por transportistas locales propietarios de buses, camiones y animales de carga. Son relaciones informales y ocasionales los cuales no están formalizados con aspectos

locales sino que con acuerdos verbales según la necesidad [16]. Esta actividad es informal ya que depende de la producción.

- *Transporte*: de acuerdo al tipo de producto que se va a transportar y al tamaño del transporte utilizado se calcula la cantidad de toneladas a transportar en cada viaje y luego de acuerdo a los viajes y al costo por viaje se cancela el valor del transporte.

Figura 64. Sector de transporte.



Finalmente, los insumos agrícolas que van desde las semillas, herramientas, plaguicidas, insecticidas, abonos y químicos; sin embargo, en el modelo solo se tienen en cuenta los más importantes los cuales son las semillas, los abonos y las herramientas.

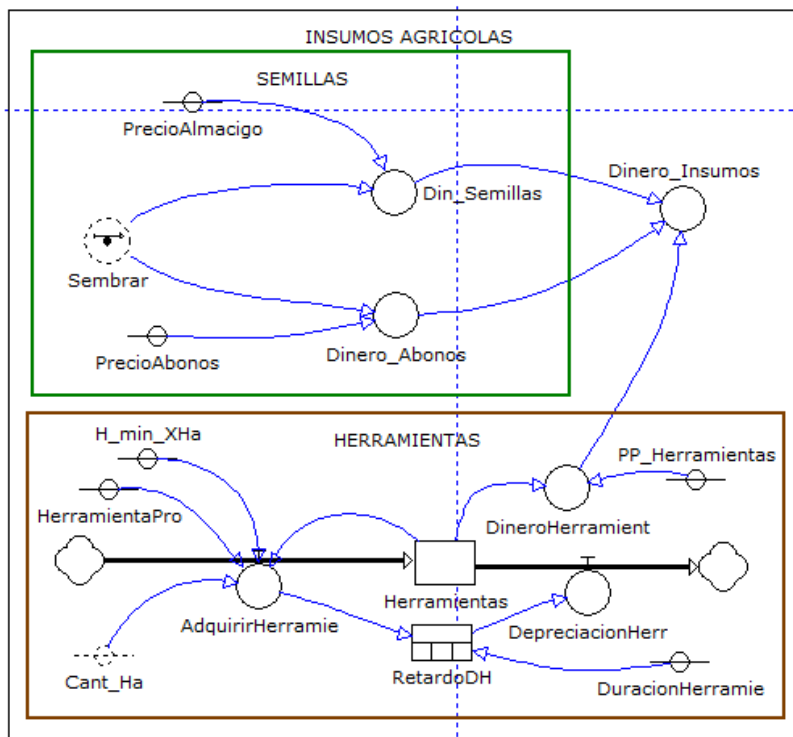
- ✓ *Semillas*: La semilla, simiente o pepita es cada uno de los cuerpos que forman parte del fruto que da origen a una nueva planta; es la estructura mediante la cual realizan la propagación las plantas [114].  
La producción de semillas es un proceso esencial de la agricultura, gracias a este, los campesinos han domesticado las especies vegetales que hoy consumimos, creando una enorme variedad dentro de cada especie al adaptándolas a distintas condiciones ambientales y necesidades culturales.

La selección de la semilla afecta la producción de la planta, la calidad del producto, el tiempo entre la siembra y la primera cosecha, el número de cosechas principales al año.

De acuerdo al producto y a la variedad que se desea sembrar, se debe comprar la semilla (almácigos) con el fin de obtener las características deseadas en las plantas. Cada almacigo tiene un valor y este gasto se debe realizar cada vez que se deba iniciar o renovar un cultivo.

- ✓ **Abonos:** El abono (o fertilizantes) son cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato, a nivel nutricional, para las plantas.
- ✓ **Herramientas:** para realizar la siembra, mantenimiento y manejo pos – cosecha se necesitan una serie de herramientas, que van desde palas, picas, machetes y tijeras. Estas herramientas tienen una vida útil, por esto se deben cambiar frecuentemente.

Figura 65. Sector de insumos agrícolas

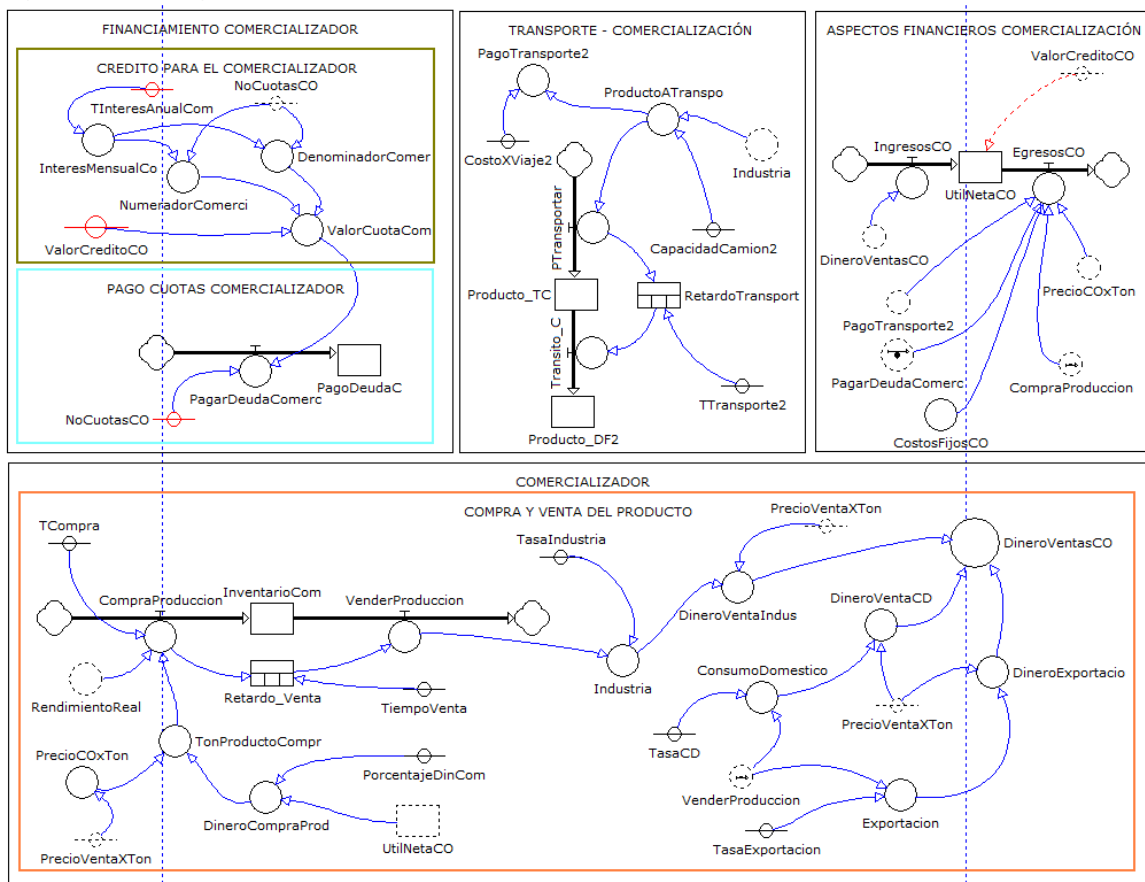




#### 4. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de comercialización

La Figura 67 presenta el diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de comercialización, en donde se ven reflejadas las actividades que realiza cada uno de los actores, que intervienen en este eslabón, más adelante se explicará cada uno de los sectores y subsectores. El diagrama presenta tres actores, los cuales son los principales dentro de este proceso, estos son: comercializadores, transporte y financiamiento.

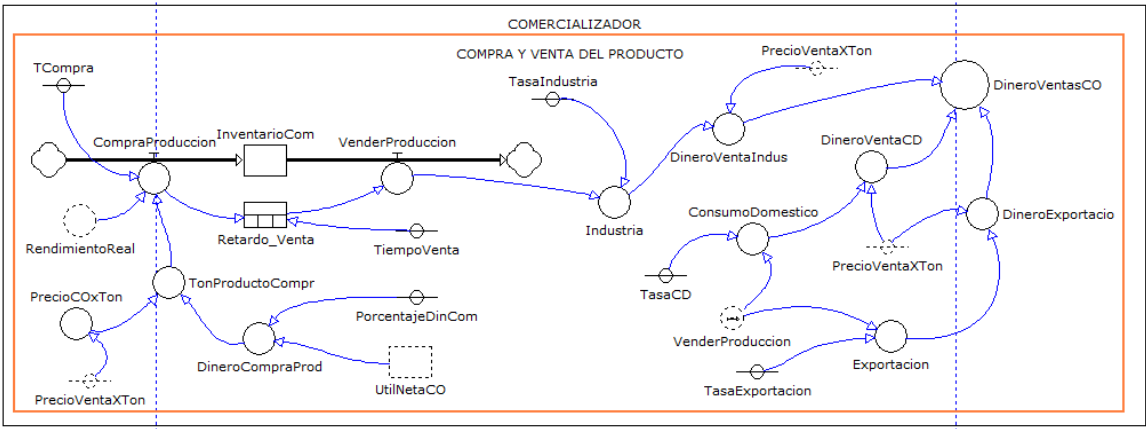
Figura 67. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de comercialización.



Los sectores Financiamiento, Transporte y Aspectos Financieros son sectores genéricos los cuales se realizaron de esta forma para facilitar la comprensión de la *Agro – Estructura*.

Por otra parte, el sector comercializador abarca la compra y venta de un producto agrícola al eslabón de producción, este producto primero se almacena en una bodega mientras se acopia la mayor cantidad de producción para luego ser vendida a los diferentes compradores, los cuales varían entre el consumo doméstico, industria procesadora y exportadores. La compra es periódica y depende del parámetro *TCompra* el cual indica cada cuanto tiempo se realiza una compra. Adicionalmente, después que el producto se encuentra en las bodegas de comercializador. El precio de venta para cada uno de los compradores varia, de esta forma, el comercializador debe analizar cual cliente le ofrece más ventajas, teniendo en cuenta que la exportación solo se realiza cuando hay excedentes en la producción.

Figura 68. Sector del comercializador. Fuente: Autor



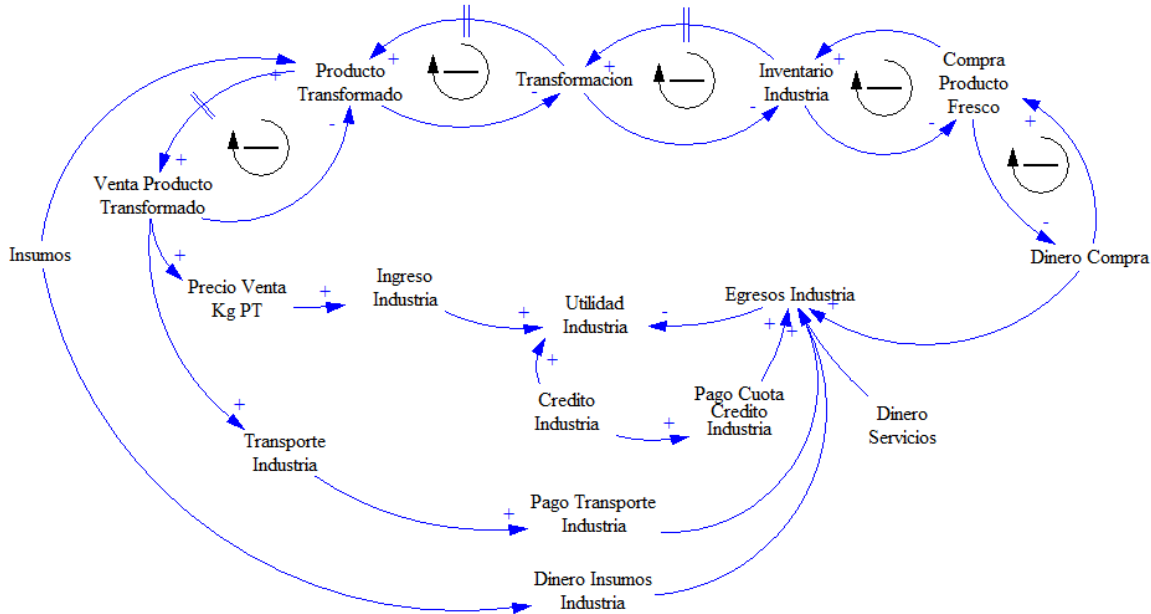
**5. Diagrama de influencias del eslabón de proceso industrial**

La Figura 69 presenta el diagrama de influencias del eslabón de proceso industrial, en donde se puede observar el ciclo de compra por parte de la industria, el cual representa la capacidad de transformación de la industria. Ya que la industria no puede comprar producción si no tiene la capacidad para transformarla. Cuando la producción se encuentra en el inventario de la industria, se procede a transformarla en un nuevo producto, este proceso lleva tiempo por tal motivo se observa el retardo de transformación y retardo de mezcla.

Cuando el producto ya se encuentra listo para la venta, se procede a vender, sin embargo, esta venta es gradual (*Retardo Venta*); finalmente, los ingresos de la

industria procesadora provienen principalmente por la venta del producto nuevo y los egresos principales corresponden a la compra de la producción, el pago a los trabajadores, el pago de los servicios públicos y el pago del transporte.

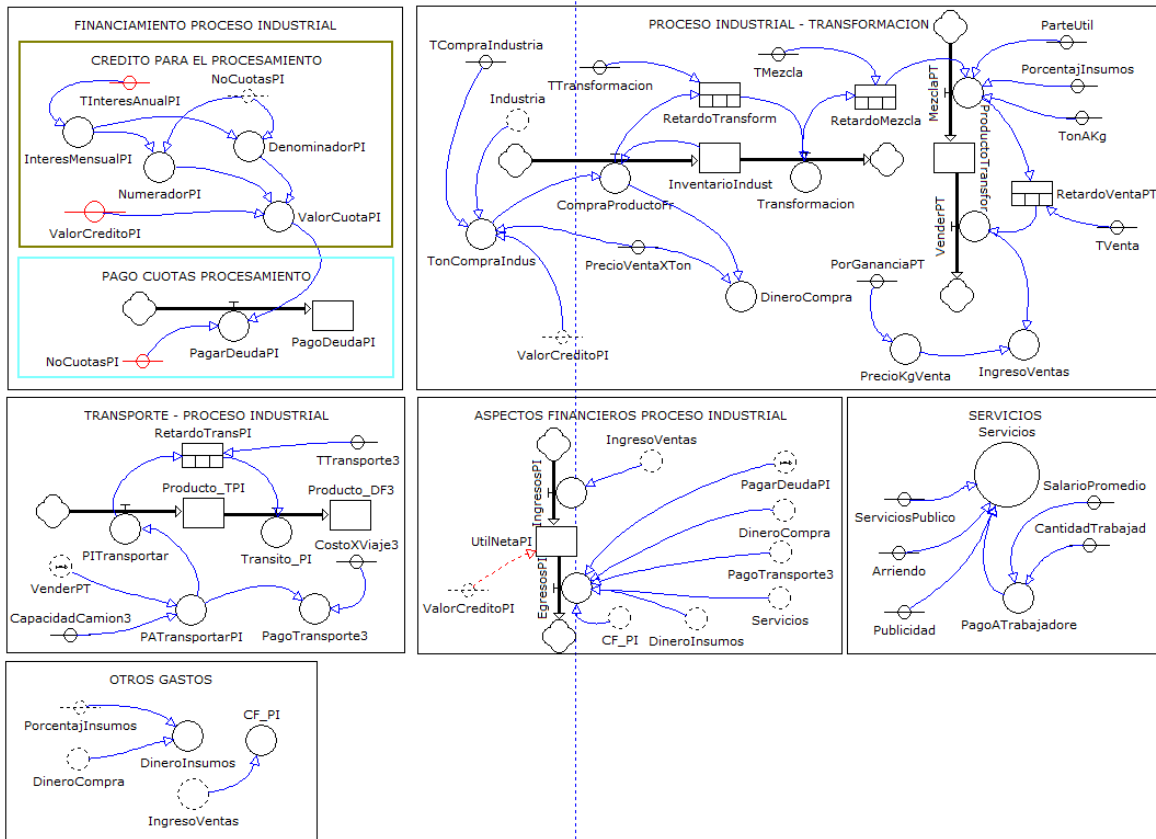
Figura 69. Diagrama de influencias del eslabón de proceso industrial.



**6. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de proceso industrial**

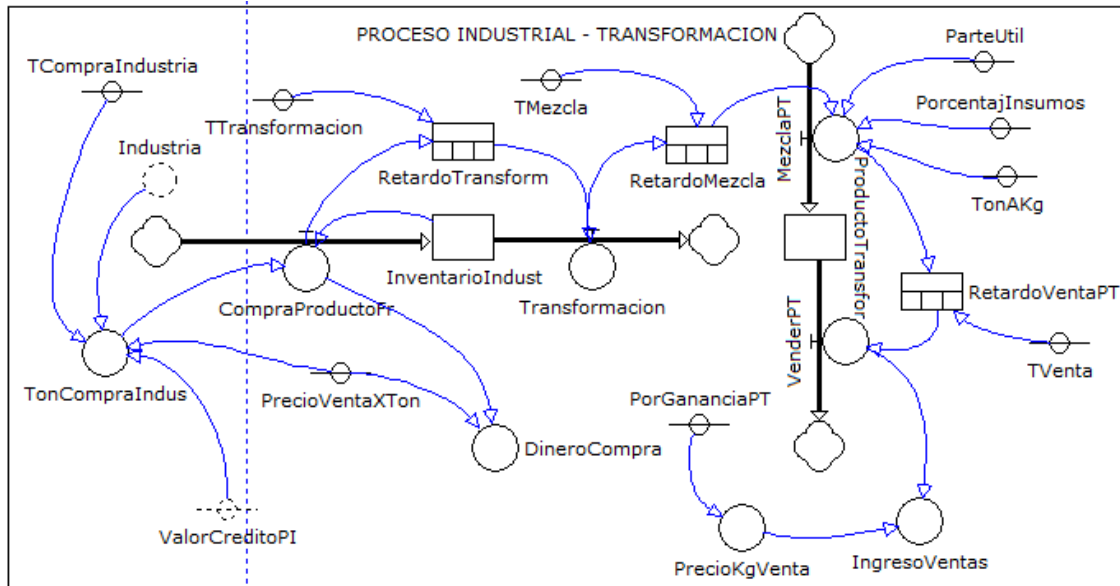
La Figura 70 presenta el diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de proceso industrial, en donde se ven reflejadas las actividades que realiza cada uno de los actores, que intervienen en este eslabón, más adelante se explicará cada uno de los sectores y subsectores. El diagrama presenta tres actores, los cuales son los principales dentro de este proceso, estos son: proceso industrial, transporte y financiamiento.

Figura 70. Diagrama de Flujo – Nivel del eslabón de proceso industrial.



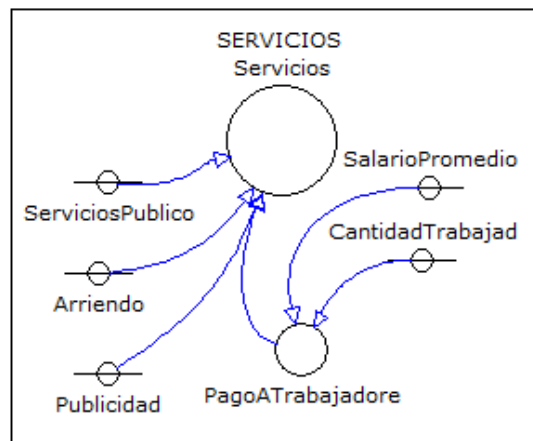
El proceso de transformación de un producto agrícola en un producto procesado, inicia con la compra de materia prima, este es el producto agrícola, posteriormente es producto paso por un proceso de transformación (*RetardoTransform*) en donde se mezcla con los insumos (agua, azúcar, leche, etc.). Al finalizar este proceso, se convierte las toneladas a la unidad de peso en la que se vaya a distribuir el nuevo producto. El precio de este nuevo producto, se da con el costo de producir dicho producto y del porcentaje de ganancia que se espera. Luego se procede a vender el nuevo producto a los consumidores finales.

Figura 71. Sector de proceso industrial – transformación.



Los gastos asociados al proceso de transformación se resumen en el sector Servicios, en donde se encuentra primero el pago a los trabajadores, el pago de los servicios públicos y arriendo, así como la publicidad que se le debe hacer para todos los productos nuevos ya sea con volantes, radio, televisión y/o internet.

Figura 72. Sector de servicios de la industria procesadora.



## ANEXO D. PRUEBAS DE EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO

Pruebas aplicadas al modelo de la cadena productiva del cacao, resultado de utilizar la *Agro – Estructura* y las directrices propuestas.

### 1. Evaluación de la estructura

Para realizar esta prueba se seleccionaron los niveles del modelo cuya dinámica utiliza recursos reales y cuantificables que no pueden tomar valores negativos en el horizonte de tiempo seleccionado en las simulaciones, de esta forma se da cumplimiento a las leyes de la física como se muestra en la Tabla 38. La verificación consistió en evaluar la coherencia interna del modelo.

Tabla 38. Niveles seleccionados para la evaluación de la estructura

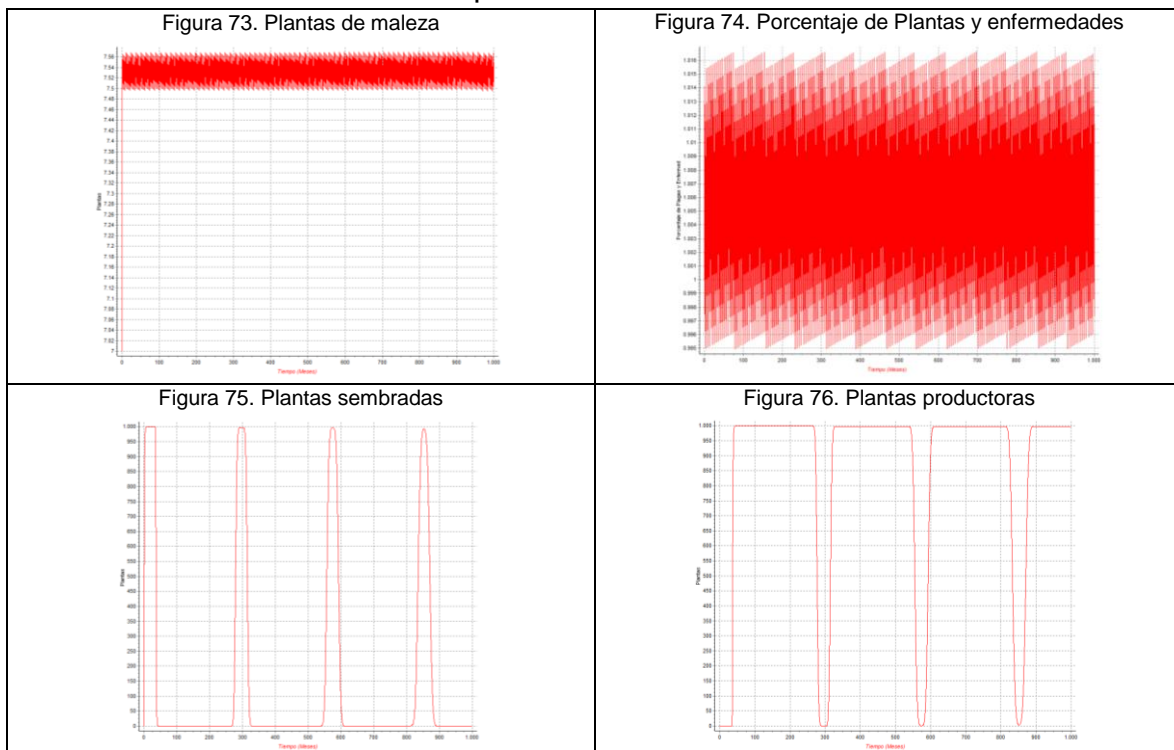


Figura 77. Kilogramos de chocolate de mesa

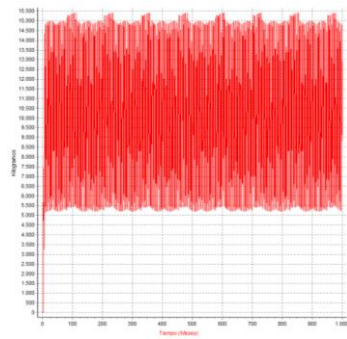


Figura 78. Producción en pos cosecha

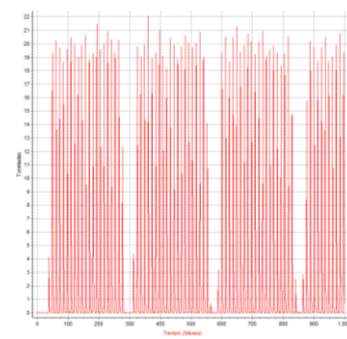


Figura 79. Producción para la venta

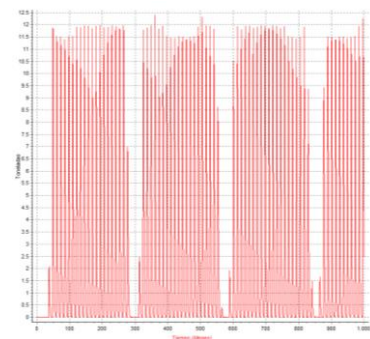


Figura 80. Herramientas

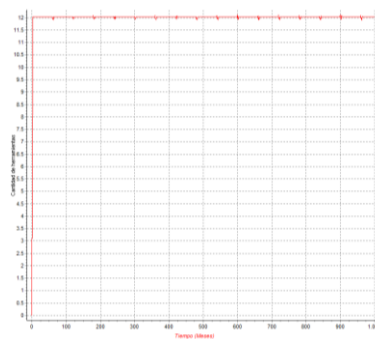


Figura 81. Plantas viejas

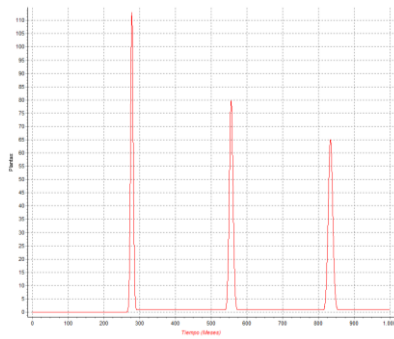
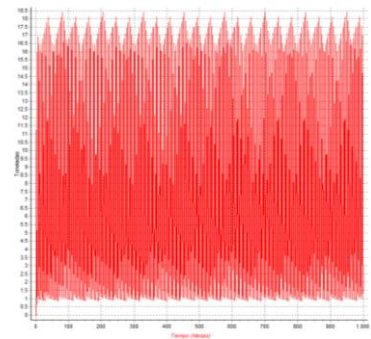
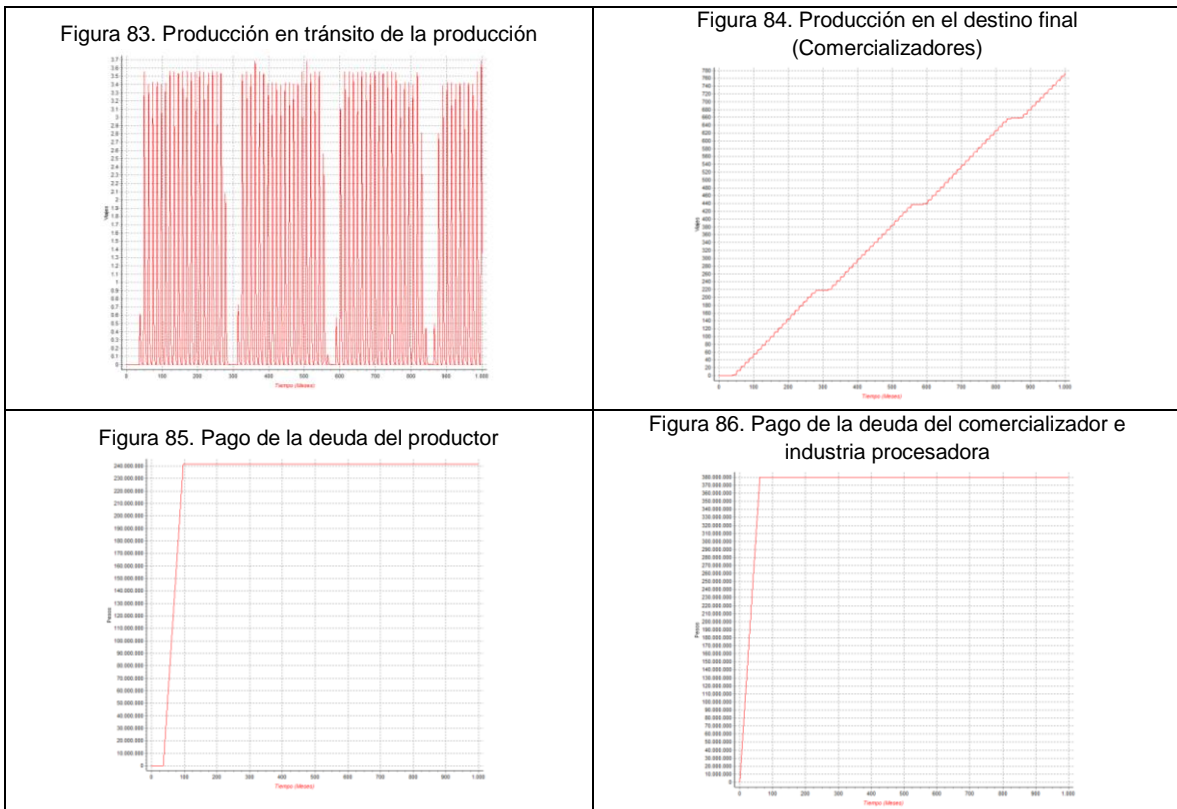


Figura 82. Inventario de la industria procesadora





Acorde con los resultados mostrados en la Tabla 38, los recursos utilizados por los niveles seleccionados para esta simulación de evaluación estructural se comportan igual que su contraparte en el mundo real. De esta forma, se concluye que el modelo de la cadena productiva del cacao es consistente con las leyes físicas básicas.

El nivel de agregación que se tiene para el modelo es adecuado con el desarrollo de la cadena productiva del cacao.

## 2. Consistencia dimensional

Se verificó que las ecuaciones fueran técnicamente correctas y dimensionalmente consistentes, evaluando una por una las ecuaciones, para más detalle ANEXO E.

### 3. Evaluación de parámetros

Tomando los elementos exógenos (parámetros) identificados en la prueba de suficiencia de límites, los autores del presente modelo realizan esta evaluación con el objetivo de examinar y describir el significado de cada uno de los parámetros y sus valores posibles acorde a la realidad percibida y modelada. Lo anterior consignado en la Tabla 39:

Tabla 39. Evaluación de parámetros del prototipo del eslabón de producción.

Elemento	Valores posible	Valor de referencia	Unidades
Temperatura	>0	24	°C
Altura	>0	900	Metros sobre el nivel del mar
Vel_Viento - Velocidad del viento	>0	9	Km/H
Agua	>0	1700	Mili-Litros
Textura	0<X<=100	100	Adimensional
Profundidad	>0	4	Metros
pH	>0	6	Adimensional
Drenaje	0<X<=100	100	Adimensional
Pendiente	>0	1	Grados
Poda_Formacion - Poda Formación	0<X<=1	0.9	Adimensional
Poda_Mantenimiento - Poda mantenimiento	0<X<=1	0.9	Adimensional
Poda_Copa - Poda de copa	0<X<=1	0.5	Adimensional
TasaC_PyE - Tasa de crecimiento de plagas y enfermedades	0<X<=1	0.7	Adimensional
PyE_Ha - Percepción de la cantidad de plagas y enfermedades que se propagan en el cultivo	0<X<=1	1	Adimensional
TxHaEliminacion - Fracción de eliminación realizada por cada trabajador	0<X<=1	0.08	Adimensional
TC_PM - Tasa de Crecimiento Promedio de la Maleza	0<X<=1	0.3	1/mes
FM_C - Fracción de la Maleza que se Corta en cada deshierbe	0<X<=1	0.08	Adimensional
PN_C - Percepción de la Necesidad de Cortar la Maleza	>0	7.5	Plantas
Cant_Plt_Ha - Cantidad de plantas por hectárea	>0	1000	Plantas
Cant_Ha - Cantidad de hectáreas	>0	1	Hectáreas
TInteresAnualPro - Tasa de interés anual promedio para el productor	>0	8	Adimensional
ValorCreditoPro - Valor del crédito para producción	>0	200.000.000	Pesos
NoCuotasProcto - Numero de cuotas a financiar el crédito del productor	>0	60	Cuotas
TCreecer - Tiempo necesario para que la planta inicie la producción	>0	60	Meses
TVP - Tiempo de vida promedio de la planta	>0	240	Meses
Tasa_MuerteProducto - Tasa de muerte de las plantas de producción	0<X<=1	0	Adimensional
TasaMuerteViejas - Tasa de muerte de plantas viejas	0<X<=1	1	Adimensional
RendimientoxHa - Rendimiento por hectárea	>0	1000	Toneladas
TiempoProduccion - Tiempo de producción	>0	12	Meses
TPoscosecha - Tiempo necesario para el proceso de pos cosecha	>0	1	Meses
TrabajadoresxHa - Trabajadores por hectárea	>0	5	Personas

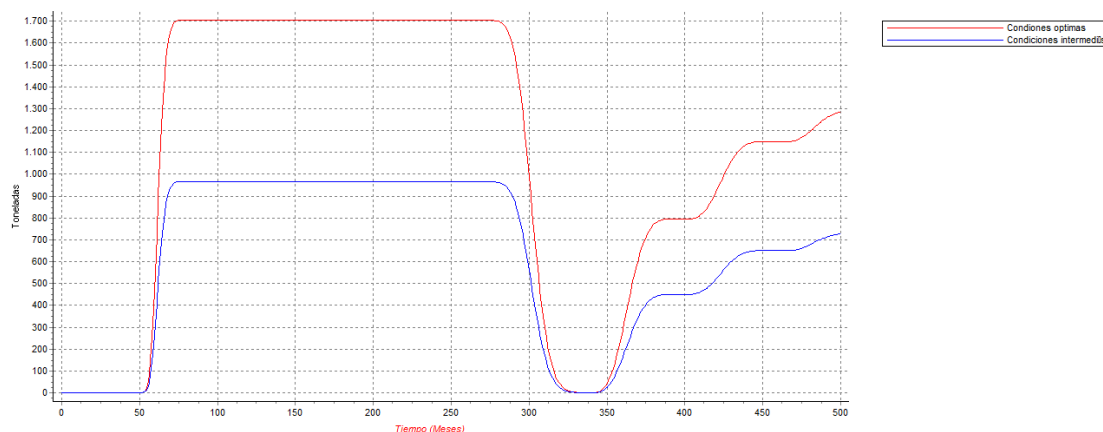
SalarioMensual - Salario mensual para los trabajadores de la producción	>0	650.000	Pesos
PrecioAlmacigo - Precio del almacigo	>0	2.000	Pesos
PP_Herramientas - Precio promedio de las herramientas	>0	50.000	Pesos
TiempoVenta – Tiempo que pasa en la bodega del comercializador antes de ser vendido a los diferentes compradores.	>0	1	Meses
DuracionHerramientas - Duración de las herramientas	>0	60	Meses
CapacidadCamion - Capacidad del camión usado por los productores	>0	1	Toneladas/Viaje
TTransporte - Tiempo de transporte de un lugar a otro (del productor al comercializador)	>0	0.125	Meses
CostoXViaje - Costo por viaje del transporte de la producción	>0	100.000	Pesos
H_minXHa - Cantidad de herramientas mínimas para una hectárea	>0	12	Unidad
PrecioAbonos - Precio de los abonos y fertilizantes	>0	2.500	Pesos
HerramientasPro - Cantidad de herramientas que se compran de acuerdo a la existencia	>0	4	Unidad
F_Elimina - Tasa de eliminación de plagas y enfermedades	>0	0.7	Adimensional
TInteresAnualCom - Tasa de interés anual promedio para el comercializador	>0	28	Adimensional
ValorCreditoCO - Valor del crédito para el comercializador	>0	200.000.000	Pesos
NoCuotasCO - Numero de cuotas a financiar el crédito del comercializador	>0	60	Cuotas
CapacidadCamion2 - Capacidad del camión usado por los comercializadores	>0	5	Toneladas/Viaje
TTransporte2 - Tiempo de transporte de un lugar a otro (del comercializador a los compradores)	>0	0.125	Meses
CostoxViaje2 - Costo por viaje del transporte de la producción del comercializador	>0	1.000.000	Pesos
PorcentajeDinCom - Porcentaje del dinero del préstamo usado para la compra de producción agrícola	>0	0.9	Adimensional
TCompra - Tiempo entre cada compra del comercializador	>0	5	Meses
TasaExportacion - Tasa de exportación	>0	0.05	Adimensional
TasaIndustria - Tasa de venta a la industria procesadora	>0	0.8	Adimensional
TasaCD - Tasa de venta al consumo domestico	>0	0.15	Adimensional
TCompraindustria – Tiempo entre las compras del producto agrícola.	>0	4	Meses
ServiciosPublicos - Costo de los servicios públicos (agua, luz, teléfono, internet, gas, etc.)	>0	20.000.000	Pesos
Arriendo - Arriendo de bodegas, plantas procesadoras, etc.	>0	20.000.000	Pesos
Publicidad - Publicidad de los productos elaborados por la empresa	>0	20.000.000	Pesos
SalarioPromedio - Salario promedio de los trabajadores de la industria procesadora	>0	2.500.000	Pesos
CantidadTrabajad - Cantidad de trabajadores de la industria procesadora	>0	50	Personas
TInteresAnualPI - Tasa de interés anual promedio para la industria procesadora	>0	28	Adimensional
ValorCreditoPI - Valor del crédito para la industria procesadora	>0	500.000.000	Pesos
NoCuotasPI - Numero de cuotas a financiar el crédito de la industria procesadora	>0	60	Cuotas
CapacidadCamion3 - Capacidad del camión usado por la industria procesadora para transportar los productos	>0	2	Toneladas/Viaje
TTransporte3 - Tiempo de transporte de un lugar a otro (de la industria procesadora a los almacenes)	>0	0.125	Meses

CostoViaje3 - Costo por viaje del transporte de la producción de la industria procesadora	>0	1.000.000	Pesos
PorGananciaPT - Porcentaje de ganancia de la elaboración de los productos	>0	0.3	Adimensional
PorcentajeInsumos - Porcentaje de insumos en la mezcla	>0	0.4	Adimensional
ParteUtil - Parte útil de producto agrícola (sin cascara, semillas, etc.)	>0	0.8	Adimensional
TonAKg - Conversión de toneladas a kilogramos	1.000	1.000	Kilogramos
TVenta - Tiempo necesario para la venta de la producción del nuevo producto	>0	3	Meses
PrecioVentaTon - Precio de compra de una tonelada de producto agrícola por la industria procesadora	>0	7.000.000	Pesos
TTransformacion - Tiempo necesario para la transformación del producto agrícola en el nuevo producto	>0	0.5	Meses
TMezcla - Tiempo necesario para mezcla y empaque del nuevo producto	>0	0.5	Meses

#### 4. Condiciones extremas

El comportamiento de referencia para realizar la evaluación es el Producto Fresco, bajo dos escenarios diferentes de condiciones de clima y suelo.

Figura 87. Simulación producto fresco



Las características de los escenarios definidos para la producción de productos frescos tenidos en cuenta para el comportamiento de referencia son descritas en la Tabla 40.

Tabla 40. Escenarios definidos para la producción de productos frescos

Escenario	Valores
Condiciones optimas	Temperatura: 25 °C Altura: 900 msnm Velocidad del viento: 9 Km/H Agua: 1700 ml Textura: 100% Profundidad: 4 m pH: 6 Drenaje: 100% Pendiente: 1
Condiciones intermedias	Temperatura: 19 °C Altura: 350 msnm Velocidad del viento: 12 Km/H Agua: 1050 ml Textura: 60% Profundidad: 2 m pH: 7.7 Drenaje: 60% Pendiente: 11

De esta manera y teniendo coherencia estructural que representa de forma adecuada la relación dinámica entre la calidad del terreno con la producción bajo los supuestos establecidos por los modeladores.

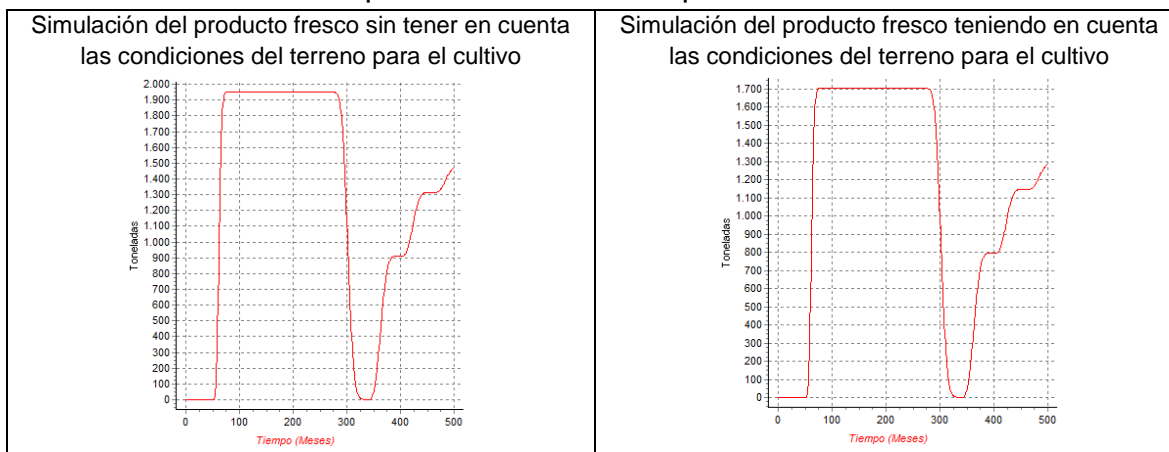
## 5. Error de integración

Para esta prueba se continúa trabajando con la variable de producción de producto fresco en condiciones óptimas de clima y suelo. El comportamiento esperado es que durante los primeros 36 meses la producción es baja, luego de este tiempo la producción debe alcanzar su valor máximo y mantener dicha producción hasta aproximadamente los 240 meses en donde disminuye debido a que las plantas se encuentran en una edad poco productiva y se debe renovar la planta. De esta manera, se realizaron simulaciones variando el paso de integración y los métodos de integración, y se encontró que el modelo es sensible al paso de simulación, por esta razón se recomienda utilizar el paso de simulación de 0,031 el cual equivale a un día y con un horizonte de tiempo no mayor a 1000 (más de 80 años), que se presentan errores numéricos.

## 6. Comportamiento anómalo

Para realizar esta evaluación fue elegida la variable “Producto fresco” como indicador relacionado al propósito del modelo sobre el entendimiento de la relación dinámica de las condiciones de clima y suelo, rendimiento, plagas y enfermedades y malezas. Así, se procedió a eliminar la variable “CalidadTerreno” que representa la influencia del terreno en el rendimiento de la producción. Sin embargo, la eliminación de esta relación Terreno – Producto fresco genera un comportamiento anómalo frente al entendimiento real del fenómeno ya que les indica a los productores que sin importar las condiciones de clima y suelo que se tengan igualmente se obtendrá producción y esta será óptima es decir obtendrá el mayor beneficio de las plantas en cualquier terreno.

Tabla 41. Simulación del producto fresco – comportamiento anómalo



En la Tabla 41, se presentan los comportamientos de ‘producto fresco’. En la figura de la izquierda se ha omitido la relación de esta variable con el terreno, en donde se observa que la producción es cercana a las 2000 toneladas en su punto máximo, esto es debido a que este es el rendimiento óptimo por hectárea; sin embargo las condiciones de clima y suelo influyen en la producción de estos cultivos, ya que a mejores condiciones mejores son los rendimientos; sin embargo aunque todas condiciones sean óptimas se espera que los rendimientos sean muy buenos sin embargo no serían los óptimos debido a estos además dependen de otros factores, por tal motivo el ‘producto fresco’ de la figura de la derecha se asemeja a la realidad con 1700 toneladas en su punto máximo.

## ANEXO E. ECUACIONES DE LA AGRO – ESTRUCTURA Y EL MODELO DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO

Con el objetivo de identificar inconsistencias dimensionales que puedan propiciar interpretaciones erróneas o fallas en la estructura elaborada para la representación del fenómeno en estudio. En la Tabla 42, se encuentra la descripción de cada una de las variables junto con sus respectivas unidades de medida, que otorgan la correcta consistencia dimensional a las simulaciones realizadas.

Tabla 42. Ecuaciones del eslabón de producción.

Tipo de variable	No.	Nombre de la variable	Unidades	Descripción	Ecuación – Valor Inicial
Parámetro	1	Temperatura	°C	Temperatura promedio del sector en donde se encuentra la finca, para este caso se utilizó la temperatura óptima del cultivo de cacao.	24
	2	Altura	m.s.n.m.	Altura en la cual se encuentra la finca. Unidades: metros sobre el nivel del mar.	900
	3	Vel_Viento	Km/H	Velocidad del viento en la cual se encuentra la finca.	5
	4	Agua	ml	Agua promedio con la que cuenta la finca, se utilizó una cantidad de agua promedio que tiene la durante un mes.	2.200
	5	Textura	Adimensional	Textura del terreno en la cual se va a instalar el cultivo. Se ha clasificado por valores 80-100 es arcilloso.	100
	6	Profundidad	m	El suelo en el cual se instale el cultivo, debe ser profundo para que permita la penetración de la raíz.	4
	7	pH	Adimensional	El pH del terreno determina las condiciones de fertilidad del terreno, aunque estas pueden ser modificadas por el hombre a través de la aplicación de sustancias que corrijan la acidez del suelo y suministren los nutrientes que se encuentran en cantidad insuficiente.	6
	8	Drenaje	Adimensional	El terreno debe tener buena circulación de agua, de tal forma que en la época lluviosa el terreno no se inunde. Debe poseer buen drenaje; es decir, debe permitir la circulación del agua sobrante con facilidad.	100
	9	Pendiente	Adimensional	Porcentaje de la pendiente (inclinación) del terreno. La pendiente del terreno no es un factor determinante, aunque se recomiendan con poca pendiente para un óptimo beneficio hasta el 9% y para condiciones intermedias hasta el 25%.	1
	10	Poda_Formacion	Adimensional	La poda de formación de la estructura debe realizarse para dar la forma adecuada al árbol.	0.9
	11	Poda_Mantenimiento	Adimensional	La poda de mantenimiento consiste en dar un repaso al árbol con el fin de quitar ramas muertas, quebradas o enfermas.	0.9
	12	Poda_Copa	Adimensional	Consiste en podar la rama principal de la copa para favorecer la ramificación.	0.5
	13	TasaC_PyE	Adimensional	Tasa de crecimiento de las plagas y las enfermedades.	0.7
	14	F_Elimina	Adimensional	Fracción de eliminación realizada por cada trabajador.	0.7
	15	PyE_Ha	Adimensional	Percepción de la cantidad de plagas y enfermedades que se está propagando por el cultivo.	1
	16	TC_PM	1/mes	Tasa de crecimiento promedio de la maleza.	0.3
	17	FM_C	1/mes	Fracción de la maleza que se corta en cada deshierbe. Denota la calidad de la acción de cortar. Si es 1 es un corte absoluto sin embargo siempre será menos de uno para indicar que en todo corte queda algo de maleza.	0.16
	18	PN_C	Plantas	Percepción de la necesidad de cortar maleza, determina cuanto se aprecia la necesidad de cortar.	7.5
	19	PrecioAbonos	Pesos	Dinero para abonos y fertilizantes para una planta.	10.000

20	Cant_Ha	Hectáreas	Cantidad de terreno para la instalación del cultivo.	1
21	Cant_Plt_Ha	Plantas	Cantidad de plantas que se pueden sembrar en una hectárea.	1000
22	TInteresAnual Pro	Adimensional	Tasa de interés anual del productor.	7
23	ValorCreditoProd	Pesos	Valor del crédito solicitado a una entidad bancaria.	200.000.000
24	NoCuotasProducto	Unidad	Numero de cuotas a diferir el crédito	60
25	T_Crecer	Meses	Tiempo necesario para que la planta inicie la producción.	60
26	Tasa_Muerte_Prod	Adimensional	Tasa de muerte de las plantas debido a diversos factores.	0.01
27	TVP	Meses	Tiempo de vida promedio de la planta productora.	240
28	Tasa_Muerte_Viej	Adimensional	Tasa de muerte de las plantas viejas.	1
29	T_Poscoseha	Meses	Tiempo necesario para realizar el proceso de pos cosecha del fruto hasta la selección y empaque.	0.5
30	TiempoProduccion	Meses	Tiempo entre cada una de las producciones, para el caso de cacao se toma la producción anual.	12
31	Rendimiento_X_Ha	Toneladas/Hectárea	Rendimiento anual de determinada variedad de cacao para el caso de estudio es el CCN-51	50
32	TrabajadoresXHa	Personas/Hectárea	Cantidad de personas necesarias para el mantenimiento de una hectárea.	2
33	SalarioMensual	Pesos/mes	Valor del salario que se le debe pagar a cada trabajador.	1.100.000
34	PrecioAlmacigo	Pesos	Precio de los almacigos de cacao para una hectárea en un vivero.	1.500
35	PP_Herramientas	Pesos	Precio promedio de cada una de las herramientas necesarias.	50.000
36	H_min_XHa	Unidad	Cantidad de herramientas mínimas para una hectárea.	12
37	DuracionHerramienta	Meses	Las herramientas con el uso se van depreciando poco a poco.	60
38	HerramientaPro	Unidad	Cantidad de herramientas que se comprar de ser necesario de acuerdo a la cantidad de herramientas existentes.	4
39	CapacidadCamion	Toneladas	Capacidad del camión en toneladas por viaje	3
40	TTransporte	Meses	Tiempo necesario para transportar el producto de un lugar a otro.	0.125
41	CostoXViaje	Pesos	Valor de cada viaje realizado por el transportador.	300.000
42	TxHa_Eliminacion	Adimensional	Tasa de eliminación de las plagas y enfermedades por hectárea.	1
43	TInteresAnualCO	Adimensional	Tasa de interés anual del comercializador.	28
44	ValorCreditoCO	Pesos	Valor del crédito solicitado a una entidad bancaria.	200.000.000
45	NoCuotasCO	Unidad	Numero de cuotas a diferir el crédito	60
46	CapacidadCamion2	Toneladas	Capacidad del camión en toneladas por viaje	10
47	TTransporte2	Meses	Tiempo necesario para transportar el producto de un lugar a otro.	0.125
48	CostoPorViaje2	Pesos	Valor de cada viaje realizado por el transportador.	800.000
49	PorcentajeDinCom	Adimensional	Porcentaje del dinero del préstamo o de la inversión destinado a la compra de productos agrícolas.	0.95
50	TCompra	Meses	Tiempo que transcurre entre cada compra.	2
51	TasaExportacion	Adimensional	Porcentaje que el comercializador destina para vender a los exportadores.	0.05
52	TasaIndustria	Adimensional	Porcentaje que el comercializador destina para vender a la industria.	0.8
53	TasaConsumoDomes	Adimensional	Porcentaje que el comercializador destina para vender al consumo doméstico.	0.15
54	TiempoVenta	Meses	Tiempo que necesita el comercializador para vender la producción.	1
55	ServiciosPublicos	Pesos	Dinero que la industria destina para pagar los diferentes servicios públicos (agua, luz, teléfono, internet, etc.)	5.000.000

	56	Arriendo	Pesos	Dinero que la industria paga por concepto de arriendo de bodegas, plantas, materiales, etc.	5.000.000
	57	Publicidad	Pesos	Dinero que la industria invierte en publicidad ya sea por televisión, radio o folletos.	20.000.000
	58	SalarioPromedio	Pesos	Salario promedio mensual de los trabajadores que trabajan en la industria procesadora.	1.500.000
	59	CantidadTrabajad	Personas	Cantidad de trabajadores que laboran en la industria, ya sea directamente en el proceso de transformación como en el área administrativa.	20
	60	TInteresAnualPI	Adimensional	Tasa de interés anual de la industria procesadora.	28
	61	ValorCreditoPI	Pesos	Valor del crédito solicitado a una entidad bancaria.	200.000.000
	62	NoCuotasPI	Unidad	Numero de cuotas a diferir el crédito	60
	63	CapacidadCamion3	Kilogramos	Capacidad del camión en toneladas por viaje	200
	64	TTransporte3	Meses	Tiempo necesario para transportar el producto de un lugar a otro.	0.125
	65	CostoXViaje3	Pesos	Valor de cada viaje realizado por el transportador.	800.000
	66	PorGananciaPT	Adimensional	Porcentaje de ganancia de la venta de cada kg de producto procesado.	0.1
	67	PorcentajeInsumos	Adimensional	Porcentaje de insumos que se le agrega por cada tonelada de producto agrícola.	0.4
	68	ParteUtil	Adimensional	Porcentaje del fruto que se transforma, después de quitar la cascara, semillas, etc.	0.95
	69	TCompralndustria	Meses	Tiempo que transcurre entre cada compra.	4
	70	TonAKg	Kg	Conversión de toneladas a kilogramos	1.000
	71	TVenta	Meses	Tiempo que se necesita para vender el producto agrícola procesado.	3
	72	PrecioVentaXTon	Pesos	Precio de una tonelada de producto.	7.000.000
	73	TMezcla	Meses	Tiempo que necesario para mezclar y empaquetar el nuevo producto.	0.5
	74	TTransformacion	Meses	Tiempo necesario para la transformación del producto agrícola al producto procesado.	0.5
Nivel	1	PyE	Adimensional	Cantidad de plagas y enfermedades presentes en el cultivo.	1
	2	Maleza	Plantas	Plantas de maleza no útiles ya que compiten por el alimento (abono) y agua con las plantas de interés	4
	3	PagoDeudaP	Pesos	Dinero pagado por el préstamo que se realizó en una entidad bancaria.	0
	4	Plt_Sembradas	Plantas	Cantidad de plantas sembradas en el terreno.	0
	5	Plt_Produc	Plantas	Plantas que se encuentran en la etapa productiva.	0
	6	Plt_Viejas	Plantas	Cantidad de plantas viejas.	0
	7	ProductoEnPoscos	Toneladas	Toneladas de producto fresco.	0
	8	Producto_Venta	Toneladas	Cantidad de toneladas de fruto con el proceso de beneficio del fruto.	0
	9	Herramientas	Unidad	Cantidad de herramientas que se tiene en el eslabón de producción.	0
	10	Producto_T	Viajes	Cantidad de producción transportada.	0
	11	Producto_DF	Viajes	Producto en el destino final.	0
	12	PagoDeudaC	Pesos	Dinero pagado por el préstamo que se realizó en una entidad bancaria.	0
	13	Producto_TC	Unidad	Cantidad de producción transportada.	0
	14	Producto_DF2	Unidad	Producto en el destino final.	0
	15	InventarioCom	Toneladas	Cantidad de producción que el comercializador tiene de un determinado producto.	0
	16	PagoDeudaPI	Pesos	Dinero pagado por el préstamo que se realizó en una entidad bancaria.	0
	17	Producto_TPI	Unidad	Cantidad de producción transportada.	0
	18	Producto_DF3	Unidad	Producto en el destino final.	0
	19	InventarioIndust	Toneladas	Cantidad de producto que tiene la industria para procesar.	0

	20	ProductoTransformador	Toneladas	Cantidad de producto transformado y listo para la venta.	0
	21	UtilNetaP	Pesos	Utilidad neta del productor, en donde se tienen en cuenta los ingresos y los egresos.	ValorCreditoProd
	22	UtilNetaCO	Pesos	Utilidad neta del comercializador, en donde se tienen en cuenta los ingresos y los egresos.	ValorCreditoCO
	23	UtilNetaPI	Pesos	Utilidad neta de la industria procesadora, en donde se tienen en cuenta los ingresos y los egresos.	ValorCreditoPI
Flujo	1	Crece_PyE	Adimensional	Aparición y crecimiento de plagas y enfermedades.	(TasaC_PyE*Poda)*PyE
	2	Eliminacion_PyE	Adimensional	Si se realizan las labores de poda no se debe recurrir a la eliminación de las plagas y enfermedades, pero cuando las labores de poda son insuficientes se debe destinar tiempo para eliminar las plagas y las enfermedades antes que estén causen la disminución radicalmente de la producción.	IF(PyE>PyE_Ha,FTTE*PyE,0)
	3	Crece_Maleza	Plantas/hectárea	Cantidad de plantas de maleza que crecen en el terreno	TC_PM*Maleza*Cant_Ha
	4	CorteMaleza	Plantas/mes	Acción de eliminar la maleza.	IF(Maleza>PN_C,Corte,0)
	5	PagarDeudaProductor	Pesos/mes	Pago mensual de la cuota al banco, después que el cultivo inicia la etapa productiva.	IF(t>T_Creecer, IF(t<T_Creecer + NoCuotasProducto+1, ValorCuotaProdu,0), 0)
	6	Sembrar	Plantas/mes	Cantidad de plantas que se deben sembrar, solo si el terreno es adecuado para el cultivo.	INT(IF(Terreno>0.7, Siembra,0))
	7	Maduración	Plantas/mes	Plantas que inician la etapa productiva.	Crecimiento
	8	MuerteProductor	Plantas/mes	Plantas productoras que mueren debido a enfermedades u otros factores.	PltPerdidas
	9	Envejecimiento	Plantas/mes	Cantidad de plantas que son viejas y por lo tanto la producción disminuye considerablemente.	Envejecer-PltPerdidas
	10	MuertePltViejas	Plantas/mes	Muerte de las plantas viejas o renovación de las mismas de tal forma que vuelva a iniciar el proceso de producción.	Plt_Viejas * Tasa_Muerte_Viej
	11	ProductoFresco	Toneladas/Hectáreas	Producción del producto en toneladas.	IF(RendimientoAplic>0,RendimientoAplic*(Plt_Produc/Cant_Plt_Ha),0)
	12	ProductoParaVenta	Toneladas/Meses	Tiempo necesario para realizar el proceso de pos cosecha del fruto.	Retardo_Poscosec
	13	Venta	Toneladas/Meses	Cantidad de toneladas que se pueden vender el producto en donde ya se ha realizado el proceso de beneficio del fruto.	Producto_Venta
	14	AdquirirHerramienta	Unidad/Meses	Cantidad de herramientas compradas.	IF((Herramientas<H_min_XHa),HerramientaPro,0)
	15	DepreciacionHerr	Unidad/Mes	Las herramientas debido al uso se deprecian de acuerdo a una tasa de depreciación.	RetardoDH
	16	Transportar	Viajes/Mes	Cantidad de viajes que debe hacer el transportador para llevar el producto de un destino a otro.	ProduccionATrans / CapacidadCamion
	17	Transito_1	Viajes/Mes	Producto en el destino final.	Retardo_Transpor
	18	PTransportar	Viajes/Mes	Cantidad de viajes que debe hacer el transportador para llevar el producto de un destino a otro.	ProductoATranspo/CapacidadCamion2
	19	Transito_C	Viajes/Mes	Producto en el destino final.	RetardoTransport
	20	CompraProduccion	Toneladas/Mes	Cantidad de producción que el comercializador compra al productor mensualmente.	IF(RendimientoReal>0,PULSE(TonProductoCompr,1,TCompra,t,dt),0)
	21	VenderProduccion	Toneladas/Mes	Después que el comercializador acopia la mayor cantidad de producción, este debe vender el producto a los compradores.	Retardo_Venta
	22	PagarDeudaComerc	Pesos/mes	Pago mensual de la cuota al banco.	IF(t<NoCuotasCO+1, ValorCuotaCom,0)
	23	PagarDeudaPI	Pesos/mes	Pago mensual de la cuota al banco.	IF(t<NoCuotasPI+1, ValorCuotaPI,0)
	24	PITransportar	Viajes/Mes	Cantidad de viajes que debe hacer el transportador para llevar el producto de un destino a otro.	VenderPT/CapacidadCamion3

	25	Transito_PI	Viajes/Mes	Producto en el destino final.	RetardoTransPI
	26	ComprarProductoFr	Toneladas/Mes	Cantidad de producción que la industria procesadora compra al comercializador mensualmente	IF(InventarioIndust<40,TonComprIndus,0)
	27	Transformación	Toneladas/Mes	Cantidad de producción mezclada con los insumos y posteriormente transformada en un nuevo producto.	RetardoTransform
	28	IngresosPro	Pesos/Mes	Corresponde a los ingresos por ventas del producto agrícola.	IVentas
	29	EgresosPro	Pesos/Mes	Corresponde a los pagos que debe realizar el productor por concepto de insumos, trabajadores, cuota del crédito, transporte y costos fijos.	PagarDeudaProduc+PagoTransporte+CF_Produccion+Dinero_Insumos+PagoTrabajadores
	30	IngresosCO	Pesos/Mes	Corresponde a los ingresos por ventas del producto agrícola.	DineroVentasCO
	31	EgresosCO	Pesos/Mes	Corresponde a los pagos que debe realizar el comercializador por concepto del producto agrícola, cuota del crédito, transporte y costos fijos.	(CompraProduccion*PrecioCOxTon)+CostosFijosCO+PagoTransporte2+PagarDeudaComerc
	32	IngresosPI	Pesos/Mes	Corresponde a los ingresos por ventas del producto transformado	IngresoVentas
	33	EgresosPI	Pesos/Mes	Corresponde a los pagos que realiza la industria procesadora por la compra del producto agrícola, insumos, trabajadores, publicidad, arriendo, servicios públicos, etc.	PagarDeudaPI+DineroCompra+PagoTransporte3+Servicios+DineroInsumos+CF_PI
	34	MezclarPT	Kilogramos/Mes	Corresponde a la mezcla de los diferentes insumos para obtener el producto procesado.	(RetardoMezcla*(ParteUtil+PorcentajeInsumos))*TonAKg
	35	VenderPT	Kilogramos/Mes	Cantidad de producción transformada que ha sido vendida a los consumidores finales.	RetardoVentaPT
Auxiliar	1	Clima	Adimensional	Determina la calidad de las condiciones climáticas del terreno, clasificándolas en óptimas, intermedias o sin potencial.	FACTORES_CLIMA_NUEVA_SALIDA_1
	2	Suelo	Adimensional	Determina la calidad del suelo del terreno, clasificándolas en óptimas, intermedias o sin potencial.	FACTORES_SUELO_NUEVA_SALIDA_1
	3	CalidaTerreno	Adimensional	Determina la calidad del terreno, teniendo en cuenta las condiciones de clima y suelo. De acuerdo a estos valores clasifica el terreno en óptimo, intermedios o sin potencial.	CLIMA_SUELO_NUEVA_SALIDA_1
	4	Poda	Adimensional	Fracción de poda del cultivo mensualmente.	(Poda_Formación + Poda_Mantenimiento + Poda_Copa)/3
	5	FTTE	Adimensional	Fracción de eliminación realizada por los trabajadores para eliminar las plagas y enfermedades.	Cant_Ha*F_Elimina
	6	Corte_Tra	Plantas/Mes	Corte de maleza	FM_C*Maleza
	7	Corte	Plantas * Personas / hectárea	Cantidad de maleza cortada dependiendo de la cantidad de hectáreas y trabajadores.	Corte_Tra*TC_M
	8	T_CM	Personas	Cantidad de trabajadores necesaria para el corte de maleza mensualmente, teniendo en cuenta la cantidad de terreno. Se necesita una persona por hectárea.	Cant_Ha*TxHa_Maleza
	9	Densidad_Plt	Plantas*hectáreas	Cantidad de plantas que se pueden sembrar en determinado.	Cant_Ha*Cant_Plt_Ha
	10	InteresMensualPr	Adimensional	Tasa de interés mensual del crédito del productor, calculada a partir de la tasa de interés anual.	TInteresAnualPro/12/100
	11	NumeradorProduct	Pesos	Valor de la cuota de mensual a pagar durante un determinado periodo de tiempo.	InteresMensual*(Power(1+InteresMensual, NoCuotasProducto))
	12	DenominadorProdu	Adimensional		Power(1+InteresMensual, NoCuotasProducto)-1
	13	ValorCuotaProdu	Pesos		Round(ValorCreditoPro * NumeradorProduct /

				DenominadorProdu)+1
14	Siembra	Plantas	Plantas que se deben sembrar teniendo en cuenta las plantas que ya están sembradas.	Densidad_Plt-(Plt_Viejas+Plt_Produccion+Plt_Sembradas)
15	PltPerdidas	Plantas	Plantas productoras que mueren por diferentes causas.	Envejecer*Tasa_Muerte_Prod
16	RendimientoAplíc	Toneladas/Mes	Rendimiento aplicado, teniendo en cuenta la frecuencia del rendimiento.	PulsoProduccion*RendimientoReal
17	PulsoProduccion	Meses	Pulso que indica la frecuencia con la cual se recoge la cosecha.	PULSE(1,TiempoProduccion,TiempoProduccion,t,1)
18	RendimientoReal	Toneladas/ Hectárea	Rendimiento anual real de determinada variedad de cacao, teniendo en cuenta la maleza y las plagas y las enfermedades.	Rendimiento_X_Ha*(Terreno/100) - (Rendimiento_X_Ha*Efecto_PyE) - (Rendimiento_X_Ha*Efecto_Maleza)
19	CantTrabajoProdu	Personas	Cantidad de personas que trabajan en determinada cantidad de terreno.	ROUND(TrabajadoresXHa* Cant_Ha)
20	PagoTrabajadores	Pesos/Meses	Dinero que se les debe pagar a los trabajadores mensualmente por su trabajo.	CantTrabajoProd*SalarioMensual
21	PagoTransporte	Pesos	Dinero que se debe cancelar a los transportadores por los viajes realizados.	CostoXViaje*ProduccionATrans
22	Din_Semillas	Pesos	Cantidad de dinero necesaria para la compra de almácigos de acuerdo a la cantidad de plantas que se deben sembrar.	IF(Sembrar>0, PrecioAlmacigo*Sembrar, 0)
23	DineroAbonos	Pesos	Dinero necesario para la compra de abonos y fertilizantes, el cual se utiliza cada vez que se realiza la siembra.	IF(Sembrar>0, PrecioAbonos*Cant_Ha,0)
24	DineroInsumos	Pesos	Cantidad de dinero necesario para realizar la compra de los insumos.	Din_Semillas+DineroHerramient+DineroAbonos
25	ProduccionATrans	Toneladas	Producción a transportar.	Venta
26	IVentas	Pesos	Corresponde a los ingresos por ventas del producto agrícola.	INT(PrecioCOxTon*Venta)
27	DineroHerramienten	Pesos	Dinero necesario para la compra de las herramientas necesarias.	IF(Herramientas>0, P_Herramientas,0)
28	CF_Produccion	Pesos	Los costos fijos de la producción corresponden a los servicios y demás gastos.	1.500.000
29	InteresMensualCO	Adimensional	Tasa de interés mensual del crédito del comercializador, calculada a partir de la tasa de interés anual.	TInteresAnualCom/12/100
30	NumeradorComerci	Pesos		InteresMensualCo*(POWER(1+InteresMensualCo,NoCuotasCO))
31	DenominadorComerc	Adimensional	Valor de la cuota de mensual a pagar durante un determinado periodo de tiempo.	POWER(1+InteresMensualCo,NoCuotasCO)-1
32	ValorCuotaCom	Pesos		ROUND(ValorCreditoCom*NumeradorComerci/DenominadorComerc)+1
33	PagoTransporte2	Pesos	Dinero que se debe cancelar a los transportadores por los viajes realizados.	CostoXViaje2*ProductoATranspo
34	TonProductoCompr	Toneladas	Cantidad de toneladas a comprar a los productores.	INT((ValorCreditoCom*PorcentajeDinCom)/PrecioCO)
35	ProductoATranspor	Toneladas	Producción a transportar.	VenderProducto
36	PrecioCOxTon	Pesos/Toneladas	Precio de cada tonelada de producción al comercializador.	PrecioVentaXTon*0.9
37	DineroVentaCD	Pesos	Dinero que recibe el comercializador por ventas al consumo domestico	ConsumoDomestico*(PrecioVentaXTon*1.1)

	38	DineroVentaIndus	Pesos	Dinero que recibe el comercializador por ventas a la industria	PrecioVentaXTon*Industria
	39	DineroVentaExport	Pesos	Dinero que recibe el comercializador por ventas al exportador	Exportacion*(PrecioVentaXTon*1.2)
	40	Industria	Toneladas/Mes	Cantidad de toneladas de producción destinada a la industria procesadora	TasaIndustria*VenderProduccion
	41	ConsumoDomestico	Toneladas/Mes	Cantidad de toneladas de producción destinada al consumo doméstico.	VenderProduccion*TasaCD
	42	Exportación	Toneladas/Mes	Cantidad de toneladas de producción destinado a la exportación.	VenderProduccion*TasaExportacion
	43	DineroVentasCO	Pesos	Dinero que recibe el comercializador por todas las ventas que realiza	DineroVentaIndus+DineroVentaCD+DineroExportacio
	44	CostosFijosCO	Pesos	Costos fijos de la comercialización, los costos fijos generalmente corresponden al 80% de los ingresos y se ven reflejados en el pago al productor.	2.500.000
	45	DineroCompraProd	Pesos	Cantidad de dinero que se destina a la compra de producción.	IF(UtilNetaCO>0,UtilNetaCO*PorcentajeDinCom,0)
	46	Servicios	Pesos	Dinero destinado a pagar los servicios públicos, arriendo, trabajadores e insumos	ServiciosPublico+Arriendo+Publicidad+PagoATrabajadore+DineroInsumos
	47	PagoATrabajadore	Pesos	Cantidad de dinero que se debe pagar a los trabajadores de la industria (nomina)	SalarioPromedio*CantidadTrabajad
	48	Dinero_Insumos	Pesos	Dinero destinado a la compra de insumos para la preparación de los productos procesados	DineroCompra*(PorcentajeInsumos/2)
	49	InteresMensualPI	Adimensional	Tasa de interés mensual del crédito de la industria procesadora, calculada a partir de la tasa de interés anual.	TInteresAnualPI/12/100
	50	PagoTransporte3	Pesos	Dinero que se debe cancelar a los transportadores por los viajes realizados.	CostoXViaje3*PATransportarPI
	51	CF_PI	Pesos	Costos fijos de la industria, los costos fijos generalmente corresponden al 90% de los ingresos y se ven reflejados en el pago al productor.	IngresoVentas*0.1
	52	DineroCompra	Pesos	Dinero gastado en la compra del producto agrícola a los comercializadores.	PrecioVentaXTon*CompraProductoFr
	53	IngresoVentas	Pesos	Cantidad de dinero que ingresa por las ventas del producto procesado. Se tiene que solo se produce un solo producto y se vende una sola presentación.	VenderPT*PrecioKgVenta
	54	TonCompraIndustria	Toneladas	Cantidad de toneladas de producción agrícola que puede comprar la industria procesadora.	IF(Industria>0,PULSE(INT((ValorCreditoPI)/PrecioVentaXTon),1,TCompraIndustria,t),1,0)
	55	NumeradorPI	Pesos	Valor de la cuota de mensual a pagar durante un determinado periodo de tiempo.	InteresMensualPI*(POWER(1+InteresMensualPI,NoCuotasPI))
	56	DenominadorPI	Adimensional		POWER(1+InteresMensualPI,NoCuotasPI)-1
	57	ValorCuotaPI	Pesos		ROUND(ValorCreditoPI*NumeradorPI/DenominadorPI)+1
	58	PrecioKgVenta	Pesos	Precio de venta de un kg de chocolate de mesa.	17000*(1+PorGananciaPT)
	59	PATransportarPI	Viajes	Producción a transportar.	VenderPT/CapacidadCamion3
Retardos	1	Crecimiento	Plantas/Meses	Tiempo que demora una planta para iniciar la producción del fruto.	RETARDO(Sembrar, T_Crecer, 960, 0)
	2	Envejecer	Plantas/Meses	Tiempo que una planta de cacao se encuentra en producción.	RETARDO(Maduracion,TVP,3200,0)
	3	RetardoDH	Unidad/Mes	Tiempo que dura las herramientas en buen estado, antes de que se deban cambiar.	RETARDO(AdquirirHerramie,DuracionHerramie,1920,0)

	4	Retardo_Pos coseca	Toneladas/Meses	Tiempo en donde se debe realizar el proceso de pos cosecha.	RETARDO(Producto Fresco,T_Poscosecha,T_Poscosecha,0)
	5	Retardo_Transpor	Toneladas/Meses	Tiempo necesario para llevar el producto desde un destino al otro.	RETARDO(Transportar, TTtransporte, TTtransporte*32, 0)
	6	RetardoTransportor	Toneladas/Meses	Tiempo necesario para llevar el producto desde un destino al otro.	RETARDO(PTransportar, TTtransporte2, TTtransporte2*32,0)
	7	Retardo_Venta	Toneladas/Meses	Tiempo que transcurre para que el comercializador venda la producción.	RETARDO(CompraProduccion, TiempoVenta, TiempoVenta*32, 0)
	8	RetardoTransportPI	Toneladas/Meses	Tiempo necesario para llevar el producto desde un destino al otro.	RETARDO(PITransportar, TTtransporte3, TTtransporte3*32, 0)
	9	RetardoTransform	Toneladas/Meses	Tiempo necesario para que el producto agrícola se transforme en un producto procesado.	RETARDO(CompraProductoFr, TTtransformacion, TTtransformacion,0)
	10	RetardoVentaPT	Kilogramos/Mes	Tiempo que transcurre para que la industria procesadora venda la producción.	RETARDO(MezclaPT, TVenta, TVenta*32, 0)
	11	RetardoMezcla	Kilogramos/Mes	Tiempo necesario para realizar la mezcla de los insumos para obtener el producto procesado.	RETARDO(Transformacion, TMezcla, TMezcla,0)
Tablas	1	Efecto_PyE	Adimensional	Tabla que calcula el efecto de las plagas y las enfermedades en el rendimiento de la planta.	INTLINEAL(0,0,0.1,0.01,0.02,0.03,0.05,0.07,0.3,0.4,0.6,0.7,0.8,1)
	2	Efecto_Maleza	Adimensional	Tabla que calcula el efecto de la maleza en el rendimiento de la planta.	INTLINEAL(2,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0.0002,0.0008,0.001)
FIS	1	Factores_Clima	Adimensional	Determina la calidad del clima.	Ver Tabla 5
	2	Factores_Suelo	Adimensional	Determina la calidad del suelo.	
	3	Clima_Suelo	Adimensional	Determina la calidad del terreno.	

Tabla 43. Ecuaciones de los FIS del eslabón de producción.

Tipo de variable	Nombre de la variable	Unidades	Ecuación – Valor inicial		
FIS	FACTORES_CLIMA	Adimensional	<b>Entradas</b>		
			• Temperatura:		
			Universo de discurso: [0,40]		
			Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía
			Óptimo	[21,23,25,27]	Trapezoidal
			Intermedio 1	[16,18,20,22]	Trapezoidal
			Intermedio 2	[26,28,30,32]	Trapezoidal
			Sin potencial 1	[12,16]	Tipo Z
			Sin potencial 2	[33,35]	Tipo S
			• Altura		
			Universo de discurso: [0,1500]		
			Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía
			Óptimo	[300,500,1100,1300]	Trapezoidal
			Intermedio	[250,300,400,450]	Trapezoidal
			Sin potencial	[1000,1500]	Tipo S
			• Vel_Viento		
			Universo de discurso: [0,20]		
			Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía
			Óptimo	[-1,0,10,11]	Trapezoidal

			Intermedio	[10,12,14]	Triangular
			Sin potencial	[14,20]	Tipo S
• Agua					
Universo de discurso: [0,2600]					
Nombre conjunto			Parámetros	Función de membresía	
Optimo			[1200,1300,2500,2600]	Trapezoidal	
Intermedio			[900,1000,1100,1300]	Trapezoidal	
Sin potencial			[-100,0,800,1000]	Trapezoidal	
<b>Salidas</b>					
• NUEVA_SALIDA_1					
Universo de discurso: [0,100]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[75,85,100,105]	Trapezoidal			
Intermedio	[45,55,75,85]	Trapezoidal			
Sin potencial	[-15,-5,40,50]	Trapezoidal			
<b>Entradas</b>					
• Textura					
Universo de discurso: [0,100]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[70,80,100,120]	Trapezoidal			
Intermedio	[40,50,70,80]	Trapezoidal			
Sin potencial	[0,60]	Tipo Z			
• Profundidad					
Universo de discurso: [0,10]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[3,3.5,10,10.5]	Trapezoidal			
Intermedio	[1.1,1.8,2.8,3.5]	Trapezoidal			
Sin potencial	[0,1.8]	Tipo Z			
• pH					
Universo de discurso: [0,10]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[3.5,4.5,7,8]	Trapezoidal			
Intermedio 1	[1,1.5,4,4.3]	Trapezoidal			
Intermedio 2	[7.3,7.5,8,8.2]	Trapezoidal			
Sin potencial	[0,1.5]	Tipo Z			
• Drenaje					
Universo de discurso: [0,100]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[75,80,100,110]	Trapezoidal			
Intermedio	[40,50,70,80]	Trapezoidal			
Sin potencial	[0,60]	Tipo Z			
• Pendiente					
Universo de discurso: [0,40]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[-2,0,9,11]	Trapezoidal			
Intermedio	[9,10,12,13]	Trapezoidal			
Sin potencial	[5,40]	Tipo S			
<b>Salidas</b>					
• NUEVA_SALIDA_1					
Universo de discurso: [0,100]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[70,80,100,110]	Trapezoidal			
Intermedio	[25,50,75]	Triangular			
Sin potencial	[-25,0,25,50]	Trapezoidal			
<b>Entradas</b>					
• CLIMA					
Universo de discurso: [0,100]					
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía			
Optimo	[50,75,100,125]	Trapezoidal			
Intermedio	[25,50,75]	Triangular			
Sin potencial	[-25,0,25,50]	Trapezoidal			
• SUELO					
Universo de discurso: [0,100]					
	FACTORES_ SUELO	Adimensional			
	CLIMA_ SUELO	Adimensional			

Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía
Optimo	[50,75,100,125]	Trapezoidal
Intermedio	[25,50,75]	Triangular
Sin potencial	[-25,0,25,50]	Trapezoidal
<b>Salidas</b>		
• NUEVA_SALIDA_1		
Universo de discurso: [0,100]		
Nombre conjunto	Parámetros	Función de membresía
Optimo	[70,80,100,110]	Trapezoidal
Intermedio	[25,50,75]	Triangular
Sin potencial	[-25,0,25,50]	Trapezoidal

## ANEXO F. ACTIVIDADES PROPUESTAS COMO APOYO A LA FORMACIÓN DE CADENAS PRODUCTIVAS

### 1. Juego de la cerveza

El objetivo del juego es entender la dinámica secundaria de distribución de una cadena de suministro utilizada para distribuir un solo producto, en este caso, cajas de cerveza. La idea es satisfacer la demanda de cajas de cerveza por el lado de la distribución de una cadena de suministro de varias etapas con un gasto mínimo en los pedidos pendientes y el inventario.

INFORMACIÓN GENERAL
Nombre de la actividad: Juego de la cerveza Duración de la actividad: 2 Horas Lugar: Sala de informática
<b>Propósito de aprendizaje</b> Construcción conocimiento "cadena" como un sistema realimentado con retardos.
<b>Áreas de conocimiento involucradas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dinámica de sistemas.</li><li>• Cadenas productivas</li></ul>
PRERREQUISITOS E INDICADORES DE LOGRO
<b>Prerrequisitos:</b> El desarrollo de la presente actividad necesita de una serie de prerrequisitos fundamentales que cada uno de los docentes debe tener. Estos deben ser pre-saberes cognitivos tales como: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Capacidad para interpretar gráficos cartesianos XY.</li><li>✓ Conocimiento de los componentes hardware que permiten el uso del computador (tales como teclados, mouse, entre otros).</li><li>✓ Noción de sistema</li><li>✓ Noción de cadena</li><li>✓ Noción de realimentación</li><li>✓ Noción de cadena realimentada</li></ul>
La presencia de los pre-saberes mencionados anteriormente, es un prerrequisito para el cumplimiento del propósito de la actividad.

### MOMENTOS Y ACTIVIDADES

Momento	Actividad	Descripción actividad	Duración estimada
Momento uno	Actividad 1	Presentación e introducción juego de la cerveza. Exposición nociones fundamentales e información básica para jugar	15 minutos
Momento dos	Actividad 1	Juego de prueba y Juego espontáneo. Reflexión por parte de cada jugador entorno a las siguientes preguntas: ¿Cómo jugo?, ¿Cómo le fue?, ¿Por qué tuvo esos resultados?	20 minutos
	Actividad 2	Juego estrategia individual. Reflexión por parte de cada jugador entorno a las siguientes preguntas: ¿Cómo jugo?, ¿Cómo le fue?, ¿Por qué tuvo esos resultados?	20 minutos
	Actividad 3	Juego estrategia colectiva. Reflexión por parte de cada jugador entorno a las siguientes preguntas: ¿Cómo jugo?, ¿Cómo le fue?, ¿Por qué tuvo esos resultados?	30 minutos
Momento tres	Actividad 1	Reflexión acerca del juego, como se presentó la demanda, qué pasó, a qué se debieron los problemas fundamentales. Retomar la noción de sistema y cadena realimentada.	15 minutos
	Actividad 2	Reflexión final – conclusiones actividad.	20 minutos

### MATERIALES Y MEDIOS

- Configuración red local: Para el desarrollo de la presente actividad se requieren grupos de cuatro personas. Cada grupo tendrá una partida independiente. Por lo tanto, cada grupo internamente necesita estar interconectado a través de computadores utilizando una red local. En consecuencia, es necesario que los encargados de la actividad garanticen este recurso hardware para el normal desarrollo de la actividad.
- Juego de la cerveza: El juego de la distribución de la cerveza es un juego de simulación usado en ambientes de enseñanza para demostrar y construir el concepto de cadena productiva desde la dinámica de sistemas a través de realimentación y la presencia de retardos.

## 2. Agro – Estructura

El objetivo de esta actividad es la presentación se la Agro – Estructura propuesta para las cadenas productivas, identificando los principales eslabones y los principales actores que intervienen en el proceso y como es la relación entre ellos.

### INFORMACIÓN GENERAL

Nombre de la actividad: Agro – Estructura  
 Duración de la actividad: 2 Horas  
 Lugar: Salón de clase

**Propósito de aprendizaje**

Construcción del conocimiento de cadenas productivas, los eslabones que participan y las relaciones que se presentan entre estos.

**Áreas de conocimiento involucradas**

- Dinámica de sistemas.
- Cadenas productivas

**PRERREQUISITOS E INDICADORES DE LOGRO**

**Prerrequisitos:** El desarrollo de la presente actividad necesita de una serie de prerrequisitos fundamentales que cada uno de los docentes debe tener. Estos deben ser pre-saberes cognitivos tales como:

- ✓ Capacidad para interpretar gráficos cartesianos XY.
- ✓ Conocimiento de los componentes hardware que permiten el uso del computador (tales como teclados, mouse, entre otros).
- ✓ Noción de sistema
- ✓ Noción de cadena
- ✓ Noción de realimentación
- ✓ Noción de cadena realimentada

La presencia de los pre-saberes mencionados anteriormente, es un prerrequisito para el cumplimiento del propósito de la actividad.

**MOMENTOS Y ACTIVIDADES**

Momento	Actividad	Descripción actividad	Duración estimada
Momento uno	Actividad 1	Presentación del concepto de cadena productiva, clasificación, problemas que se presentan, limitaciones, etc.	30 minutos
Momento dos	Actividad 1	Construcción de la Agro – Estructura, teniendo en cuenta los eslabones y los actores que intervienen en cada uno, así como sus relaciones.	30 minutos
	Actividad 2	Presentación y explicación de la Agro – Estructura propuesta.	30 minutos
Momento tres	Actividad 1	Reflexión acerca de la Agro – Estructura propuesta.	30 minutos

**MATERIALES Y MEDIOS**

- Presentación sobre las cadenas productivas. Indicando la definición de cadenas productivas, clasificación, historia, problemas, limitantes, etc.
- Agro – Estructura, en donde se indiquen los eslabones, los actores principales y las relaciones entre ellos.

### 3. Modelo de la cadena productiva del cacao

Presentación del modelo de la cadena productiva del cacao, la cual fue construida con la ayuda de la Agro – Estructura y las directrices propuestas en esta investigación. Esta actividad tiene como objetivo validar los resultados presentados con personas conocedoras del tema agrícola.

<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
Nombre de la actividad: Modelo de la cadena productiva del cacao Duración de la actividad: 2 Horas Lugar: Sala de informática	
<b>Propósito de aprendizaje</b> Construcción de la cadena productiva del cacao, teniendo en cuenta los retardos y actores que intervienen.	
<b>Áreas de conocimiento involucradas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dinámica de sistemas.</li><li>• Cadenas productivas</li></ul>	
<b>PRERREQUISITOS E INDICADORES DE LOGRO</b>	
<b>Prerrequisitos:</b> El desarrollo de la presente actividad necesita de una serie de prerrequisitos fundamentales que cada uno de los docentes debe tener. Estos deben ser pre-saberes cognitivos tales como: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Capacidad para interpretar gráficos cartesianos XY.</li><li>✓ Conocimiento de los componentes hardware que permiten el uso del computador (tales como teclados, mouse, entre otros).</li><li>✓ Noción de sistema</li><li>✓ Noción de cadena</li><li>✓ Noción de realimentación</li><li>✓ Noción de cadena realimentada</li></ul>	
La presencia de los pre-saberes mencionados anteriormente, es un prerrequisito para el cumplimiento del propósito de la actividad.	

### MOMENTOS Y ACTIVIDADES

Momento	Actividad	Descripción actividad	Duración estimada
Momento uno	Actividad 1	Presentación de la cadena productiva del cacao y su importancia para la región.	20 minutos
Momento dos	Actividad 1	Presentación de la Agro – Estructura y su adaptación para utilizarla como representación de la cadena productiva del cacao.	10 minutos
	Actividad 2	Simulación de cada uno de los eslabones, modificando parámetros y creando escenarios que se pueden presentar.	60 minutos
Momento tres	Actividad 1	Reflexión acerca de los resultados obtenidos y se plantean posibles políticas de intervención y discusión de los resultados. Reflexión sobre posibles políticas de intervención y los posibles comportamientos.	30 minutos

### MATERIALES Y MEDIOS

- Software Evolución 4.5
- Modelo de la cadena productiva del cacao.

## ANEXO G. ACTIVIDADES PROPUESTAS COMO APOYO A LA CREACIÓN DE CADENAS ESPECÍFICAS Y TOMA DE DECISIONES

### 1. Introducción a la dinámica de sistemas y reconocimiento de evolución

La Dinámica de Sistemas es una herramienta de construcción de modelos de simulación radicalmente diferente al de otras técnicas aplicadas el estudio de sistemas.

INFORMACIÓN GENERAL
Nombre de la actividad: Introducción a la Dinámica de sistemas y modelos con Evolución 4.5 Duración de la actividad: 2 Horas Lugar: Sala de informática
<b>Propósito de aprendizaje</b> Entender la metodología de Dinámica de Sistemas y su aplicación con modelos de simulación creados en Evolución 4.5.
<b>Áreas de conocimiento involucradas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dinámica de sistemas.</li></ul>
PRERREQUISITOS E INDICADORES DE LOGRO
<b>Prerrequisitos:</b> El desarrollo de la presente actividad necesita de una serie de prerrequisitos fundamentales que cada uno de los docentes debe tener. Estos deben ser pre-saberes cognitivos tales como: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Capacidad para interpretar gráficos cartesianos XY.</li><li>✓ Conocimiento de los componentes hardware que permiten el uso del computador (tales como teclados, mouse, entre otros).</li><li>✓ Noción de sistema</li><li>✓ Noción de realimentación</li><li>✓ Noción de cadena realimentada</li></ul>
La presencia de los pre-saberes mencionados anteriormente, es un prerrequisito para el cumplimiento del propósito de la actividad.

### MOMENTOS Y ACTIVIDADES

Momento	Actividad	Descripción actividad	Duración estimada
Momento uno	Actividad 1	Presentación de la Dinámica de Sistemas como metodología. Presentación de la noción de ciclos de realimentación	30 minutos
Momento dos	Actividad 1	Instalación y presentación de Evolución 4.5. Haciendo énfasis en sus componentes y elementos.	30 minutos
	Actividad 2	Modelos ejemplos en Evolución en donde se represente los ciclos de realimentación.	30 minutos
	Actividad 3	Presentación de resultados usando: Gráficas Evaluación de parámetros Análisis de sensibilidad	30 minutos

### MATERIALES Y MEDIOS

- Instalador de Evolución 4.5.

## 2. Manejo de la Agro – Estructura y directrices en Evolución

### INFORMACIÓN GENERAL

Nombre de la actividad: Manejo de la Agro – Estructura y las directrices en Evolución

Duración de la actividad: 2 Horas

Lugar: Sala de informática

#### Propósito de aprendizaje

Utilizar la Agro – Estructura y directrices para crear cadenas productivas agrícolas específicas.

#### Áreas de conocimiento involucradas

- Dinámica de sistemas.
- Cadenas productivas

### PRERREQUISITOS E INDICADORES DE LOGRO

**Prerrequisitos:** El desarrollo de la presente actividad necesita de una serie de prerrequisitos fundamentales que cada uno de los docentes debe tener. Estos deben ser pre-saberes cognitivos tales como:

- ✓ Capacidad para interpretar gráficos cartesianos XY.
- ✓ Conocimiento de los componentes hardware que permiten el uso del computador (tales como teclados, mouse, entre otros).
- ✓ Noción de sistema
- ✓ Noción de cadena
- ✓ Noción de realimentación
- ✓ Noción de cadena realimentada

La presencia de los pre-saberes mencionados anteriormente, es un prerrequisito para el cumplimiento del propósito de la actividad.

### MOMENTOS Y ACTIVIDADES

Momento	Actividad	Descripción actividad	Duración estimada
Momento uno	Actividad 1	Presentación de la Agro – Estructura y las directrices propuestas en esta investigación.	20 minutos
Momento dos	Actividad 1	Estudio de una cadena productiva agrícola específica	20 minutos
	Actividad 2	Uso de la Agro – Estructura en Evolución y de las directrices para la construcción del modelo de la cadena productiva agrícola específica.	40 minutos
	Actividad 3	Presentación de resultados usando: Gráficas Evaluación de parámetros Análisis de sensibilidad	20 minutos
Momento tres	Actividad 1	Reflexión y evaluación de la Agro – Estructura, directrices y comportamientos obtenidos.	20 minutos

### MATERIALES Y MEDIOS

- Instalador de Evolución 4.5.
- Agro – Estructura y directrices propuestas en esta investigación.