

**MODELO DE SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS PARA EL
APRENDIZAJE DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO**

**PRESENTADO POR:
NATALIA MARTÍNEZ ROJAS**

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

2012

**MODELO DE SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS PARA EL
APRENDIZAJE DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO**

NATALIA MARTÍNEZ ROJAS

**Trabajo De Investigación Presentado Como Requisito Para Optar El Título
de INGENIERA DE SISTEMAS**

DIRECTOR

**HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA
MAGÍSTER EN INFORMÁTICA
PROFESOR TITULAR UIS**

CODIRECTOR

**URBANO ELIECER GÓMEZ PRADA
MAGÍSTER EN INFORMÁTICA**

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

2012

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Hernando Martínez y Maritza Rojas arquitectos de mis éxitos.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A George Sarmiento por su constante motivación.

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

Al profesor Urbano Eliecer Gómez Prada, por su paciencia y dirección.

Al Grupo Simon y a mis amigos por su compañía.

A la vida por conspirar para que este proyecto se hiciera realidad.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como la oportunidad de penetrar en el maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	18
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 OBJTEIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo General.....	21
1.2.2 Objetivos Específicos.....	21
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	22
2. ANTECEDENTES.....	25
2.1 PROYECTOS DE GRADO	25
2.1.1 Propuesta De Un Modelo De Simulación Para El Cultivo De La Caña Panelera Bajo El Enfoque Sistémico (GONZÁLEZ Y RODRÍGUEZ, 1997)	25
2.1.2 Propuesta De Modelo Económico De La Producción De Panela Bajo El Enfoque Sistémico (ACEVEDO Y PARRA, 1997).....	26
2.1.3 Lineamientos Metodológicos Para La Construcción De Modelos Agro-Industriales Identificables En Términos De Dinámicas Poblacionales Basados En El Pensamiento Sistémico Y La Dinámica De Sistemas (GÓMEZ, 2010) ...	26
2.2 ESTADO DEL ARTE.....	26
2.2.1 Cadena Productiva De Cacao: Análisis Del Eslabón Primario (TAFUR Y LIÉVANO, 2006).....	26
2.2.2 Línea Base Para La Caracterización De La Cadena Productiva De Cacao Y Diagnóstico De La Cooperación Entre Actores (ALVARADO, 2006) .	27
2.2.3 La Cadena De Cacao En Colombia (AGROCADENAS, 2005).....	27
2.2.4 Modelo de simulación bajo dinámica de sistemas para el cultivo de frutas tropicales en Colombia (HERRERA, 2011).....	27
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	28
3.1 TEORIA GENERAL DE SISTEMAS (TGS).....	28
3.2 PENSAMIENTO SISTÉMICO	28
3.3 DINAMICA DE SISTEMAS	29
3.3.1 Modelamiento Con Dinámica De Sistemas.....	30

3.3.2	Lenguajes De La Dinámica De Sistemas.....	31
3.4	PLAN DE PRUEBAS PARA LA VALIDACION Y EVALUACION DEL MODELO FINAL	32
3.4.1	Prueba a la estructura del modelo.	32
	La metodología utilizada en este tipo de modelos está orientada fundamentalmente al entendimiento de la estructura interna del modelo y en la posibilidad de intervención sobre el sistema real mediante decisiones políticas y el control de parámetros que permitan generar un comportamiento de referencia o un comportamiento esperado bajo determinadas condiciones. Dentro de las pruebas más comunes de evaluación de la estructura del modelo se encuentran:	32
3.4.2	Pruebas al comportamiento del modelo:.....	33
	Para este tipo de pruebas se debe comparar el comportamiento del modelo con el comportamiento del sistema que está siendo modelado.	33
3.5	CADENAS PRODUCTIVAS.....	33
3.6	EL CACAO.....	35
3.6.1	Morfología Del Cacao	36
3.6.2	Marco Fisiográfico Del Cultivo De Cacao	41
3.7	CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO.....	42
3.7.1	Eslabón Primario	42
3.7.2	Eslabón De Comercialización	44
3.7.3	Eslabón De Proceso Industrial.....	45
3.8	DESARROLLO SOFTWARE	46
3.8.1	Modelo en Evolutivo	46
4.	MODELO DE SIMULACIÓN CON DINAMICA DE SISTEMAS PARA EL APRENDIZAJE DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO.....	47
4.1	MODELO	47
4.1.1	Primer Prototipo – Eslabón Primario.....	49
4.1.2	Segundo Prototipo – Eslabón de Comercialización	79
4.1.3	Tercer Prototipo – Proceso Industrial	88
4.1.4	Cuarto Prototipo – Cadena Productiva	97

4.2	IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA A LAS EXIGENCIAS CLIMÁTICAS DEL ESLABÓN DE PRODUCCIÓN	105
4.2.1	Lógica Difusa	105
4.2.2	Implementación De La Lógica Difusa	108
4.2.3	Análisis De Resultados	110
4.3	PLAN DE PRUEBAS PARA LA EVALUACIÓN FINAL DEL MODELO	113
4.3.1	Pruebas a la estructura y comportamiento del modelo	113
5.	AMBIENTE SOFTWARE CACAOSOFT 1.0	125
5.1	DIAGRAMAS UML.....	125
5.1.1	Diagrama de Componentes	125
5.1.2	Diagrama De Actividades	126
5.1.3	Diagrama de Secuencia.....	127
5.2	INTERFAZ SOFTWARE	127
5.3	ESCENARIOS EN EL AMBIENTE DE SIMULACIÓN CREADO POR GÓMEZ.....	130
5.4	SOCIALIZACIÓN	132
	DIVULGACIÓN	133
	CONCLUSIONES	134
	RECOMENDACIONES.....	136
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	137
	ANEXOS.....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de una cadena productiva.	34
Figura 2. Fruto de cacao	35
Figura 3. Almendras de cacao	36
Figura 4. Polvo de Cacao	36
Figura 5. Árbol de Cacao	37
Figura 6. Raíz	38
Figura 7. Tallo.....	38
Figura 8. Hojas.....	39
Figura 9. Flor de cacao	39
Figura 10. Amelonado.....	40
Figura 11. Calabacillo	40
Figura 12. Angoleta.....	40
Figura 13. Cundeamor	40
Figura 14. Semillas de cacao.....	40
Figura 15. Magdalena medio	41
Figura 16. Cadena productiva del cacao	42
Figura 17. Distribución de la producción de cacao en grano.	43
Figura 18. Proceso de transformación del cacao.....	46
Figura 19. . Organización de la cadena del cacao	47
Figura 20. Tamaño de las fincas cacaoteras en Colombia	49
Figura 21. Tratamiento del fruto.....	55
Figura 22. Recolección del fruto.	56
Figura 23. Desgranada de las mazorcas de cacao.....	57
Figura 24. Fermentación del cacao.....	57
Figura 25. Secado de la almendras de cacao.....	58
Figura 26. Selección de los granos de cacao	59
Figura 27. Diagrama de influencias del eslabón de producción.....	61
Figura 28. Diagrama de influencias de la adecuación del terreno	62
Figura 29. Diagrama de influencias del terreno disponible para el cultivo	62

Figura 30. Diagrama de influencias del pago a los trabajadores	63
Figura 31. Diagrama de influencias de la siembra	64
Figura 32. Diagrama de influencias de la producción	65
Figura 33. Diagrama de influencias de la renovación de las plantas	66
Figura 34. Diagrama de influencias de los costos de renovación del cultivo	66
Figura 35. Diagrama de Flujo-Nivel del eslabón de producción.....	67
Figura 36. Diagrama de Flujo Nivel de los aspectos financieros.....	68
Figura 37. Diagrama de Flujo Nivel de la adecuación del terreno	68
Figura 38. Diagrama de Flujo Nivel de la siembra	69
Figura 39. Diagrama de Flujo Nivel del grado de producción	70
Figura 40. Diagrama de Flujo-Nivel de los factores climáticos	70
Figura 41. Diagrama de Flujo-Nivel de las exigencias del suelo.....	70
Figura 42. Diagrama de Flujo Nivel de la recolección.....	71
Figura 43. Diagrama de Flujo Nivel del beneficio del fruto.....	72
Figura 44. Diagrama de Flujo Nivel de la venta de las almendras de cacao	72
Figura 45. Diagrama de Flujo Nivel del pago a los trabajadores	73
Figura 46. Diagrama de Flujo Nivel de la renovación	73
Figura 47. Diagrama de Flujo Nivel de los ingresos por la sombra.....	74
Figura 48. Diagrama de Flujo-Nivel de la utilidad	74
Figura 49. Utilidad obtenida variando la cantidad de terreno a comprar y la tasa de renovación	76
Figura 50. Utilidad con renovación y sin renovación.....	77
Figura 51. Utilidad Obtenida para dos variedades de cacao	78
Figura 52. Diagrama de Influencias del Eslabón de Comercialización	80
Figura 53. Diagrama de Influencias de la compra de almendras	81
Figura 54. Diagrama de influencias del pago de transporte.....	81
Figura 55. Diagrama de Influencias de la venta de almendras	82
Figura 56. Diagrama de influencias de las utilidades.....	82
Figura 57. Diagrama Flujo-Nivel Eslabón de Comercialización	83
Figura 58. Diagrama de Flujo-Nivel de los aspectos financieros de la comercialización	84
Figura 59. Diagrama de Flujo-Nivel de la compra de almendras	84

Figura 60. Diagrama de Flujo- Nivel del transporte.....	85
Figura 61. Diagrama de Flujo-Nivel de la venta de las almendras.....	85
Figura 62. Diagrama de Flujo-Nivel de la utilidad	86
Figura 63. Compra de Almendras.....	86
Figura 64. Utilidad del eslabón de comercialización para dos variedades de cacao	87
Figura 65. Proceso industrial del cacao	89
Figura 66. Diagrama de Influencias del proceso industrial	90
Figura 67. Diagrama de influencias de las compras	91
Figura 68. Diagrama de influencias de la preparación de chocolate.....	91
Figura 69. Diagrama de influencias de las utilidades.....	92
Figura 70. Diagrama de flujo-nivel del proceso industrial	92
Figura 71. Diagrama de Flujo-Nivel de los aspectos financieros del proceso industrial	93
Figura 72. Diagrama de Flujo-Nivel de la compra de almendras	94
Figura 73. Diagrama de Flujo-Nivel de los insumos.....	94
Figura 74. Diagrama de Flujo-Nivel de la transformación	94
Figura 75. Diagrama de Flujo-Nivel de la venta de chocolate.....	95
Figura 76. Diagrama de Flujo-Nivel de la utilidad	95
Figura 77. Chocolate.....	96
Figura 78. Utilidad del proceso industrial para dos variedades de chocolates..	96
Figura 79. Diagrama de Influencias de la cadena productiva del cacao	100
Figura 80. Diagrama de Flujo-Nivel de la cadena productiva del cacao	101
Figura 81. Dinero de producción vs. Dinero de comercialización	103
Figura 82. Dinero de comercialización vs. Dinero del proceso industrial	103
Figura 83. Dinero de los eslabones de la cadena productiva del cacao	104
Figura 84. Partes de los conjuntos difusos	105
Figura 85. Conjunto de los hombres altos desde de la lógica clásica.....	106
Figura 86. Conjunto difuso de los hombres altos	106
Figura 87. Funciones de pertenencia.....	107
Figura 88. Variable lingüística de la Temperatura.....	108
Figura 89. Variable lingüística de Agua	109

Figura 90. Variable lingüística de Altura	109
Figura 91. Variable lingüística de la Velocidad del Viento	109
Figura 92. Variable lingüística de salida	110
Figura 93. Diagrama de flujo nivel para el sector de los factores climáticos ...	110
Figura 94. Comportamiento del Fis vs. Los multiplicadores.....	111
Figura 95. Comportamiento del Fis vs. Los multiplicadores.....	112
Figura 96. . Esquema de la cadena productiva del cacao	121
Figura 97. Mapa de sectores de la cadena productiva de cacao	122
Figura 98. Componentes de la herramienta.....	125
Figura 99. Interacción del usuario con los componentes	126
Figura 100. Diagrama de Actividades	126
Figura 101. Diagrama de Secuencia.....	127
Figura 102. Pantalla principal de la interfaz de la cadena productiva del cacao	128
Figura 103. Ventana del eslabón de producción.....	129
Figura 104. Ventana del eslabón de comercialización	129
Figura 105. Ventana del eslabón de proceso industrial	130
Figura 106. Pantalla principal Agrodisi 1.0.....	131
Figura 107. Informe de escenarios	131

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variedades de frutos	40
Tabla 2. Especies utilizadas como sombrío transitorios	50
Tabla 3. Especies utilizadas como sombrío permanentes	51
Tabla 4. Parámetros Técnicos del Cultivo de Cacao	53
Tabla 5. Densidad Poblacional Por Hectárea	54
Tabla 6. Características de los granos de cacao de acuerdo con su grado de fermentación y beneficio	60
Tabla 7. Diagrama de Flujo-Nivel de los parámetros técnicos	70
Tabla 8. Destino del cacao en grano	79
Tabla 9. Parámetros de las variables de entrada del sistema difuso de los parámetros climáticos	108
Tabla 10. Parámetros de la variable de salida del sistema difuso de los parámetros climáticos	109
Tabla 11. Valores de entrada para el Escenario No. 1	111
Tabla 12. Valores de entrada para el Escenario No. 2	112

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Ecuaciones Modelo De Producción de Cacao	142
ANEXO B. Ecuaciones Modelo De Comercialización de Cacao.....	149
ANEXO C. Ecuaciones Modelo Del Proceso Industrial del Cacao.....	151
ANEXO D. Ecuaciones Modelo De La Cadena Productiva Del Cacao	154
ANEXO E. Formato De Pruebas De Software	163

RESUMEN

TITULO: MODELO DE SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS PARA EL APRENDIZAJE DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO*

AUTOR: NATALIA MARTÍNEZ ROJAS**

Palabras claves: cadena productiva del cacao, dinámica de las cadenas productivas, cacao, chocolate.

El presente trabajo de investigación da continuidad a los proyectos desarrollados por el grupo SIMON de investigaciones en modelos y simulación, y pretende mostrar una aproximación del fenómeno de la cadena productiva del cacao, con el enfoque del pensamiento sistémico y el modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas, de tal forma que facilite el aprendizaje sobre la cadena productiva del cacao, en primer lugar que sirva de apoyo a los agricultores en la comprensión de los sistemas, y en segundo lugar que brinde conocimientos en tópicos interés a la comunidad, permitiendo el mejoramiento en cada una de las etapas que se llevan a cabo.

Los modelos de simulación con dinámica de sistemas apoyan la comprensión de fenómenos, de esta manera los usuarios tienden a emplearlos como herramientas que apoyan la toma de decisiones, con el interés de reflexionar las reacciones a sus acciones.

Para la realización del proyecto se construyeron modelos de cobertura y complejidad creciente de cada uno de los eslabones de la cadena productiva del cacao (producción, comercialización y proceso industrial) utilizando el software Evolucion, con dichos modelos se estiman comportamientos para cada una de las variables contempladas.

Finalmente, se desarrollo un ambiente software de tal forma que se facilitara la interacción del usuario con el modelo, permitiendo analizar posibles escenarios mirando no solo la relación costo-beneficio sino también el impacto del valor agregado y la producción de productos a base de cacao.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Director Hugo Hernando Andrade Sosa. Magister en Informática.

ABSTRACT

TITLE: MODEL SYSTEM DYNAMICS SIMULATION WITH LEARNING THE COCOA CHAIN*

AUTHOR: NATALIA MARTÍNEZ ROJAS**

Keywords: cocoa production chain, dynamic supply chains, cocoa, chocolate.

The present research work gives continuity to the projects developed by the research group SIMON models and simulation, and aims to show an approximation of the phenomenon of cocoa production chain, with the approach of systems thinking and the modeling and simulation with System Dynamics, in such a way that facilitates learning about cocoa the productive chain, in the first that serve as support the farmers in the understanding of the systems, and secondly that provides knowledge in the community interest topics, allowing for improvement in each one of the stages which are carried out.

These simulation models of dynamic system support the understanding of phenomena, so users tend to use them as tools that support decision making reflecting the interest of the reactions to his actions.

For the realization of project and built models of growing complexity of coverage of each of the links in the cocoa production chain (production, commercialization, and industrial process) using the Evolucion software with these models are estimated results for each of the variables contemplated.

Finally, software development an environment so as to facilitate the user interaction with the model allowing to analyze possible scenarios looking not only cost effective but also the impact value added and production of cocoa based products.

*Degree Work

** Faculty of Physical Engineering – Mechanical. School of Systems Engineering. Director Hugo Hernando Andrade Sosa. Master in Computer Science.

INTRODUCCIÓN

El mundo actual es cada vez más complejo y cada vez resulta 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.

El presente trabajo muestra un modelo para la cadena productiva del cacao, con el enfoque del pensamiento sistémico y el modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas, tal que, facilite el aprendizaje de las cadenas productivas. Lo anterior se desarrolló con la construcción de modelos de cobertura y complejidad creciente de la cadena productiva del cacao, con los cuales se estiman resultados para cada una de las variables contempladas.

El enfoque de estudiar objetos como si fueran sistemas y la metodología de trabajo propuesta por la Dinámica de Sistemas le han permitido al Grupo SIMON de Investigaciones en Modelos y Simulación, desarrollar investigaciones con un alto nivel interdisciplinario en diversas áreas como Ingeniería Química, Salud, Economía, Educación, Agroindustria e Ingeniería del Software.

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

El presente libro se dividió en cinco capítulos los cuales se relacionan a continuación con una breve descripción de su contenido.

En el primer capítulo de este informe presenta una descripción general del proyecto desarrollado.

El segundo capítulo hace referencia a los antecedentes del proyecto, mediante una corta descripción de las investigaciones realizadas.

El tercer capítulo es el marco teórico, el cual comprende una breve introducción a la filosofía del enfoque de los sistemas y los fundamentos para el estudio de los fenómenos, sus características y sus técnicas de modelado, una descripción general de las cadenas productivas y en particular la descripción de la cadena productiva del cacao.

El cuarto capítulo hace referencia al modelamiento formal con Dinámica de Sistemas, que considera las diferentes fases del modelado (lenguaje en prosa, diagrama de Flujo-Nivel, Ecuaciones y Comportamientos), haciendo una descripción detallada de los diferentes prototipos del modelo de la cadena productiva del cacao.

En el capítulo cinco se encuentra lo relacionado con la interfaz software, la socialización de la misma, los escenarios realizados en el trabajo de maestría desarrollado por GÓMEZ (2010).

Finalmente, se encuentran los capítulos de divulgación, conclusiones, recomendaciones y anexos como resultados de este trabajo de grado.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los modelos de simulación con dinámica de sistemas apoyan la comprensión de fenómenos, de esta manera los usuarios tienden a emplearlos como herramientas que apoyan la toma de decisiones, con el interés de reflexionar las reacciones a sus acciones.

La propuesta de este trabajo es desarrollar una herramienta que permita a los usuarios aprender por medio de experimentos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto busca integrar las actividades planeadas y ejecutadas en torno al fruto del cacao (*Theobroma cacao*), con el objeto de lograr una mejor organización e integración de las funciones de producción, comercialización y proceso industrial para el cual se han identificado oportunidades de mercado; debido a que Colombia, busca abrir mercados globales¹. Para poder introducirse y expandirse con éxito en dichos mercados, deberá prepararse tecnológicamente, económica y socialmente, además de apuntar a la tecnificación y obtención de instrumentos que enriquezcan la producción en los diversos campos y sectores en los que se desea alcanzar un nivel competitivo frente a los mercados internacionales.

Para poder obtener una cadena productiva, los actores de cada eslabón deben actuar coordinadamente y no independientemente como muchas veces se hace, porque esto trae repercusiones que pueden no ser notadas inmediatamente, debido a que todo ocurre con un retardo causado por el proceso que estos.

¹ Producción del cacao colombiano busca posición en el mercado internacional, El Portafolio, Diciembre 7 de 2010

Con un entorno software donde se pueda experimentar con nociones básicas que representen esas relaciones mejora la comprensión de los conceptos mencionados anteriormente, debido a que el conocimiento es algo que se construye por medio de operaciones y habilidades cognoscitivas ((VYGOTSKY 1896-1934). Citado por (ROMO)), pero, ¿cómo lo haría?

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 (ANDRADE Y NAVAS, 2002).

1.2 OBJTEIVOS

1.2.1 Objetivo General

Construir un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas que facilite el aprendizaje de la cadena productiva del cacao (siembra, comercialización y proceso industrial), de tal manera que permita apoyar a los agricultores en la toma de decisiones; y desarrollar un ambiente software para la operación del modelo con el propósito señalado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Modelar con Dinámica de Sistemas y a través del software Evolución 4.1, la cadena productiva de cacao, desarrollando al menos cuatro prototipos de modelos, con un enfoque de cobertura y complejidad creciente, que permitan comprender y realizar experimentos sobre la producción, comercialización y proceso industrial.

- Construir una interfaz gráfica que permita a los usuarios interactuar con el modelo y por ende facilitar la adquisición del conocimiento sobre el sistema de producción del Cacao.
- Implementar al menos dos escenarios para los modelos desarrollados, en el ambiente de simulación propuesto en el trabajo de maestría: Lineamientos metodológicos para la construcción de modelos agro-industriales identificables en términos de dinámicas poblacionales basados en el pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas. (desarrollado por GÓMEZ, 2010).
- Efectuar un plan de pruebas a los modelos desarrollados, con el fin de comprobar si estos cumplen con los requerimientos establecidos por la cadena productiva del cacao para cada uno de los eslabones, teniendo como base la colaboración de expertos y la evaluación de la estructura del comportamiento.
- Realizar una experiencia de uso del modelo propuesto para la cadena productiva del cacao, con un grupo de estudiantes de Tecnología agroindustrial (IPRED-UIS); para verificar utilidad y usabilidad, apreciando de qué manera el operar con este ambiente software interactivo con Dinámica de Sistemas, facilita modificar los modelos mentales si se asume que representan la realidad; y de esta forma verificar la funcionalidad de la herramienta.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Santander² es el primer productor de cacao del país, cuenta con gran variedad de suelos, y diferentes tipos de granos que se estiman como la cumbre en calidad ya que tienen la particularidad de poseer una mezcla de combinaciones

² Santander es el principal cultivador por área y producción, con 46% de la producción cosechada en 37.000 hectáreas (MARTINEZ, 2005).

en los colores de sus almendras que van desde violetas a blancos, como un sin número de sabores.

Sin embargo, el desconocimiento de los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao, hacen de este susceptible a plagas y enfermedades; los factores tales como la temperatura y la lluvia, el viento y la luz o radiación solar; son de vital importancia para el normal desarrollo del cultivo, ya que el cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra. La humedad relativa también es importante ya que puede contribuir a la propagación de algunas enfermedades del fruto. Estas exigencias climáticas han hecho que el cultivo de cacao se concentre en las tierras bajas tropicales³.

Teniendo en cuenta los problemas que existen en la cadena productiva del cacao, se desarrolló un ambiente software el cual contiene a cada eslabón (producción, comercialización y proceso industrial) de la cadena y donde se puede interactuar para verificar que las cadenas sostenibles son aquellas en donde se actúa coordinadamente y se es consciente del lugar que se ocupa.

Este ambiente software permite a los agricultores, estudiantes y docentes evaluar posibles escenarios, de tal forma que se pueda llegar a un beneficio general de la comunidad, además de la comprensión de los factores que intervienen y los resultados a largo plazo.

Los requerimientos para el desarrollo del ambiente software son propios de un ingeniero de sistemas, debido a que se necesita conocimientos en diversas disciplinas, tales como la simulación y desarrollo de modelos, lógica difusa,

³ El clima tropical se caracteriza porque, las temperaturas medias mensuales son elevadas y bastante uniformes a lo largo del año, siendo la media anual superior a los 20°C. El régimen térmico varía entre 21 y 31 °C, siendo mayor en el interior y menor en las áreas costeras. Los rayos solares, a mediodía, no están nunca lejos de la vertical; por eso la cantidad de calor recibida es grande y varía poco a lo largo del año. El clima tropical no conoce el invierno; la temperatura media del mes menos cálido es superior a 18 °C.

ingeniería del software, programación, ecuaciones en diferencias, matemáticas, entre otras. El proyecto además combina actividades de investigación y desarrollo.

2. ANTECEDENTES

En esta sección se presentan algunos de los proyectos previos que se desarrollaron con Dinámica de Sistemas en el sector agroindustrial y posteriormente se presentaran algunas de las investigaciones de lo que es en si la cadena productiva de cacao o alguno de sus eslabones.

2.1 PROYECTOS DE GRADO

Los proyectos previamente realizados, constituyeron un punto de partida para el desarrollo del presente trabajo de grado, la finalidad de las investigaciones fue la de construir un primer marco de referencia de la aplicación de la Dinámica de Sistemas para el sector agroindustrial.

2.1.1 Propuesta De Un Modelo De Simulación Para El Cultivo De La Caña Panelera Bajo El Enfoque Sistémico (GONZÁLEZ Y RODRÍGUEZ, 1997)

El modelo se realizó para la producción de caña panelera de una hectárea, se limitó al estudio de las toneladas de caña obtenidas y a la calidad de sus jugos que en promedio se obtienen en la hoya del rio Suarez. El modelo contemplo la influencia que tienen los nutrientes, las labores culturales, las plagas y las enfermedades, las raíces de la planta y la fotosíntesis en el desarrollo del cultivo y en la calidad de los jugos.

Para facilitar el estudio del fenómeno los realizadores del modelo consideraron la existencia de cinco subsistemas fundamentales en el cultivo de caña de azúcar: planta, suelos, medio ambiente, jugos y plagas, enfermedades, malezas y labores culturales.

2.1.2 Propuesta De Modelo Económico De La Producción De Panela Bajo El Enfoque Sistémico (ACEVEDO Y PARRA, 1997)

El modelo se realizó para la producción de panela en la región de la hoya del río Suárez, se consideró la existencia de dos tipos de trapiches tradicionales y tecnificados, además se tiene en cuenta el periodo vegetativo de la caña y el rendimiento del cultivo por hectárea. El modelo fue dividido en subsistemas para facilitar la comprensión de los fenómenos, los subsistemas que hacen parte del modelo son: socioeconómico, uso de la tierra y proceso industrial.

2.1.3 Lineamientos Metodológicos Para La Construcción De Modelos Agro-Industriales Identificables En Términos De Dinámicas Poblacionales Basados En El Pensamiento Sistémico Y La Dinámica De Sistemas (GÓMEZ, 2010)

El propósito del trabajo es formular una metodología que oriente, facilite y motive la generación de modelos agroindustriales. La implementación generara competencias y facilitara la construcción de conocimiento en fenómenos de gran complejidad para obtener mayores beneficios del sector y/o mejorar la eficiencia con la que se llevan a cabo las actividades de administración.

2.2 ESTADO DEL ARTE

2.2.1 Cadena Productiva De Cacao: Análisis Del Eslabón Primario (TAFUR Y LIÉVANO, 2006)

La investigación se realizó a nivel nacional analizando dos departamentos de Colombia (Santander y Huila), considerando la producción de cacao, las políticas departamentales, el manejo del cultivo, la competitividad, entre otros factores. Posteriormente, se describen las principales barreras del cultivo de cacao como lo es la dificultad de adquisición de tierras para generalizar la producción de cacao.

2.2.2 Línea Base Para La Caracterización De La Cadena Productiva De Cacao Y Diagnóstico De La Cooperación Entre Actores (ALVARADO, 2006)

La cadena productiva se conforma por una red de actores que se interrelacionan a raíz del desarrollo, transformación y comercialización de un producto, en este caso del cacao, previo a su llegada al consumidor final, y se organizan, según su interés, en grupos o eslabones. Posteriormente se realiza un análisis de cada eslabón, y se ubica el estado actual de la cadena en Honduras.

2.2.3 La Cadena De Cacao En Colombia (AGROCADENAS, 2005)

La investigación se centra en el análisis de cada eslabón individualmente, y hace énfasis en el eslabón primario, ya que es en este punto donde se concentra la mayor cantidad de problemas debido al desconocimiento de los factores necesarios para su normal desarrollo, la falta de estudios y la mano de obra que en su mayoría es de tipo familiar y no se encuentra calificada.

2.2.4 Modelo de simulación bajo dinámica de sistemas para el cultivo de frutas tropicales en Colombia (HERRERA, 2011)

El propósito es mostrar un modelo con un enfoque sistémico desde el cual se pueda analizar el comportamiento en el tiempo del primer eslabón de la cadena productiva de frutas tropicales en Colombia. En este artículo se presenta el diagrama de Forrester para el cultivo de frutas tropicales y algunos comportamientos con las utilidades del proceso.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se muestran los fundamentos teóricos que se utilizaron para el desarrollo del presente proyecto, tales como pensamiento sistémico, dinámica de sistemas, modelado, pasando por conceptos pertenecientes al sector agroindustrial del manejo del cacao y particularmente acerca de cadenas productivas, permitiendo desarrollar la herramienta de simulación.

3.1 TEORIA GENERAL DE SISTEMAS (TGS)

La TGS fue propuesta por el biólogo Ludwing von Bertalanffy en 1954, y puede situarse históricamente junto a los orígenes de la ciencia y la filosofía.

La TGS es un método de investigación, o forma de pensar, en la que predomina el concepto de sistema como un todo. Con relación al concepto de totalidad, la TGS destaca cuatro principios:

- El todo es más que la suma de sus partes (Sinergia)
- El todo determina la naturaleza de las partes (Recursividad)
- Las partes no pueden comprenderse si se consideran en forma aislada del todo.
- Las partes están dinámicamente relacionadas.

De esta manera se genera el comportamiento del fenómeno, el cual es diferente al comportamiento de los subsistemas y elementos asumidos de manera independiente o aislada.

3.2 PENSAMIENTO SISTÉMICO

La Teoría General de Sistemas, es el origen del Pensamiento Sistémico, el cual es una forma de observar la realidad y tiene como objetivo ver el todo, es decir,

patrones en vez de momentos instantáneos. Actualmente, los fenómenos de diversa naturaleza poseen una complejidad creciente y difícil de abordar desde un punto de vista reduccionista. El Pensamiento Sistémico es un pensamiento circular (O'CONNOR Y McDEMOTT, 1998) que implica una transformación constante, teniendo en cuenta que si todas las partes cambian, el sistema también cambiara.

Por esta razón, el Pensamiento Sistémico origina (SENGE, 2008):

- Cambios de enfoque en la realidad, debido que los modelos mentales se basan en la observación y en la experiencia, lo cual cambia a medida que se aumenta la complejidad.
- Conocimiento de interrelaciones en lugar de solo observar la causa-efecto lineal de dos elementos.
- Conocimientos de procesos de cambios (a lo largo del tiempo) en vez de momentos.
- Realimentación, la cual es necesaria para comprender cuando se relacionan los actos tendiendo a reforzarse o a compensarse.

3.3 DINAMICA DE SISTEMAS

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

La Dinámica de Sistemas provee una herramienta de comunicación común conectando varias disciplinas académicas, ya que fuerza a las personas a pensar críticamente sobre los problemas debido al proceso que deben seguir. Con la dinámica de sistemas, se puede hacer un enlace mental entre la estructura de un sistema y el comportamiento que este produce, a través de modelos, los cuales son una parte del sistema que cambia con respecto al tiempo, que comparado con un sistema en tiempo real tiene un costo más bajo

y permite un conocimiento más rápido de las condiciones que no se observan en la vida real.

La Dinámica de Sistemas, trata de construir modelos basándose en la opinión de expertos, estos modelos dinámicos en los que juegan un papel primordial los bucles de realimentación.

3.3.1 Modelamiento Con Dinámica De Sistemas

Una de las características de la elaboración de modelos es que no hay recetas. En el desarrollo de un modelo con Dinámica de Sistemas se observan tres fases: conceptualización, formulación y evaluación. (ARACIL, 1992).

3.3.1.1 Conceptualización Del Modelo. El primer paso para construir un modelo es familiarizarse con el problema ya sea mediante consultas bibliográficas, asesorándose de expertos en la materia o ambas. Después de haber comprendido el fenómeno a modelar, se definen los aspectos a tratar, es decir, se definen los alcances del modelo. Finalmente, se van identificando progresivamente los distintos elementos que forman parte del sistema al igual, que sus relaciones, llegando así al diagrama causal.

3.3.1.2 Formulación del Modelo. La formulación del modelo consiste en representar los elementos considerados en el diagrama causal mediante un lenguaje formal. En Dinámica de Sistemas los modelos se representan mediante los diagramas de Forrester a partir de los cuales se construyen las ecuaciones que permiten simular el comportamiento del fenómeno.

En esta fase se debe proceder a asignar valores a los parámetros que intervienen en el modelo.

3.3.1.3 Evaluación Del Modelo. Finalizada la conceptualización y la formulación del modelo, se procede a comprobar, mediante simulaciones, los supuestos sobre los cuales se construyó el modelo.

3.3.2 Lenguajes De La Dinámica De Sistemas

Los elementos de la Dinámica de Sistemas son:

3.3.2.1 Diagrama Causal o Diagrama de Influencias. El diagrama causal o en algunos casos llamado diagrama de influencias es un grafo dirigido que representa la relación entre los diferentes elementos del sistema considerados. Este diagrama traduce las conclusiones de la documentación del estudio del fenómeno con expertos en hipótesis estructurales, a través de las cuales se construye el modelo.

3.3.2.2 Diagrama De Forrester: El principal aporte de Forrester al modelado del comportamiento de un sistema, fue asociar al diagrama causal de una estructura funcional en la cual se formalizan las relaciones, de acuerdo a la función que desempeñan en el modelo.

3.3.2.3 Modelo Matemático. El diagrama de Forrester esta soportado detrás del modelo causal y conceptual con una plataforma de ecuaciones lineales y no lineales que permiten simular el comportamiento dinámico del fenómeno en estudio, al describir trayectorias temporales de todas las variables consideradas.

3.3.2.4 Simulación y Experimentación. Una vez construido el modelo matemático, con todas las ecuaciones definidas, se procede a simular el modelo para analizar el comportamiento de los elementos más relevantes dentro del fenómeno. A partir de unas condiciones iniciales dadas y unos parámetros asumidos. La simulación requiere una plena definición matemática del modelo, la especificación del escenario de simulación, las condiciones de simulación y un soporte computacional apropiado.

La simulación es la herramienta para la validación final del modelo, el análisis de sensibilidad y en general la experimentación con propósitos de conocimiento o definición de estrategias de control o intervención sobre dicha realidad.

3.4 PLAN DE PRUEBAS PARA LA VALIDACION Y EVALUACION DEL MODELO FINAL

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.

Entre las pruebas para la validación y evaluación de los modelos según lo planteado en Road Maps⁴ se tienen las pruebas a la estructura y comportamiento del modelo.

3.4.1 Prueba a la estructura del modelo.

La metodología utilizada en este tipo de modelos está orientada fundamentalmente al entendimiento de la estructura interna del modelo y en la posibilidad de intervención sobre el sistema real mediante decisiones políticas y el control de parámetros que permitan generar un comportamiento de referencia o un comportamiento esperado bajo determinadas condiciones. Dentro de las pruebas más comunes de evaluación de la estructura del modelo se encuentran:

3.4.1.1 Prueba de los parámetros del modelo. En ella se observan cual es la procedencia de los datos que poseen los parámetros del modelo, los cuales pueden obtenerse desde cualquier fuente, dependiendo de ello la confiabilidad del modelo se afecta significativamente.

3.4.1.2 Prueba del límite adecuado. Los límites del modelo deben hacer juego con el propósito del modelo que ha sido diseñado para que se pueda utilizar con confianza, es decir, el modelo debe contener todos los factores que afecten el interés de su comportamiento.

⁴ Road Maps. Guía básica para aprender dinámica de sistemas. Instituto Tecnológico de Massachusetts.

3.4.1.3 Prueba de las condiciones extremas. En ella se observa la capacidad de un modelo para trabajar en condiciones extremas, lo cual contribuye en sus políticas de utilidad, lo cual se convierte en una herramienta para evaluación de confianza.

3.4.2 Pruebas al comportamiento del modelo:

Para este tipo de pruebas se debe comparar el comportamiento del modelo con el comportamiento del sistema que está siendo modelado.

3.4.2.1 Prueba de comparación. En ella se compara el comportamiento del modelo con el comportamiento del sistema que está siendo modelado. En caso tal de que los datos históricos son pobres o inexistentes, la prueba puede ser de racionalidad.

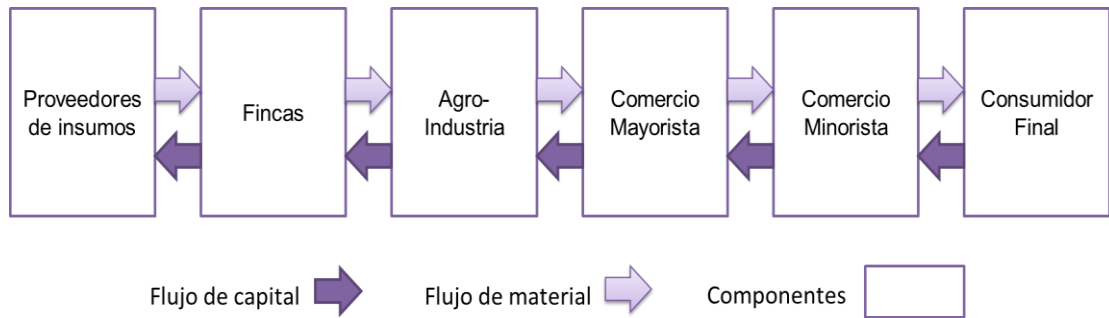
3.4.2.2 Prueba de las anomalías. En esta prueba se observa si el modelo funciona bien, a excepción de un periodo limitado de tiempo, en caso tal que no se encuentre una falla en el modelo, el error se puede encontrar en los datos con los cuales se está comparando.

3.4.2.3 Prueba de sensibilidad. En esta prueba lo que se hace es cambiar un poco los valores de los parámetros del modelo, y observar si hay cambios radicales en el comportamiento del modelo.

3.5 CADENAS PRODUCTIVAS

El concepto de cadenas productivas se refiere a todas las etapas comprendidas en la elaboración, distribución y comercialización de un bien o servicio hasta su consumo final, una imagen que describe esta situación es presentada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 1. Estructura general de una cadena productiva.



Fuente: CASTELLANOS, 2005

Las cadenas productivas se integran por un conjunto de eslabones vinculados entre sí. La unidad de análisis de las cadenas productivas son los "eslabones" o "familia de productos". Cada eslabón tiene actores, los cuales son los encargados de llevar el producto de un estado a otro.

Las cadenas productivas tienen dos grandes enfoques: la equidad y la participación⁵.

El análisis de la 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, ya que tanto las mujeres como los hombres pueden participar y tomar decisiones de la misma forma en la cadena.

⁵ Basado en el documento de Van Der Heyden Damien y otros. Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas. Junio 2004.

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 la sinergia entre los actores directos e indirectos de la cadena, de tal forma que todos trabajen en la misma dirección para conseguir un objetivo.

3.6 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.

La palabra cacao puede hacer referencia a tres conceptos muy relacionados entre sí:

Cacao puede referirse, en primer lugar, al fruto del cacaotero, entendido este como la mazorca que crece directamente de su tronco.

Figura 2. Fruto de cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

En segundo lugar, el cacao es también el producto que resulta de la fermentación y el secado de esas semillas (o habas o maracas) del fruto del árbol del cacao. El cacao, entendido así, es el componente básico del chocolate.

Figura 3. Almendras de cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

Por último, se denomina además cacao al polvo seco que se obtiene moliendo los granos y extrayendo, total o parcialmente, la grasa o manteca de cacao.

Figura 4. Polvo de Cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.1 Morfología Del Cacao

El cacao es un árbol que necesita humedad y calor. Este árbol crece entre los 6 y 10 metros, requiere sombra, protección de vientos y un suelo rico en nitrógeno y potasio. Su fruto es de tamaño y formas variables, de color rojo,

amarillo, morado o café. Sus flores son pequeñas de color rosa, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. Un árbol comienza a rendir cuando tiene 4 ó 5 años. En un año, cuando maduran puede tener 6000 flores pero solo 20 mazorcas. A pesar de que sus frutos maduran durante todo el año, normalmente se realizan dos cosechas: la principal (que empieza hacia el final de la estación lluviosa y continua hasta el inicio de la estación seca) y la intermedia (al principio del siguiente periodo de lluvias), y son necesarios de cinco a seis meses entre su fertilización y su recolección.

Figura 5. Árbol de Cacao



Figura: HERNANDEZ, 2002

3.6.1.1 Raíz. El árbol de cacao tiene una raíz pivotante que puede crecer normalmente entre 1,20 m y 1,50 m y ocasionalmente puede alcanzar los 2 m. La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo así como del modo de producción.

Figura 6. Raíz



Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.1.2 Tallo. El cacao tiene dos tipos de tallos; el primero ortotrópico (de crecimiento recto, vertical), son las plantas que provienen de semillas o plantas francas (híbridos y segregantes de híbridos) y el segundo plagiotrópico (de crecimiento horizontal o lateral), son las plantas producidas por injerto.

Figura 7. Tallo



Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.1.3 Hojas. Las hojas de la planta son de forma alargada, medianas y de color verde, algunas plantas tienen las hojas tiernas y de diferentes colores que pueden ser: café claro, verde pálido, morados o rojizos, según la variedad del cultivo. La hoja está unida a la rama por un tallito conocido como pecíolo o pinzote donde se encuentra un abultamiento llamado yema que origina ramas que se usan para realizar injertos

Figura 8. Hojas



Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.1.4 Flor. Las flores nacen en grupos pequeños llamados cojines florales y se desarrollan en el tronco y ramas principales. Las flores salen donde antes hubieron hojas y siempre nacen en el mismo lugar; por eso, es importante no dañar la base del cojín floral para mantener una buena producción. De las flores se desarrollan los frutos o mazorcas con ayuda de algunos insectos pequeños.





Figura 9. Flor de cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.1.5 Fruto. Los frutos tienen diferentes tamaños, colores y formas según las variedades. Generalmente tienen un tamaño de 12 pulgadas de largo y 4 pulgadas de ancho y contienen entre 20 a 40 semillas. La pulpa puede ser blanca, rosada o café, olorosa y con sabor variado entre ácido y dulce. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacillo, Angoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie (ver las figuras).

Tabla 1. Variedades de frutos

Figura 10. Amelonado	Figura 11. Calabacillo	Figura 12. Angoleta	Figura 13. Cundeamor
			
Fuente: FEDECACAO, 2006	Fuente: FEDECACAO, 2006	Fuente: FEDECACAO, 2006	Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.1.6 Semilla. Las semillas están dentro de las mazorcas y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado. Están ubicadas en cinco hileras dentro del fruto.

Figura 14. Semillas de cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

3.6.2 Marco Fisiográfico Del Cultivo De Cacao

La investigación para el cultivo de cacao, se realizara en el área que comprende el Magdalena Medio, debido a que en esta zona, tiene las condiciones climáticas favorables para el correcto crecimiento del cultivo. Además, es en esta zona donde se concentra la mayor cantidad de fincas cacaoteras de Colombia, lo cual se puede aprovechar para realizar una mejor investigación acerca del cultivo, ya que es en este punto del eslabón donde se observan los mayores problemas.

Figura 15. Magdalena medio

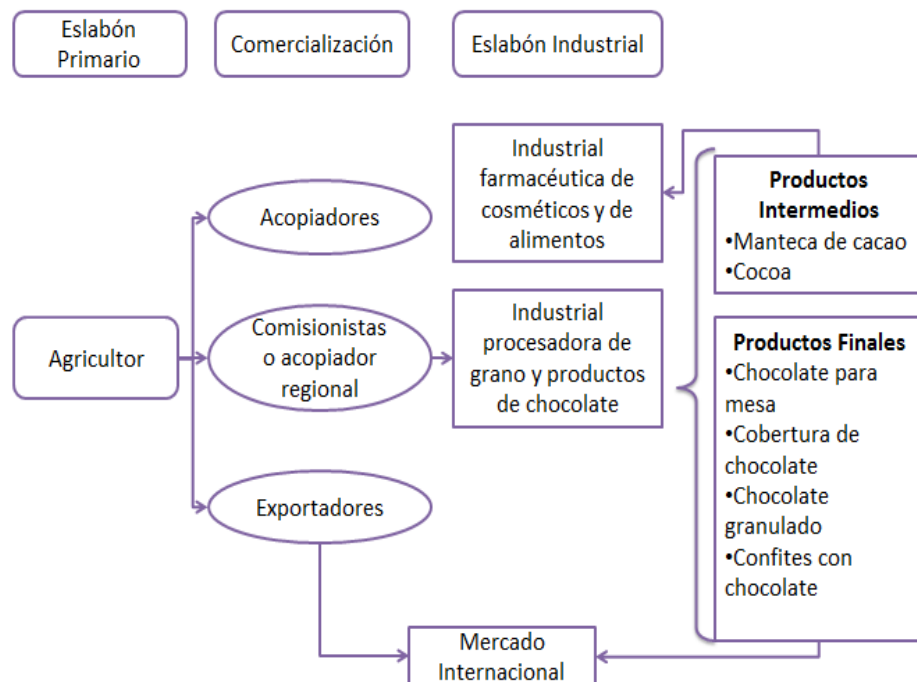


Fuente: AREGMAD, 2008

3.7 CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO⁶

La cadena productiva del cacao se divide en tres eslabones de acuerdo a cada etapa del proceso productivo. Como se muestra en la figura, la cadena contiene los eslabones de: producción (Primario), comercialización y de proceso industrial.

Figura 16. Cadena productiva del cacao



Fuente: MARTÍNEZ, 2005

3.7.1 Eslabón Primario

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).

⁶ Basado de La Cadena del cacao en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005, MARTINEZ, 2005

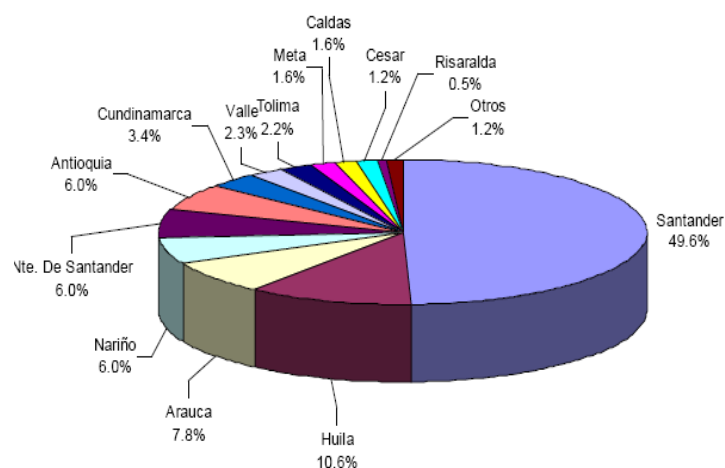
Los factores ambientales, tales como clima y suelo, son importantes para el desarrollo de cualquier cultivo, en este sentido es importante conocer las condiciones óptimas para el desarrollo del mismo.

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.”

Figura 17. Distribución de la producción de cacao en grano.



Fuente: FEDECACAO, 2006

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 alcanzan estudios de primaria y el conocimiento del cultivo proviene principalmente por la experiencia en el cultivo y por tradición familiar.

3.7.2 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.

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”.

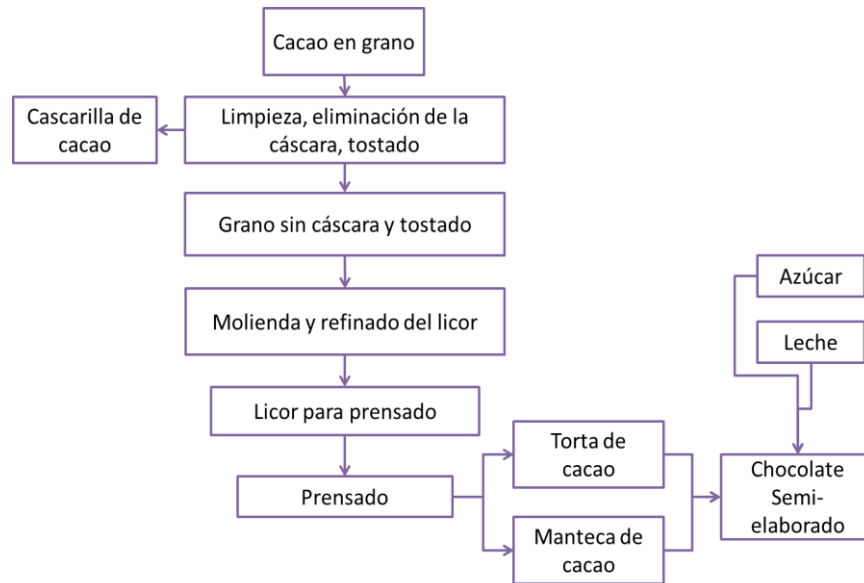
3.7.3 Eslabón De Proceso Industrial

Comprende el procesamiento del grano para producir licor, pasta, manteca, polvo de cacao, chocolates y confites que contengan chocolate⁷. A este eslabón pertenecen las industrias procesadoras y productoras de chocolate, así como las productoras de confites con chocolate.

La Figura 18 muestra un esquema de como es la preparación de chocolate de mesa o chocolate en barra:

⁷ 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.

Figura 18. Proceso de transformación del cacao.



Fuente: MARTÍNEZ, 2005

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

3.8 DESARROLLO SOFTWARE

3.8.1 Modelo en Evolutivo⁸

El modelo evolutivo del proceso del software se acopla con la naturaleza iterativa de hacer prototipos con los aspectos controlados y sistémicos del modelo en cascada. Tiene el potencial de hacer un desarrollo rápido de versiones cada vez más completas.

El modelo evolutivo es un enfoque realista para el desarrollo de sistemas y de software a gran escala. Como el software evoluciona a medida que los el proceso avanza, el desarrollador y cliente comprenden y reaccionan mejor ante los riesgos en cada nivel de evolución.

⁸ Tomado de Ingeniería del software un enfoque practico. Roger S. Pressman. Séptima edición.

4. MODELO DE SIMULACIÓN CON DINAMICA DE SISTEMAS PARA EL APRENDIZAJE DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CACAO

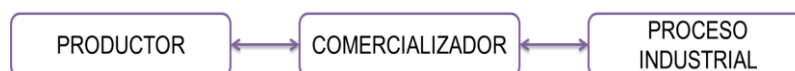
Para describir el comportamiento de la cadena productiva del cacao se realizara un análisis de la misma por medio del enfoque sistémico, a través del cual se modeló, representó y caracterizó la cadena en términos de sus eslabones.

4.1 MODELO

El desarrollo del modelo se llevó a cabo por prototipos de cobertura y complejidad creciente, cada prototipo representa las relaciones que tienen los actores de cada eslabón de la cadena.

La figura muestra como es la relación entre los actores que intervienen y la organización de la cadena productiva de cacao:

Figura 19. . Organización de la cadena del cacao



Fuente: Autor

La relación entre los actores, empieza con la venta de la cosecha de almendras de cacao que realiza el productor a los comercializadores, que son los encargados de reunir el producto para luego venderlo a la industria o a los exportadores. Posteriormente, las almendras de cacao son llevadas al consumidor final como un producto semi-terminado o terminado, elaborado por la industria procesadora de alimentos.

La cadena productiva de Cacao identificada, se estructura en tres eslabones dependiendo de las relaciones entre los actores, lo que permite alcanzar un mejor desempeño y aumentar la competitividad, a través de la cual interactúan los diferentes actores. Los eslabones de la cadena se describen a continuación:

- Productores del Grano: agrupa a las fincas ubicadas en las regiones productoras de cacao del país.
- Comercializadores del Grano: hace referencia a los actores ubicados en las cabeceras de los municipios productores, quienes realizan el acopio del grano y son el puente entre el cultivador y la industria
- Industria de transformación del cacao: integra las actividades dirigidas fundamentalmente al procesamiento de productos para la industria alimenticia de chocolate.

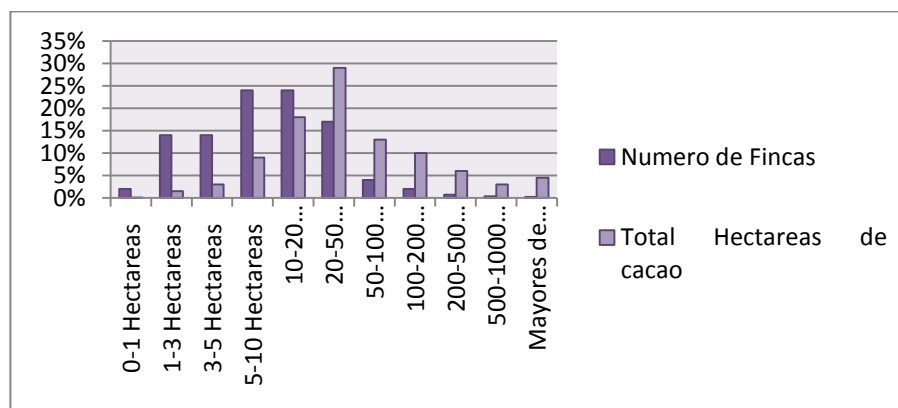
4.1.1 Primer Prototipo – Eslabón Primario

Para el primer prototipo, se tienen en cuenta solo aquello que relaciona al agricultor o productor de cacao con el fruto.

4.1.1.1 Propósito. El objetivo de este primer prototipo es mostrar los requisitos necesarios para la producción de cacao y como estos influyen en la producción.

4.1.1.2 Lenguaje en Prosa. La producción de cacao se analizara para los pequeños productores debido a que la mayor parte de las fincas cacaoteras son de extensiones de tierras menores a 50 hectáreas⁹.

Figura 20. Tamaño de las fincas cacaoteras en Colombia



Fuente: FEDECACAO, 2006

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. Las consideraciones más importantes para el establecimiento de un cultivo de cacao son los factores climáticos y las exigencias del suelo.

⁹ Corresponde al 94% de las fincas cacaoteras, equivalente a 207.939 hectáreas, es decir, 60% del área destinada al cultivo del cacao. Fuente: Fedecacao (2006)

Los factores climáticos para el desarrollo y buena producción de cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medio ambientales de la zona en la cual se cultivan. Es por esto que los factores climáticos que influyen en la producción son:

- **Temperatura:** El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite 23°. Las temperaturas extremas muy altas, superior a los 32° pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol, por lo que el cultivo debe estar bajo la sombra de los rayos solares para que no incidan directamente y se incremente la temperatura.
- **Agua:** El cacao es una planta sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento. Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en zonas bajas y entre 1200 y 1500 mm en zonas más frescas, distribuidas durante todo el año.
- **Viento:** Los vientos continuos pueden provocar decaimiento, muerte y caída de las hojas. Por ello, en zonas costeras es preciso el empleo de cortavientos para que el cacao no sufra daños. La velocidad óptima está en el rango de 1 a 10 km/H.
- **Sombreamiento:** El cacao es un cultivo típicamente de sombra. El objetivo del sombreamiento es proteger el cultivo de la radiación solar. Cuando el cultivo se halla establecido se podrá reducir el porcentaje de Sombreamiento hasta un 30% si se desea.
 - **Sombra temporal:** las especies útiles usadas en Colombia como sombrío transitorios para el cacao se muestran en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Especies utilizadas como sombrío transitorios

Nombre Común	Nombre Técnico
Plátano	Mussa Sapientum
Banano	Mussa Paradisiaca
Higuerilla	Ricinus Comumnis
Papaya	Carica papaya
Maracuyá	Pasiflora edulis
Matarratón	Glirixidia Cepium

- **Sombra permanente:** las especies recomendadas como sombrío permanente se muestran en Tabla 3. Especies utilizadas como sombrío permanentesTabla 3.

Tabla 3. Especies utilizadas como sombrío permanentes

Nombre Común	Nombre Técnico
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Cedro cebolla	<i>Cedrela montana</i>
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
Bucare de agua	<i>Erythrina glauca</i>
Bucare o cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Igua-Cedro amarillo	<i>Pseudosamanea guachapelle</i>
Melina	<i>Gmelina arborea</i>
Teca	<i>Tectona grandis</i>
Caucho	<i>Hevea brasiliensis</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Borojó	<i>Borojia patinoi</i>
Zapote	<i>Matisia cordata</i>
Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Guanábana	<i>Annona muricata</i>
Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i>
Acacia	<i>Acacia mangium</i>
Inchi cacay	<i>Cariodendron orinocensis</i>

- **Altitud:** El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 900 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente.

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos y con buen drenaje. La hojarasca y el sombreado ayudan a mantener la humedad necesaria durante los meses de sequía. Las exigencias del suelo son las siguientes:

- **Drenaje:** Está determinado por las condiciones climáticas del lugar, la topografía, la susceptibilidad del área a sufrir inundación y la capacidad intrínseca del suelo para mantener una adecuada retención de humedad y disponer de una adecuada aireación.

- **pH Del Suelo:** El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta el pH de 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos.

La Tabla 4 muestra los parámetros técnicos para el cultivo de cacao, teniendo en cuenta los factores climáticos y las exigencias de suelos.

Tabla 4. Parámetros Técnicos del Cultivo de Cacao¹⁰

PARÁMETROS TÉCNICOS	CONDICIONES ÓPTIMAS	CONDICIONES INTERMEDIAS	SIN POTENCIAL
FACTORES CLIMATICOS			
Temperatura promedio anual °C	23-25	19-23 25-32	<19 >32
Temperatura máxima °C	30	30-35	>35
Temperatura mínima °C	22	21-25	<21
Precipitación anual (mm)	1500-2500	1000-1500	<1000
Días de lluvia	95-125	75-95 125-150	<1000
Reserva útil de suelo (mm/m ²)	400-1000	0-400 1000-1500	>1500
Altura (m.s.n.m.)	400-900	0-400 900-1200	>1200 ¹¹
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
SUELOS			
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
Piedras y gravas (%)	0 – 5	5 - 15	>15
Drenaje	Bueno	Moderado	Deficiente
Inundación	Ninguna	Temporal	Frecuente
Pendiente (%)	0 – 9	9 - 25	30
Fuente: BORRERO, 2008			

¹⁰ BORRERO Cesar, El Cultivo De Cacao En El Guaviare, 2008

¹¹ La altura no es un factor determinante, como lo son los otros factores climáticos.

La densidad poblacional por hectárea es un factor importante a la hora de iniciar un cultivo, para esto se debe tener en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 5. Densidad Poblacional Por Hectárea

Densidad	Cantidad de Árboles de cacao
3x3 m	1.111
3x3.5	952
3.5x4	714

Fuente: BENITO, 2007

Se recomiendan trazados que garanticen una densidad entre 1.000 Y 1.200 árboles de cacao por hectárea, en forma de cuadrado, triángulo, curva de Nivel o en rectángulos, utilizando distancias uniformes o en arreglos asimétricos que permitan un mejor aprovechamiento del terreno.

También es necesario tener en cuenta, las plagas y enfermedades¹² que afectan al cultivo, debido a que estas pueden causar grandes pérdidas en la producción.

- **Plagas:** 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.
- **Enfermedades:** Las enfermedades más comunes son:
 - Mazorca negra: es la que causa más pérdidas en la cosecha
 - Mal del machete: destruye árboles enteros rápidamente, se infecta por medio de lesiones en los troncos y ramas principalmente.
 - Moniliasis: es también conocida como pudrición acuosa, solo ataca los frutos de cacao.
 - Escoba de bruja: se caracteriza por la proliferación de yemas apicales y axilares en ramas de cacao

¹² Para más información consultar Cultivo de cacao, disponible en línea en: http://www.bedri.es/Comer_y_beber/Chocolate/Cultivo_del_cacao.htm

Asimismo, se deben tener en cuenta otras consideraciones propias de todos los cultivos, como lo son las labores culturales de los cultivos:

- **Poda:** Es una técnica que consiste en eliminar todos los chupones y ramas innecesarias, así como las partes enfermas y muertas del árbol. La poda ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y producción del cacaotero, ya que se limita la altura de los árboles y se disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades.
- **Eliminación De Plagas Y Enfermedades:** Estas prácticas agronómicas están referidas al adecuado y oportuno control de malezas, abonamiento, regulación de sombra, drenajes de zonas con exceso de humedad y podas de formación y sanitaria oportunas.

Posteriormente, para obtener las almendras de cacao, el fruto debe pasar por un proceso, llamado Beneficio del fruto, 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 tiene las siguientes etapas:

Figura 21. Tratamiento del fruto



Fuente: PAREDES, 2003

- **Cosecha o recolección:** 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.

Figura 22. Recolección del fruto.



Fuente: FEDECACAO, 2006

La recolección es una de las fases más importantes, se debe realizar la identificación de las mazorcas maduras. Este estado se conoce por los cambios de coloración, que varía dependiendo del tipo o variedad. Este cambio de color puede ser muy ligero y se corre con el riesgo de no cosechar a tiempo mazorcas que han alcanzado su plena madurez. El punto óptimo de recolección se produce cuando las variedades de fruto rojo han tomado un color anaranjado-bermellón y los de fruta amarilla un color amarillo-verdoso.

- **Quiebra:** 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.

Figura 23. Desgranada de las mazorcas de cacao.



Fuente: FEDECACAO, 2006

- **Fermentación:** 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.

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.

Figura 24. Fermentación del cacao.



Fuente: FEDECACAO, 2006

- **Secado:** 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. También se producen cambios en el color, apareciendo el color típico marrón del cacao fermentado y secado correctamente.

Figura 25. Secado de la almendras de cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

La rapidez del secado varía según el método que se emplee. En caso que el secado sea solar; es decir, al aire libre dura de 5 a 7 días. Esto dependerá de las condiciones atmosféricas para deshidratar óptimamente las almendras. Se sabrá que se ha completado el secado del cacao cuando a la presión de los dedos índice y pulgar, se rompan los granos fácilmente. También podrá secarse el cacao en secadores calentados artificialmente, en cuyo caso deberá prepararse para que el grano no adquiriera el olor a humo.

- **Selección y clasificación:** 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.

Esta prueba debe realizarse de forma regular, tal que permita tomar elementos de juicio en las prácticas de beneficio del fruto, y se pueda corregir las imperfecciones y mejorar la calidad.

Figura 26. Selección de los granos de cacao



Fuente: FEDECACAO, 2006

De acuerdo a los parámetros de calidad del grano del cacao exigidos por la Unión Europea que son los que por lo general se toman como referencia en el comercio internacional del cacao; el tamaño mínimo permitido del grano (calibre) es de un gramo por grano. Por esta razón es importante realizar una adecuada selección del grano de cacao utilizando para ello tamizas construidas de mallas con medidas de orificio de un cm^2 que permita pasar los granos más pequeños y retener los de mayor calibre.

- **Almacenado y encostalado**¹³: El ambiente donde se va almacenar debe estar exento de olores extraños, como los provenientes de pesticidas, combustible, alimentos con olores penetrantes, etc.

¹³ Para más información ver Manual de Cultivo de Cacao, Paredes Mendis, Perú 2003. Página 81.

El cacao es altamente higroscópico, es decir absorbe la humedad con suma rapidez. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, en medios menores de 75% de humedad relativa.

Tabla 6. Características de los granos de cacao de acuerdo con su grado de fermentación y beneficio

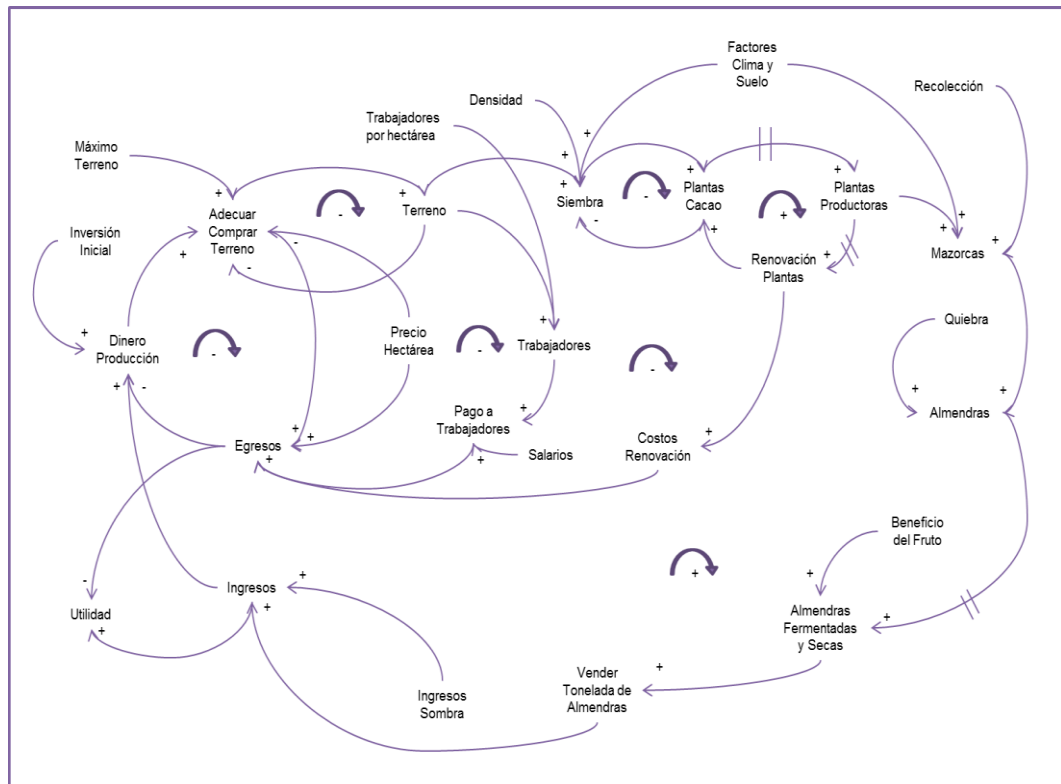
Características del grano	Grano bien fermentado	Grano insuficientemente fermentado	Grano sin fermentar
Forma	Hinchado "ciruelo"	Relativamente aplanado "plancha"	Aplanado en su mayoría
Color externo	Café oscuro, carmelito, marrón	Amarillo claro o amarillo rojizo	Blanquecido rojizo
Testa cutícula (cascarilla)	Se desprende fácilmente con los dedos, se desmigaja	Se desprende fácilmente con la uña	Casi no se desprende. Fuertemente adherida
Consistencia	Fácilmente en harinas al presionar con los dedos "arriñonados"	Duro, difícil de quebrar y enharinar con los dedos	Se dobla como caucho. Solo se parte con navaja
Estructura interna	Subdividido en segmentos visibles a simple vista	Enterizo como queso prensado	Compacto, muy duro
Color interno	Color chocolate (marrón claro, café)	Parcialmente pardo y violáceo, morado o púrpura en diferentes tonalidades	Gris, negruzco
Olor	A chocolate aromático y agradable	A vinagre desagradable	Sin olor o con olor a moho
Sabor	Medianamente amargo agradable	Amargo	Muy amargo
Fuente: BORRERO, 2008			

Los costos para el establecimiento son más altos en comparación con los costos de mantenimiento, ya que durante este periodo es necesaria mayor cantidad de mano de obra para las diferentes labores; sin embargo, al analizar los costos de establecimiento y mantenimiento, de diferentes zonas cacaoteras, se puede observar que generalmente el campesino por sus bajos recursos económicos y poca asistencia técnica no realiza en su totalidad las diferentes labores culturales que son necesarias para un buen desarrollo del cultivo

Los gastos en mano de obra dedicada a la cosecha y beneficio, tienen un comportamiento ascendente, acorde con el proceso productivo de los árboles de cacao, que implica incremento de la producción, llegando al 50% de los costos a partir del año 6.

4.1.1.3 Diagrama de Influencias. A continuación se muestra el diagrama de influencias contemplado en su totalidad y posteriormente se ira explicando cada ciclo independientemente.

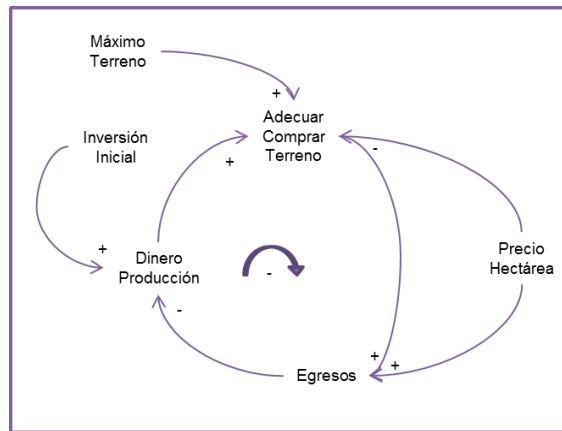
Figura 27. Diagrama de influencias del eslabón de producción



Fuente: Autor

Tomando como punto de partida la inversión inicial que realizar el agricultor o productor de cacao, el cual aumenta el dinero disponible de la producción, lo primero que se debe hacer con este dinero es comprar/adecuar el terreno, esta compra/adecuación del terreno está limitada por el dinero disponible, ya que a más compra/adecuación del terreno se tiene menos dinero; además a esto se tiene un objetivo en compra de terreno definido por el productor; esta compra/adecuación del terreno tiene un costo por hectárea, a mayor costo por hectárea más egresos lo cual disminuye el dinero disponible. Debido a esto, es que a veces inicialmente no se puede comprar/adecuar el terreno meta en su totalidad.

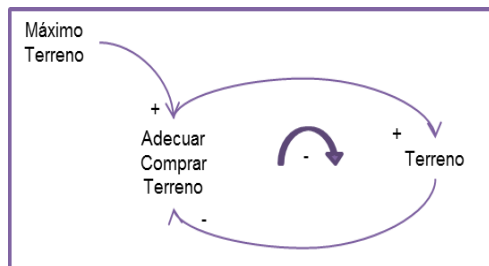
Figura 28. Diagrama de influencias de la adecuación del terreno



Fuente: Autor

La compra/adecuación del terreno aumenta el terreno disponible para la siembra de las plantas; y el terreno a su vez disminuye la compra/adquisición de terreno, ya que a más terreno más cerca se encuentra de alcanzar el objetivo.

Figura 29. Diagrama de influencias del terreno disponible para el cultivo

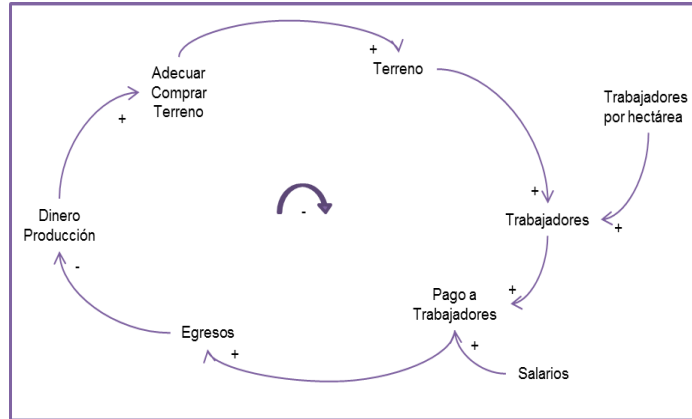


Fuente: Autor

Para la adecuación y mantenimiento del cultivo se necesitan personas (trabajadores) que realicen estas actividades, a mayor terreno se necesitan más personas que realicen estas labores, a estas personas se les debe pagar por las labores realizadas, este pago a los trabajadores depende directamente del número de trabajadores y del salario; teniendo en cuenta esto a más trabajadores el pago es mayor, de la misma manera a mayor salario mayor será el pago a los trabajadores; el pago a los trabajadores causan un egreso, a

mayor pago a los trabajadores mayor será este egreso; los egresos disminuyen el dinero disponible lo cual repercute directamente en la compra/adecuación de terreno.

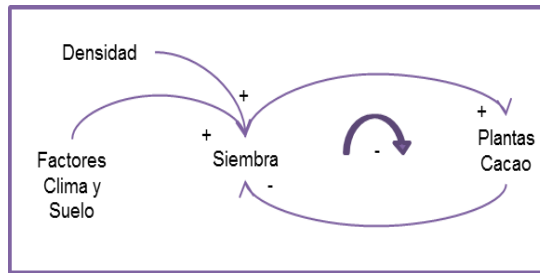
Figura 30. Diagrama de influencias del pago a los trabajadores



Fuente: Autor

Ahora como ya se tiene el terreno para la siembra de las plantas se dispone a sembrar, esta siembra depende básicamente de los factores de clima y de suelo, si estos factores son óptimos o intermedios para el cultivo se puede sembrar, de lo contrario si el terreno no tiene potencial para el cacao no hay siembra. La siembra también depende de la densidad poblacional por hectárea, es decir que a mayor densidad se sembraran mayor cantidad de plantas de cacao; la siembra aumenta las plantas de cacao, a mayor plantas de cacao la siembra disminuye porque se está llegando al límite de siembra la que se obtiene al multiplicar la densidad poblacional y el terreno disponible para el cultivo.

Figura 31. Diagrama de influencias de la siembra



Fuente: Autor

La siembra, aumenta las plantas de cacao, estas plantas de cacao empiezan a producir según la variedad de cacao un tiempo después de la siembra, por ejemplo para la variedad criolla, este tiempo es de cinco años (260 semanas), pasado este tiempo, las plantas de cacao se convierten en plantas productoras, a mayor plantas productoras mayor será la recolección de mazorcas de cacao, para esto se debe tener en cuenta que existen dos tipos de cosechas, la cosecha semestral (la cosecha mayor), en donde se recogen aproximadamente 30 mazorcas por árbol de cacao y cosechas quincenales en donde se recogen hasta 5 mazorcas por árbol. La recolección está ligada también con los factores de clima y suelo, a mejores condiciones climáticas y de suelo se obtienen más y mejores mazorcas por árbol.

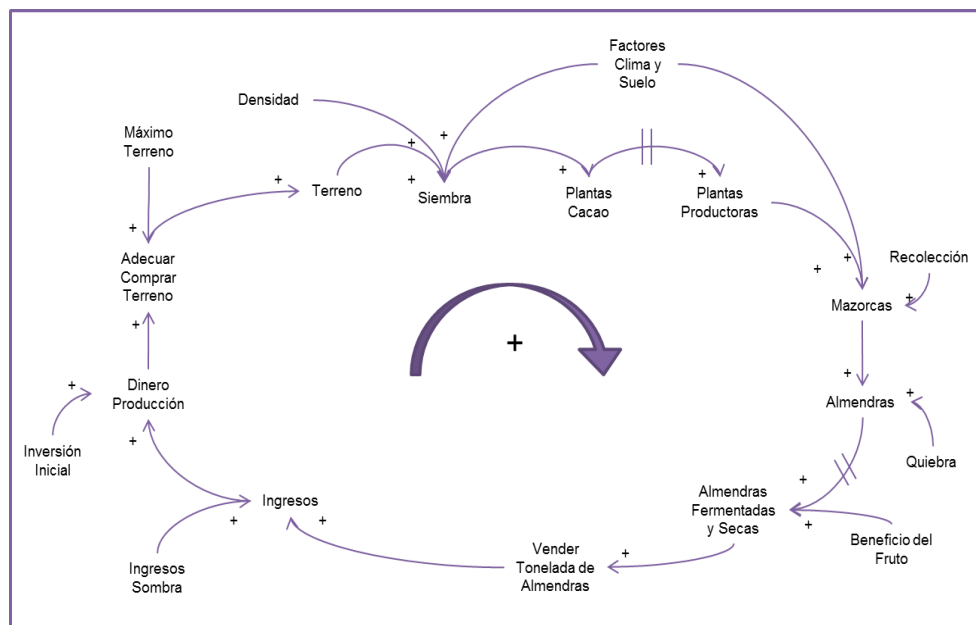
Seguido a la recolección se procede a quebrar las mazorcas, la quiebra consiste en partir las mazorcas y extraer las almendras de cacao; entonces a más quiebra de mazorcas se obtienen más almendras de cacao. Posteriormente, se realizan las actividades de beneficio del cacao, lo cual empieza la fermentación para obtener las características propias del chocolate como el olor, posteriormente con el secado para sacar el exceso de humedad y finalmente el proceso termina con la clasificación.

Terminado el beneficio del cacao se procede a vender las almendras fermentadas y secas a los comercializadores (acopiadores y comisionistas), estas ventas generan ingresos de tal manera que a mayor venta más ingresos, además de los ingresos por la producción de cacao, también se obtienen

ingresos por la sombra, estos ingresos son los que al inicio del cultivo ayudan a mantener los gastos de producción, debido a que los beneficios económicos del cultivo se observan siete años después de la siembra.

Los ingresos obtenidos por la venta de las almendras de cacao aumentan el dinero disponible para la producción de tal forma que se puede comprar/adecuar más terreno y este terreno se dispone para la siembra y nuevamente empezaría el ciclo de realimentación positiva.

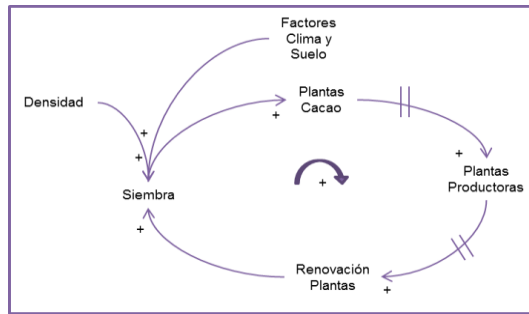
Figura 32. Diagrama de influencias de la producción



Fuente: Autor

Cuando las plantas alcanzan una edad mayor a 15 años la producción de mazorcas disminuye casi linealmente, la solución a esto es la renovación del cultivo, cambiando las plantas de mayor edad por plantas jóvenes, estas plantas nuevas, después de un tiempo se convierten en plantas productoras y aumentan de nuevo la producción de mazorcas.

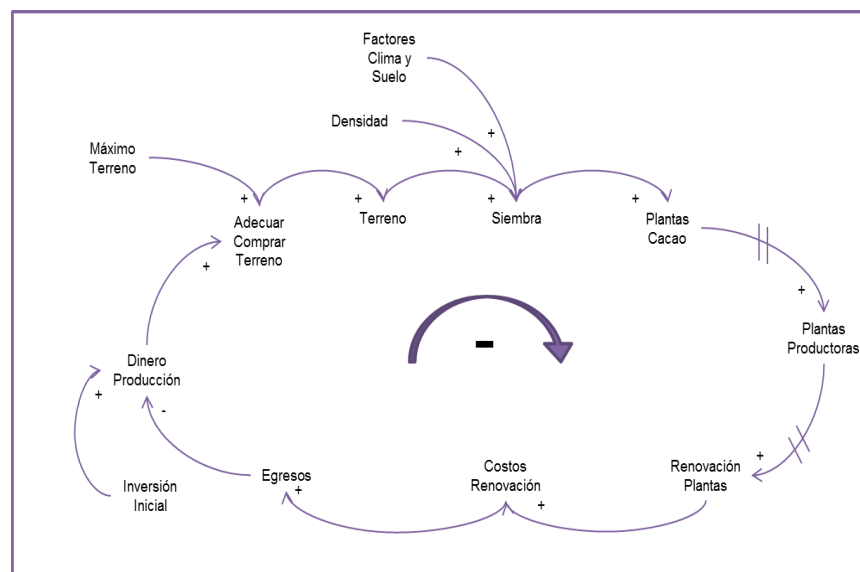
Figura 33. Diagrama de influencias de la renovación de las plantas



Fuente: Autor

La renovación mencionada tiene unos costos estos costos causan un egreso a mayor renovación mayor será el egreso, este egreso disminuye el dinero.

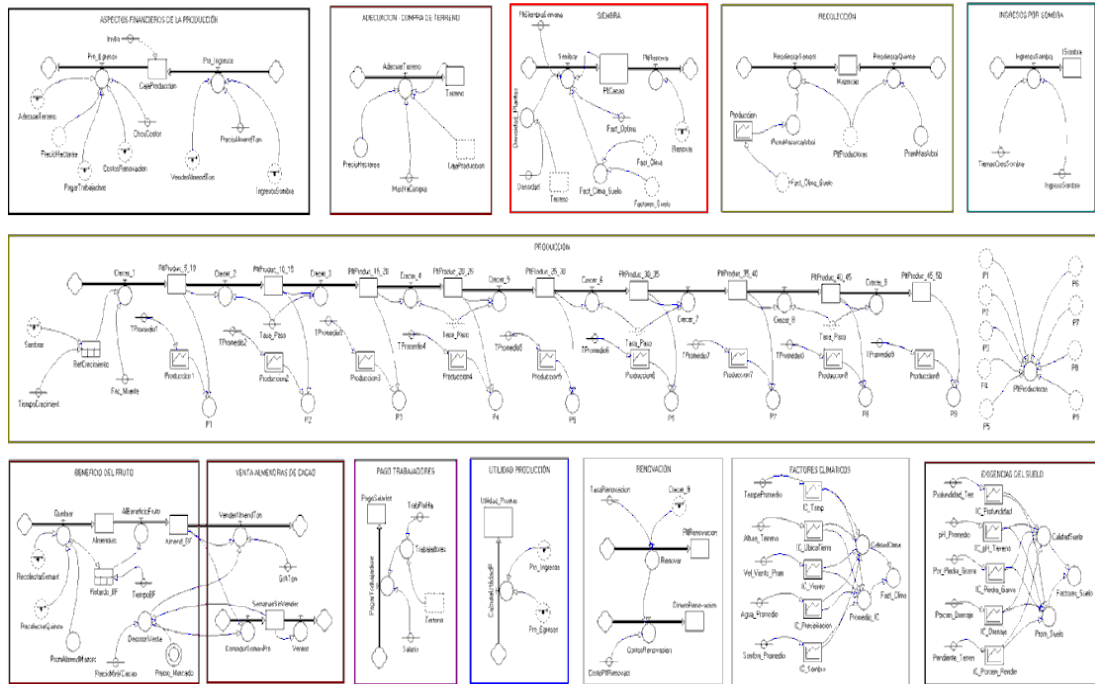
Figura 34. Diagrama de influencias de los costos de renovación del cultivo



Fuente: Autor

4.1.1.4 Diagrama de Flujo-Nivel. A continuación se muestra el diagrama de Flujo-Nivel contemplado en su totalidad y se ira explicando cada sector de forma desagregada.

Figura 35. Diagrama de Flujo-Nivel del eslabón de producción



Fuente: Autor

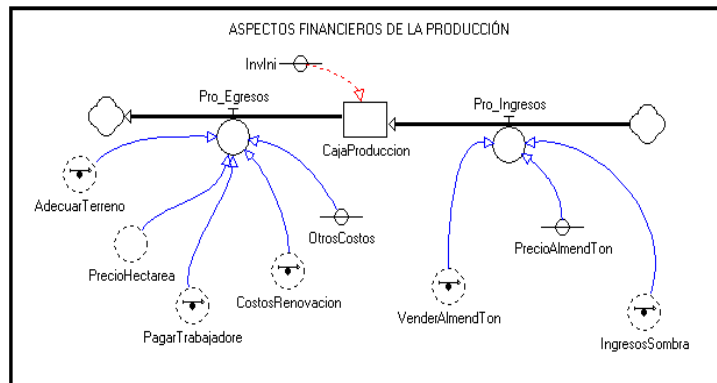
Explicación por sectores:

- Los aspectos financieros de la producción se resume en el flujo de dinero de la caja, esta se representa con un nivel. El dinero en la caja inicialmente empieza con una inversión inicial que puede ser un préstamo en un banco.

El dinero en la caja aumenta con los ingresos, a más ingresos más dinero en caja, los ingresos son los originados por la sombra y los originados por la venta de almendras y el precio al cual se venda cada tonelada de almendras.

Por el contrario, los egresos disminuyen el dinero en la caja, los egresos más significativos son la adecuación del terreno y el pago a los trabajadores.

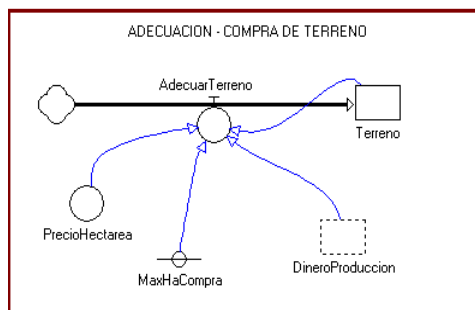
Figura 36. Diagrama de Flujo Nivel de los aspectos financieros



Fuente: Autor

- El terreno disponible para la siembra de las plantas de cacao se representa con un nivel, el cual se encarga de acumular el terreno comprado o adecuado. La compra/adecuación depende de dos factores principalmente, primero que haya dinero en caja (DineroProduccion) y segundo que el terreno disponible sea menor al objetivo (MaxHaCompra).

Figura 37. Diagrama de Flujo Nivel de la adecuación del terreno



Fuente: Autor

- Para la siembra de las plantas de cacao se debe realizar el respectivo estudio al terreno, para determinar qué tan apropiado es para el cultivo de cacao.

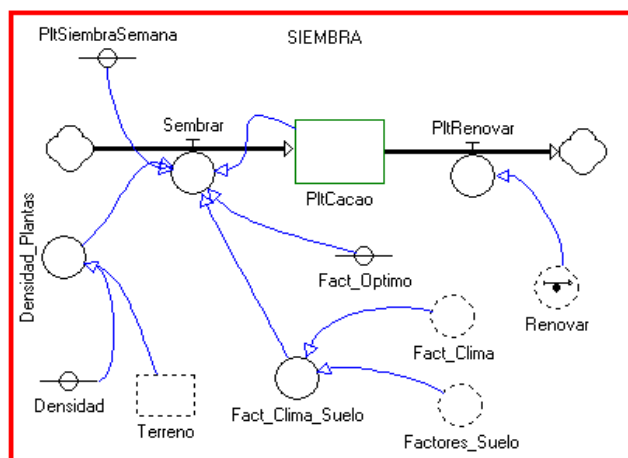
Los factores que se deben examinar son los climáticos (temperatura, altura, velocidad del viento, precipitación y la sombra) y de suelo (profundidad, pH, cantidad de piedras y gravas, pendiente y el drenaje), con base a estos se establece si es un terreno óptimo, intermedio o sin potencial para el cultivo; en

caso de no tener potencial para el cultivo la siembra no se realiza, mientras que si el estudio establece que es un terreno optimo o intermedio se realiza la siembra de las plantas.

La siembra de las plantas depende de la densidad poblacional por hectárea, del terreno y de las plantas ya sembradas, a más plantas sembradas se está más cerca de alcanzar la meta, la cual está dada por la multiplicación de la densidad poblacional y de la cantidad de terreno.

Finalmente, el otro aspecto que aumenta la siembra ocurre tiempo después cuando la planta ya alcanza una edad en la cual la producción es mínima y los costos de mantenimiento de la planta es mayor que los ingresos que esta genera. La renovación de las plantas, consiste en cortar la planta vieja, adaptar nuevamente el terreno y sembrar una nueva planta de cacao.

Figura 38. Diagrama de Flujo Nivel de la siembra



Fuente: Autor

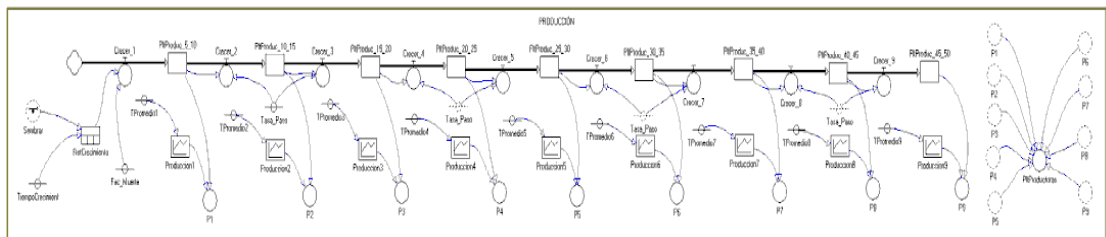
- El grado de la producción de las plantas de cacao varían dependiendo la edad de esta, lo dicho anteriormente se representa con una cadena de flujos y niveles los cuales representan el paso de una edad a otra, el paso de niveles tiene un retardo, el cual se representa con un parámetro.

El grado de producción del fruto de las plantas de cacao varía con el tiempo que tiene la planta y con la cantidad de plantas sembradas. Para determinar la

producción de las plantas se cuenta con una tabla la cual muestra como es la producción de una planta de cacao típica.

El grado de producción se obtiene al multiplicar la cantidad de plantas de una edad determinada y el porcentaje de la producción de esa edad. Finalmente, el grado de producción total es la suma de todas las etapas contempladas.

Figura 39. Diagrama de Flujo Nivel del grado de producción

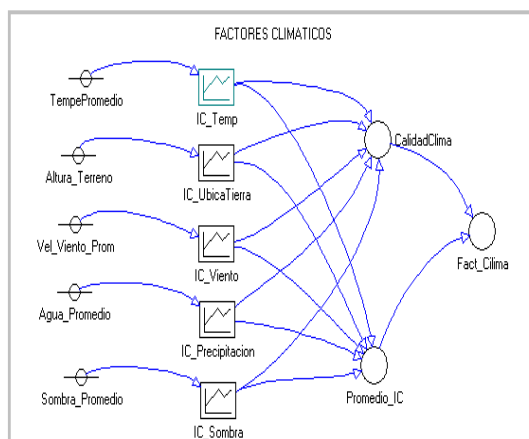


Fuente: Autor

- Los factores climáticos y las exigencias de suelos, entran a un multiplicador el cual determina el índice de calidad de cada factor, posteriormente se calcula un promedio del índice de calidad, solo si todos los factores se ubican en los rangos de óptimo e intermedios.

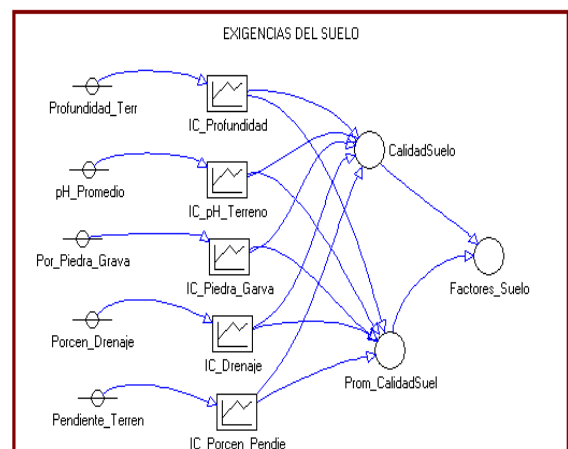
Tabla 7. Diagrama de Flujo-Nivel de los parámetros técnicos

Figura 40. Diagrama de Flujo-Nivel de los factores climáticos



Fuente: Autor

Figura 41. Diagrama de Flujo-Nivel de las exigencias del suelo



Fuente: Autor

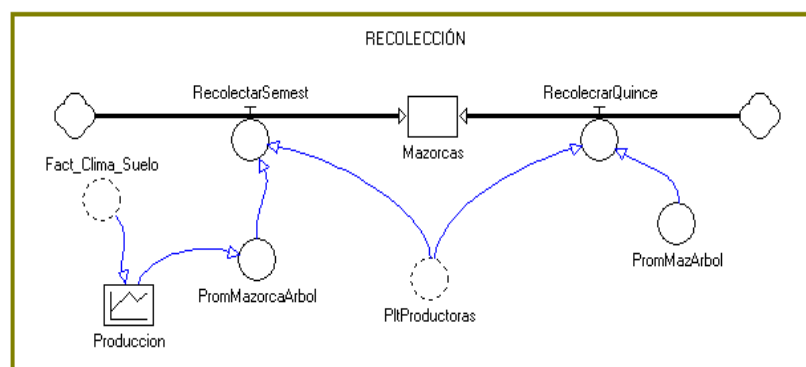
- Las mazorcas de cacao, es el fruto del árbol de cacao, este es representado como un nivel el cual tiene dos flujos de entrada, estos flujos son las recolecciones semestral y quincenal.

La recolección semestral es la recolección mayor en la cual se obtiene de 25 a 30 mazorcas por árbol, la obtención del número de mazorcas depende de los factores climáticos y de suelo, cuando estos son óptimos la producción de mazorcas es mayor.

La recolección quincenal es la recolección menor en donde se obtienen hasta 5 mazorcas por árbol.

La recolección en general se obtiene al multiplicar las plantas productoras y el promedio de las mazorcas por árbol.

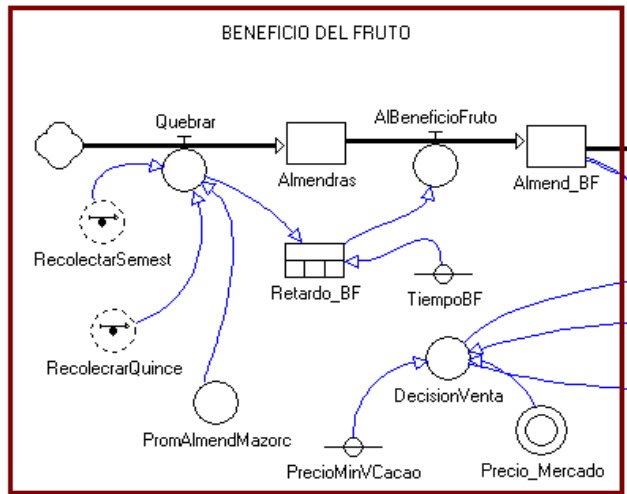
Figura 42. Diagrama de Flujo Nivel de la recolección



Fuente: Autor

- El beneficio del fruto, empieza con la quiebra de las mazorcas que se obtienen por la recolección (semestral y quincenal), al partir las mazorcas, se extrae el contenido y se obtienen las almendras. Las almendras pasan por un proceso llamado beneficio del fruto (fermentación, secado y clasificación), el cual se representa con un retardo, ya que es un proceso que tiene una duración de aproximadamente 4 semanas; pasado este tiempo, se obtienen almendras secas y fermentadas listas para vender a los comercializadores.

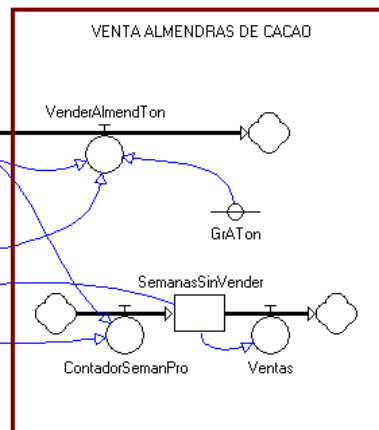
Figura 43. Diagrama de Flujo Nivel del beneficio del fruto



Fuente: Autor

- Las almendras que se obtiene después de realizado el proceso de beneficio del fruto son las almendras que se venden, pero las almendras no se venden por gramos sino por toneladas, es por eso que se realiza la conversión del peso promedio de una almendra de cacao a toneladas.

Figura 44. Diagrama de Flujo Nivel de la venta de las almendras de cacao

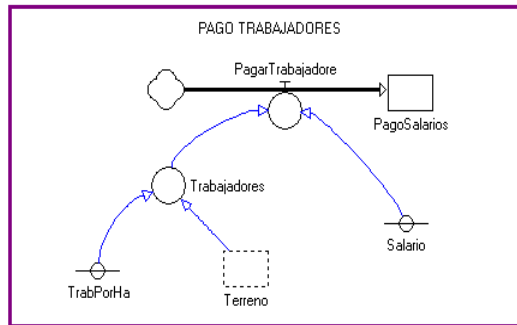


Fuente: Autor

- El número de los trabajadores necesarios para la siembra y mantenimiento del cultivo es determinado por la cantidad de terreno, ya que a más terreno se necesitan más trabajadores, a cada trabajador se le debe pagar un salario por las actividades realizadas.

De la multiplicación del salario y la cantidad de trabajadores se obtiene el valor del pago que se debe realizar.

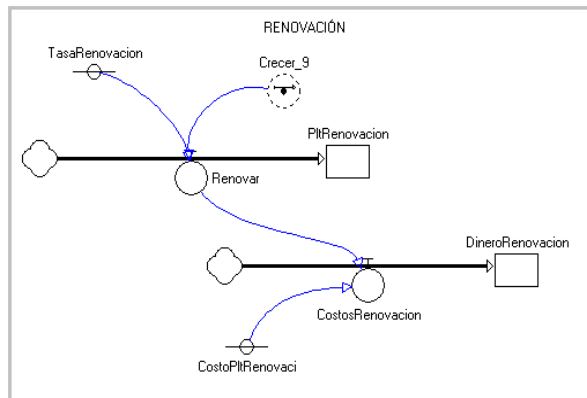
Figura 45. Diagrama de Flujo Nivel del pago a los trabajadores



Fuente: Autor

- La renovación de las plantas de mayor edad se realiza de acuerdo a una tasa de renovación. A mayor tasa de renovación más plantas serán renovadas. Esta renovación de plantaciones tiene un costo el cual depende del número de plantas a renovar y del costo de la renovación de una planta.

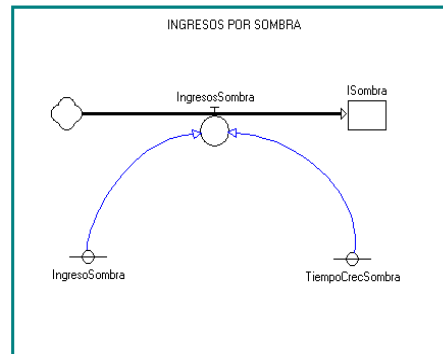
Figura 46. Diagrama de Flujo Nivel de la renovación



Fuente: Autor

- El flujo de los ingresos generados por la sombra se ve afectado por el tiempo que tarda la planta en empezar la producción y los ingresos recibidos por la venta de la producción.

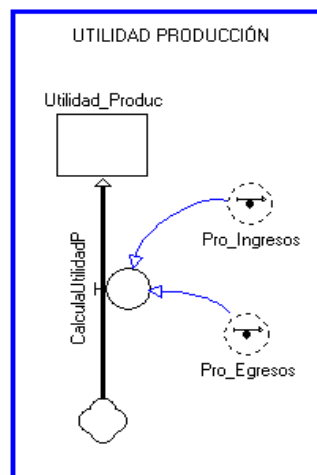
Figura 47. Diagrama de Flujo Nivel de los ingresos por la sombra



Fuente: Autor

- La utilidad se calcula como se hace contablemente, realizando la resta de los ingresos y los egresos.

Figura 48. Diagrama de Flujo-Nivel de la utilidad



Fuente: Autor

4.1.1.5 Ecuaciones. Las ecuaciones del prototipo de producción se encuentran adjuntas en el ANEXO A

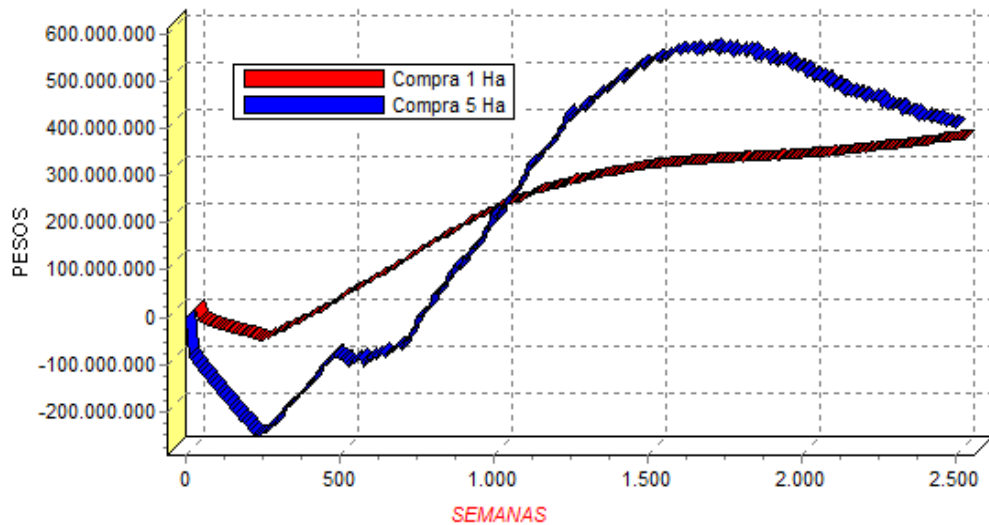
4.1.1.6 Comportamientos. A continuación se describirán los comportamientos obtenidos para el primer prototipo La unidad de tiempo usada para la simulación representa una semana.

Las condiciones iniciales para la producción, son la inversión inicial de \$100.000.000 Mcte., se espera comprar 5 hectáreas y sembrar en cada hectárea 1000 plantas de cacao, el terreno tiene condiciones óptimas para el cultivo de cacao, el tiempo de crecimiento de las plantas es de 260 semanas (5 años) es decir que es una variedad tipo criolla o forastera, con una tasa de renovación del 100%.

Las siguientes simulaciones muestran la utilidad obtenida en la producción variando los diferentes parámetros.

La Figura 49, muestra la Figura 1. Estructura general de una cadena productiva. utilidad para dos posibles escenarios, el primero plantea comprar una hectárea e invertir en la renovación cuando sea necesario; mientras que el segundo escenario plantea comprar cinco hectáreas y no realizar renovación de las plantas. La utilidad, para el primer escenario durante los primeros 20 años (1040 semanas), la utilidad es mayor en consideración con el segundo, esto se debe a que inicialmente la compra es mayor, y si con la inversión inicial no alcanzo a comprar las 5 hectáreas, apenas aumenten los ingresos invertirá en la compra, es por esto que antes de llegar a los 10 años (500 semanas), en donde las primeras plantas ya están produciendo se realiza otra compra de terreno y la utilidad baja un poco. Después de los 20 años y hasta los 40 años, la utilidad es mayor para el cultivo de 5 hectáreas como era de esperarse; pero después de los 40 años, como no se realiza renovación a las plantas, esta producción disminuye notablemente, mientras que para el cultivo de una hectárea la producción se mantiene con un pequeño aumento durante el tiempo.

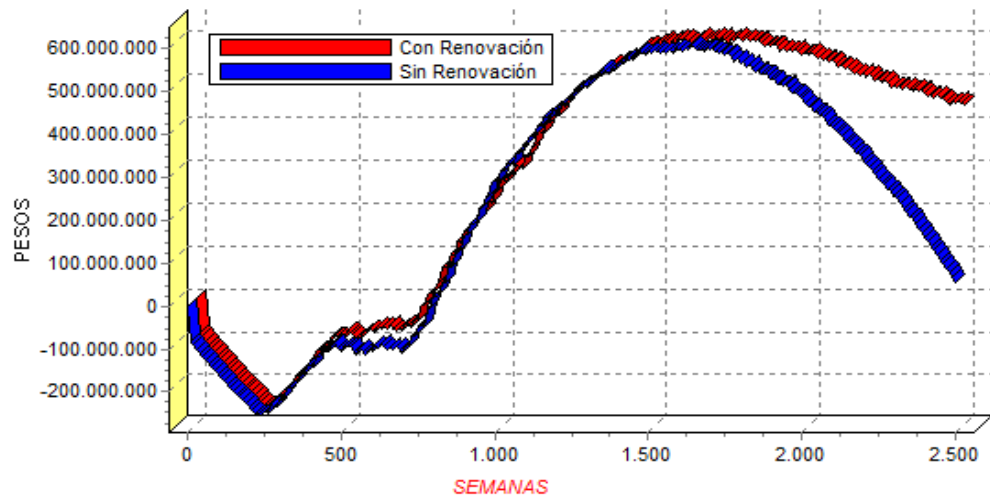
Figura 49. Utilidad obtenida variando la cantidad de terreno a comprar y la tasa de renovación



Fuente: Autor

La Figura 50 muestra la utilidad obtenida, con la presencia y ausencia de la renovación de las plantaciones. La renovación de las plantas de cacao consiste en cortar las plantas cuyo costo de mantenimiento es mayor a la producción. Las plantas de cacao tienen una producción máxima hasta los 20 años, después de este tiempo el nivel de producción decae hasta alcanzar el 10% de su producción. La renovación de las plantas inicia al terminar el máximo nivel productivo, es decir a los 20 años, la renovación hace que el nivel productivo decaiga debido a que se debe esperar nuevamente 5 años hasta que la planta alcance nuevamente su máximo nivel productivo.

Figura 50. Utilidad con renovación y sin renovación



Fuente: Autor

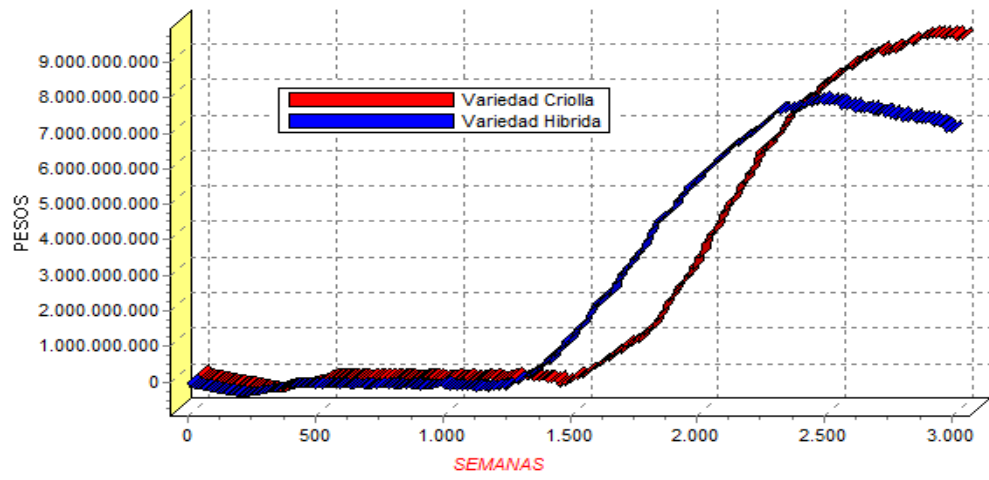
Figura 51 muestra la utilidad de la producción utilizando diferentes variedades de cacao ya sea criollo¹⁴ o forastero¹⁵, los cuales requieren de 5 años para empezar la producción, o una variedad de cacao trinitario¹⁶, este tipo de cacao requiere menos tiempo para empezar la producción. La variedad híbrida tiene un costo mas bajo con respecto a las otras variedades, es por esto que las utilidades de la variedad criolla son mayores a las de la variedad híbrida.

¹⁴ De ellos se obtiene el cacao de mayor calidad, pero su producción representa menos de un 10% del total mundial. Se cultivan en México, Nicaragua, Venezuela, Colombia y Madagascar.

¹⁵ Son los cacaos más corrientes; su producción alcanza el 70% del total mundial. Se cultivan en Ghana, Nigeria Costa de Marfil, Brasil, Costa Rica, República Dominicana, Colombia, Venezuela y Ecuador.

¹⁶ Son híbridos obtenidos a partir de las variedades criollas y forasteras, pero con un rendimiento superior a éstas. Además, son más resistentes a las enfermedades que los criollos y tienen un aroma más fino que los forasteros. Actualmente representan el 20% de la producción mundial. Se cultivan básicamente en las mismas zonas productoras de cacao criollo.

Figura 51. Utilidad Obtenida para dos variedades de cacao



Fuente: Autor

4.1.2 Segundo Prototipo – Eslabón de Comercialización

El segundo prototipo contempla el eslabón de comercialización del grano de cacao (las almendras).

4.1.2.1 Propósito. El objetivo del segundo prototipo es mostrar la dinámica de la compra y la venta de las almendras de cacao.

4.1.2.2 Lenguaje en Prosa. La actividad de comercialización de grano de cacao es de vital importancia dentro de la cadena productiva ya que estos son los encargados de acercar la producción del agricultor a la industria procesadora de alimentos.

La comercialización del cacao se lleva a través de asociaciones de productores, acopiadores, comisionistas y exportadores. Los tres primeros suministran cacao para el mercado nacional, mientras que los exportadores lo hacen para el mercado internacional y solo cuando existen excedentes del grano y el precio internacional es atractivo para los vendedores.

Tabla 8. 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: CORPOICA, 2003	

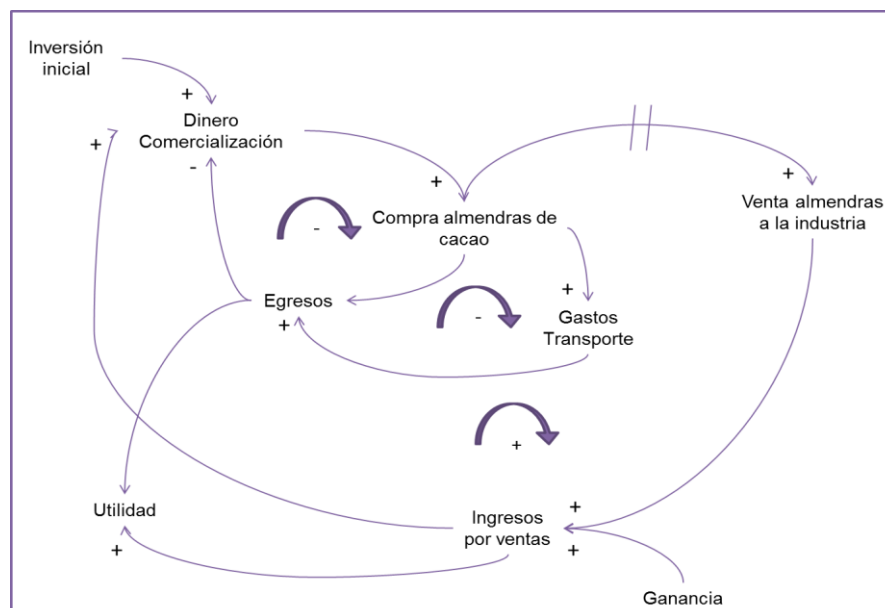
El precio pagado por las almendras de cacao depende del tamaño del grano, el grado de fermentación, humedad, impurezas, contenido de la pasilla y presencia de plagas.

Para el pago del cacao, se basa en la norma técnica colombiana 1252, la cual proporciona las especificaciones que debe cumplir el grano para su procesamiento para el consumo humano. La norma busca el pago del grano por calidad y rendimientos del mismo. De la misma forma se ha establecido un premio de 5% del precio normal para las cargas que superen los requerimientos establecidos en la norma, especialmente en lo referente a limpieza, secado, fermentación y tamaño del grano.

Los precios pagados por los comisionistas responden a los determinados por las grandes industrias procesadoras del grano, las cuales han determinado vincular el precio interno con el precio del mercado internacional, de esta forma el precio interno corresponde aproximadamente al 88% - 90% del precio en la bolsa de Nueva York.

4.1.2.3 Diagrama de influencias. A continuación se muestra el diagrama de influencias contemplado en su totalidad y posteriormente se ira explicando cada ciclo independientemente.

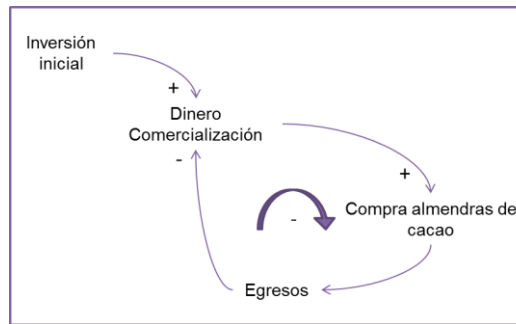
Figura 52. Diagrama de Influencias del Eslabón de Comercialización



Fuente: Autor

Tomando como punto de partida la inversión inicial del comercializador, el cual aumenta el dinero de comercialización, el dinero de la comercialización es con el que se cuenta para empezar las compras de almendras de cacao, esta compra causa un egreso y disminuye el dinero de la caja.

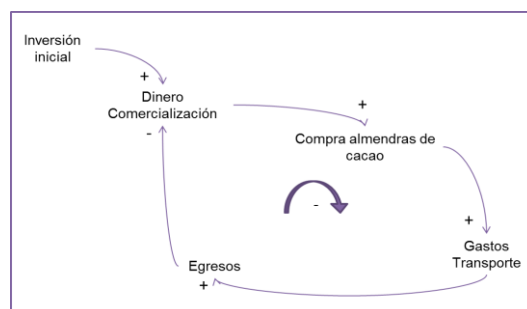
Figura 53. Diagrama de Influencias de la compra de almendras



Fuente: Autor

La inversión inicial aumenta el dinero de la caja, con este dinero se compra las almendras al productor, esta compra aumenta las almendras, y estas deben ser transportadas hasta la industria procesadora o hasta una bodega, este transporte genera un gasto que a su vez causa un egreso el cual disminuye el dinero en caja.

Figura 54. Diagrama de influencias del pago de transporte

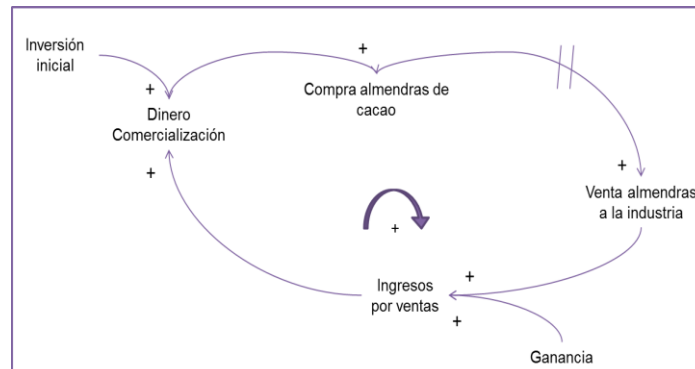


Fuente: Autor

Las almendras compradas por los comercializadores posteriormente son vendidas a la industria procesadora de alimentos, esta venta se puede realizar inmediatamente o se puede almacenar hasta que el precio sea atractivo.

La venta de las almendras genera ingresos por ventas. Los ingresos aumentan por la ganancia por tonelada vendida. Los ingresos aumentan el dinero en caja de tal forma que se puede continuar la dinámica de la compra y la venta de las almendras.

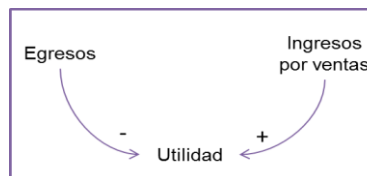
Figura 55. Diagrama de Influencias de la venta de almendras



Fuente: Autor

Finalmente, la utilidad se calcula cómo se hace contablemente, realizando la resta de los ingresos y los egresos.

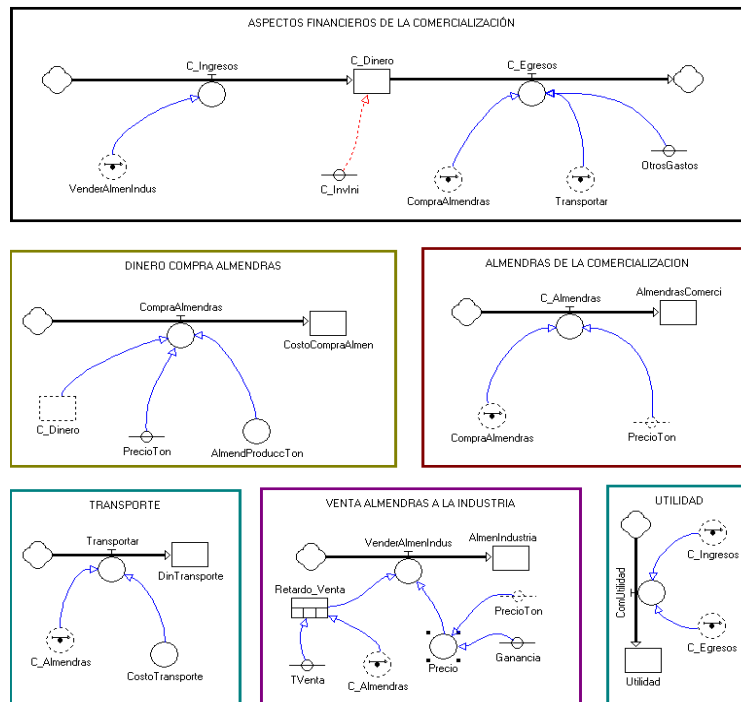
Figura 56. Diagrama de influencias de las utilidades



Fuente: Autor

4.1.2.4 Diagrama de flujo- nivel. A continuación se muestra el diagrama de Flujo-Nivel del eslabón de comercialización.

Figura 57. Diagrama Flujo-Nivel Eslabón de Comercialización



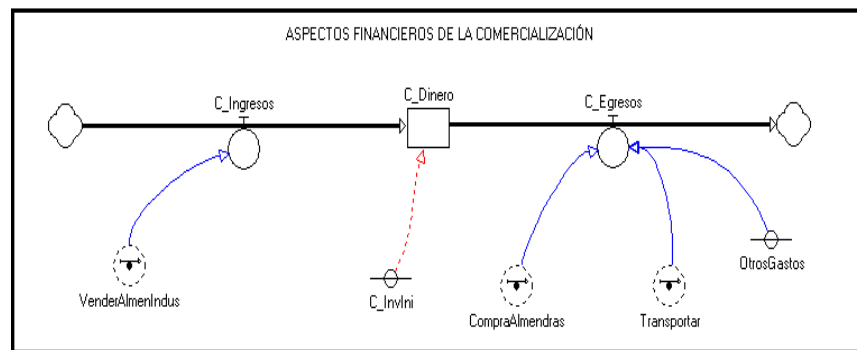
Fuente: Autor

Explicación por sectores:

- El primer sector del modelo del eslabón de comercialización es el de los aspectos financieros, en este sector se encuentra un nivel llamado C_Dinero, este nivel empieza con un valor inicial llamado C_Inversion, que es la inversión inicial realizada por el comercializador, este dinero se va a invertir en la compra de las almendras de cacao al productor.

Este nivel tiene dos flujos uno de entrada y otro de salida, el flujo de salida corresponde a los egresos o gastos que tiene el comercializador en este caso en particular como solo se esta trabajando con cacao, el principal egreso es producido por la compra de las almendras de cacao, el costo que tiene el transporte de estas y otros gastos adicionales que se puedan generar; mientras que el flujo de entrada son los ingresos, estos ingresos se generan a medida que el productor vende las almendras de cacao a la industria procesadora, a las pequeñas empresas o lo exporta.

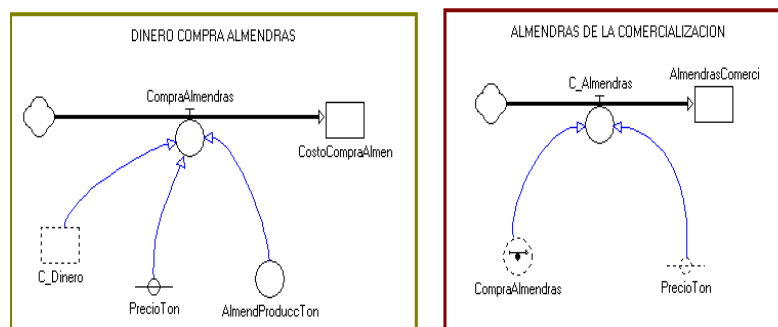
Figura 58. Diagrama de Flujo-Nivel de los aspectos financieros de la comercialización



Fuente: Autor

- La compra de las almendras de cacao depende de: el dinero disponible en la caja, la producción de almendras y del precio. Teniendo estos tres datos el comercializador procede a comprar las almendras de cacao. El primer sector “Dinero compra almendras” corresponde al dinero gastado en la compra de las almendras, mientras que el segundo sector “Almendras de comercialización” corresponde a la cantidad de toneladas que el comercializador compra.

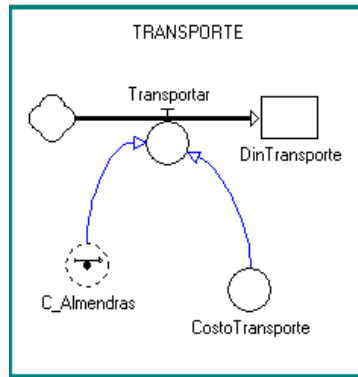
Figura 59. Diagrama de Flujo-Nivel de la compra de almendras



Fuente: Autor

- Las almendras de cacao después de la compra debe ser transportada hasta la bodega o lugar en donde va a ser almacenada, este traslado tiene un costo que depende de la cantidad a ser transportada, es decir a mas toneladas de cacao el costo será mayor.

Figura 60. Diagrama de Flujo- Nivel del transporte

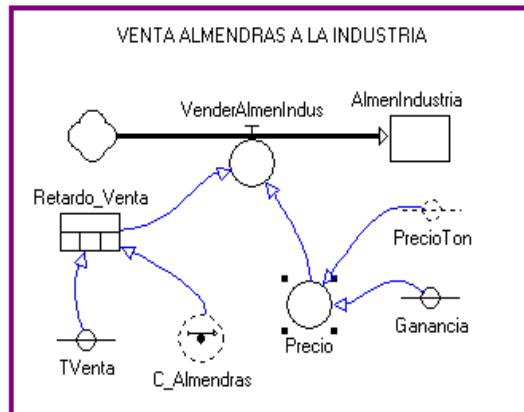


Fuente: Autor

- Las almendras de cacao por sus propiedades de conservación, permiten ser almacenadas a la espera de mejores condiciones de mercado para su venta, esto es representado por un retardo.

El precio al cual se venden las almendras de cacao depende del precio al cual compro las almendras y de la ganancia esperada.

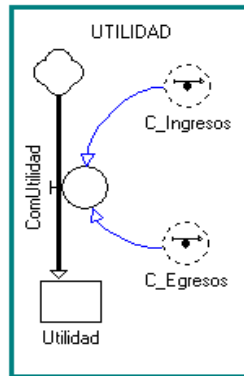
Figura 61. Diagrama de Flujo-Nivel de la venta de las almendras



Fuente: Autor

- La utilidad se calcula como se hace contablemente realizando la resta entre ingresos y egresos.

Figura 62. Diagrama de Flujo-Nivel de la utilidad



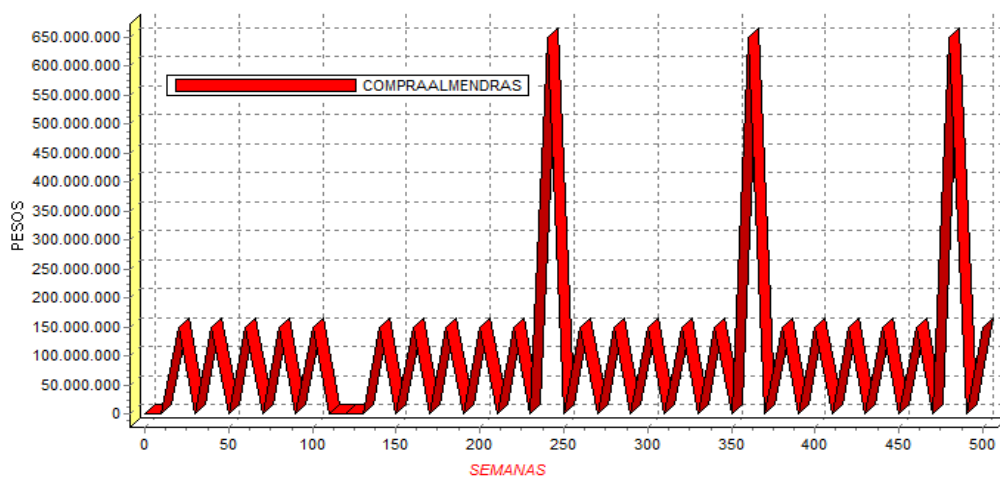
Fuente: Autor

4.1.2.5 Ecuaciones. Las ecuaciones del prototipo de comercialización se encuentran adjuntas en el ANEXO B.

4.1.2.6 Comportamientos. A continuación se describirán los comportamientos obtenidos para el segundo prototipo. La unidad de tiempo usada para la simulación representa una semana.

La dinámica de la compra de las almendras por parte del comercializador depende de la producción, la figura muestra los dos tipos de cosechas.

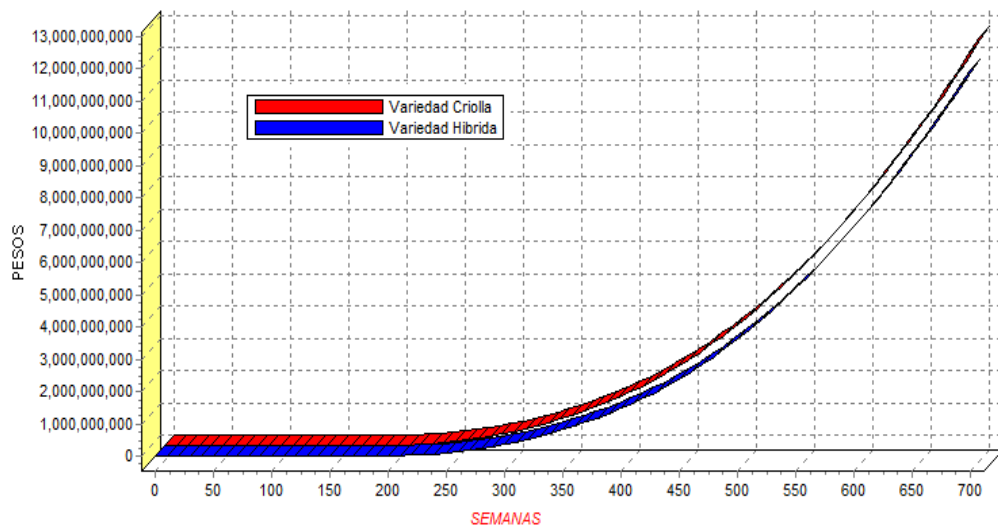
Figura 63. Compra de Almendras



Fuente: Autor

La utilidad del eslabón de comercialización utilizando dos variedades de cacao, se observa que el comportamiento son muy parecidos y que la variedad criolla tiene un mejor precio en el mercado, pero debido a que su producción en el mundo es muy baja el precio de variedades híbridas aumenta, por lo cual las diferencias en el precio no son tan notorias.

Figura 64. Utilidad del eslabón de comercialización para dos variedades de cacao



Fuente: Autor

4.1.3 Tercer Prototipo – Proceso Industrial

El tercer prototipo refleja el proceso por el cual pasa el fruto de cacao hasta obtener chocolate semi-elaborado.

4.1.3.1 Propósito. El objetivo del tercer prototipo es brindar información acerca del proceso industrial por el cual pasan las almendras de cacao hasta convertirse en chocolate de mesa o chocolate en barra.

4.1.3.2 Lenguaje en prosa. Las industrias procesadoras de chocolate en Colombia más importantes son la Compañía Nacional de Chocolates y Casa Luker, las cuales procesan alrededor del 90% del cacao.

Estas industrias cuentan con un variado portafolio de productos desde el cacao en grano, productos intermedios y finales.

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

Los productos que se obtienen de las almendras del cacao son: Licor de cacao, Manteca de cacao¹⁷, Pasta de cacao y Cacao en polvo como productos intermedios y el chocolate de mesa, cobertura de chocolate, chocolate granulado y confites de chocolate.

El proceso industrial de chocolate es la molturación, que consiste en la trituración de la almendra de cacao en partículas de diferentes tamaños, separables entre sí por medios mecánicos, para luego pasar a la trituración de la almendra a través de la utilización de diferentes herramientas como rodillos estriados hasta conseguir una masa fina y homogénea que se denomina pasta o licor de cacao, el cual se dirige principalmente a la producción de chocolates.

¹⁷ Además de los usos tradicionales en la producción de chocolate y confitería, la manteca de cacao se utiliza también en la producción de tabaco, jabón y cosméticos. En medicina tradicional es un remedio para las quemaduras, la tos, los labios secos, la fiebre, la malaria, entre otros. (GUTIERREZ, 2009).

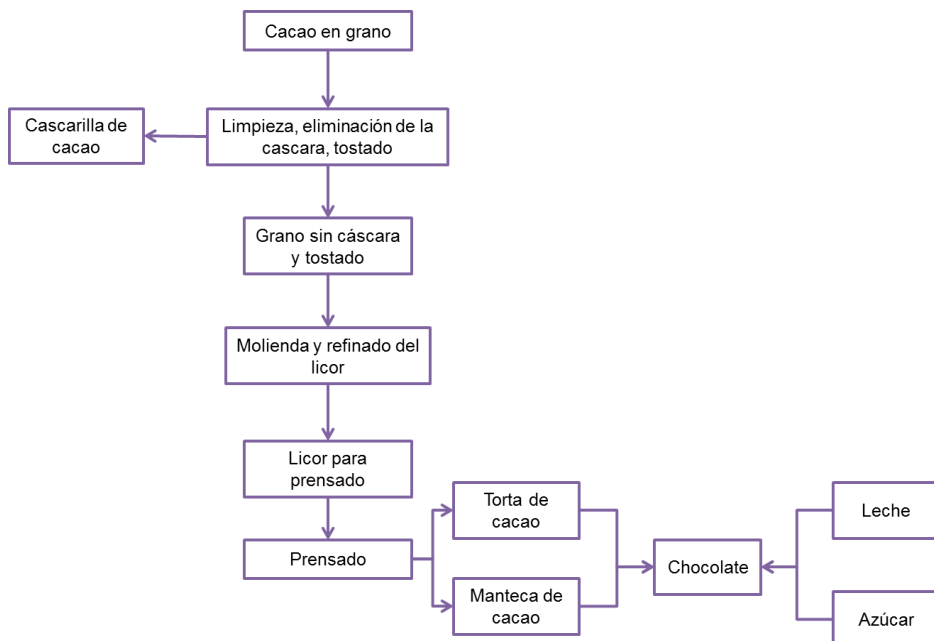
El licor de cacao se somete a un proceso de filtración mediante el cual se separa las tortas, o sólidos de cacao, de la manteca de cacao (líquido). En promedio con 1.000 kilos de cacao en grano se obtienen 800 de licor de cacao.

Posteriormente siguen las fases de prensado¹⁸ y amasado. El resultado de este proceso es la manteca de cacao y la torta de cacao. Así, de los 800 kilos mencionados de licor se obtienen cerca de 377 kilos de manteca y 423 de torta, en promedio (Camargo, 2002).

Finalmente, para conseguir chocolate de mesa se debe mezclar manteca de cacao, torta de cacao, leche y azúcar, hasta conseguir una mezcla homogénea.

La siguiente figura muestra un esquema del proceso industrial hasta llegar al chocolate de mesa.

Figura 65. Proceso industrial del cacao

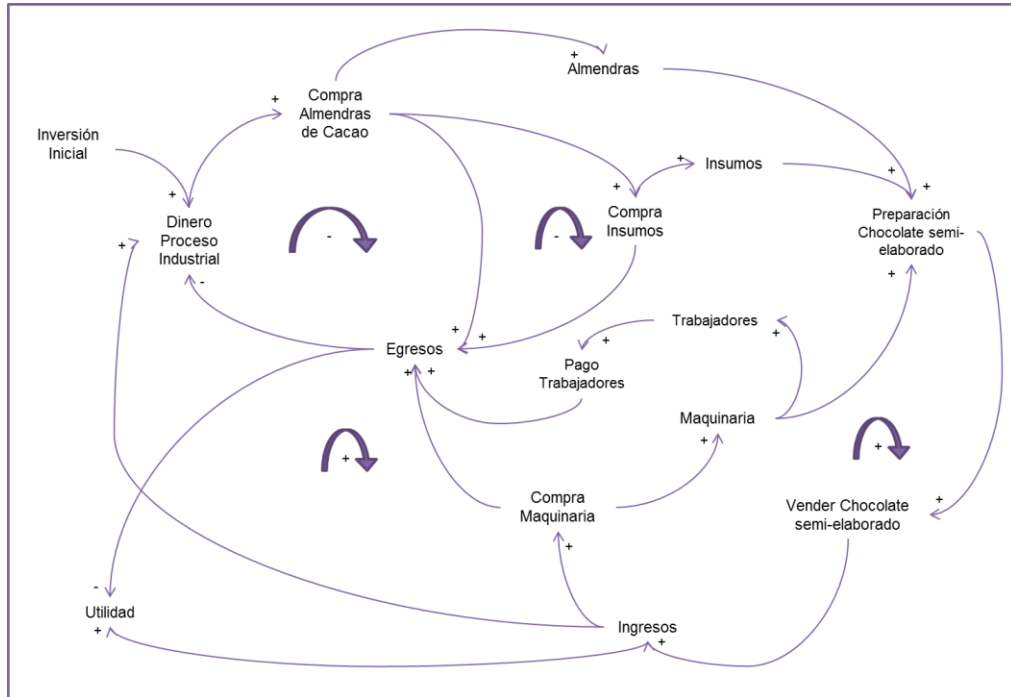


Fuente: MARTÍNEZ, 2005

¹⁸ . El prensado es el proceso donde la pasta de cacao es desengrasada utilizando prensas horizontales, las cuales contienen cámaras que son llenadas por bombeo de pasta de cacao.

4.1.3.3 Diagrama de Influencias. A continuación se muestra el diagrama de influencias contemplado en su totalidad y posteriormente se ira explicando cada ciclo independientemente.

Figura 66. Diagrama de Influencias del proceso industrial

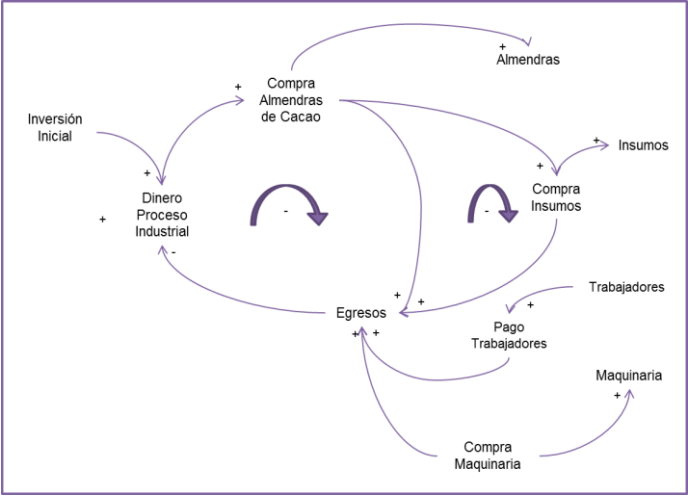


Fuente: Autor

Tomando como punto de partida la inversión inicial la cual aumenta el dinero en caja, con este dinero se empieza la compra de almendras de cacao esta compra aumenta las almendras que es la materia prima para la preparación del chocolate, dependiendo la compra de las almendras se debe comprar los insumos esta compra dos compras causan egresos los cuales a su vez disminuyen el dinero en la caja.

Otros egresos son los causados por el pago a los trabajadores y la compra de maquinaria, el pago y la compra disminuyen el dinero en la caja.

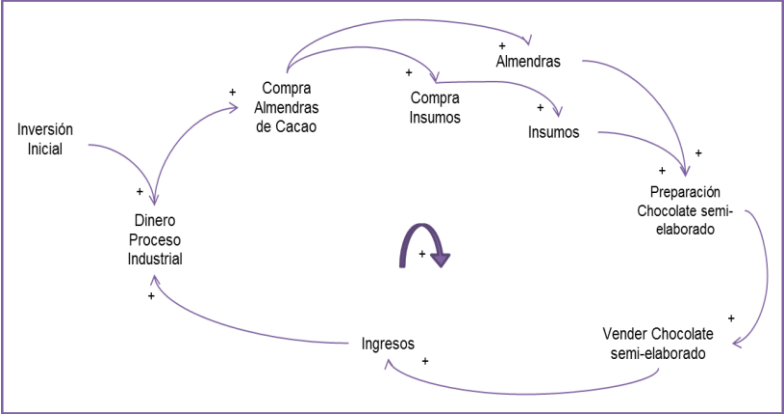
Figura 67. Diagrama de influencias de las compras



Fuente: Autor

Con las almendras de cacao empieza el proceso de transformación con el tostado del cacao para obtener licor de cacao y posteriormente el chocolate. La preparación del chocolate depende de la cantidad de cacao que contenga ya que esta determina la cantidad de leche y azúcar (insumos). La venta de chocolate en barra genera ingresos, estos ingresos aumentan el dinero en la caja.

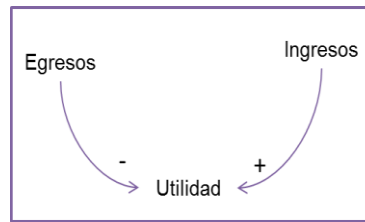
Figura 68. Diagrama de influencias de la preparación de chocolate



Fuente: Autor

Finalmente, las utilidades se calculan realizando la resta de los ingresos y los egresos.

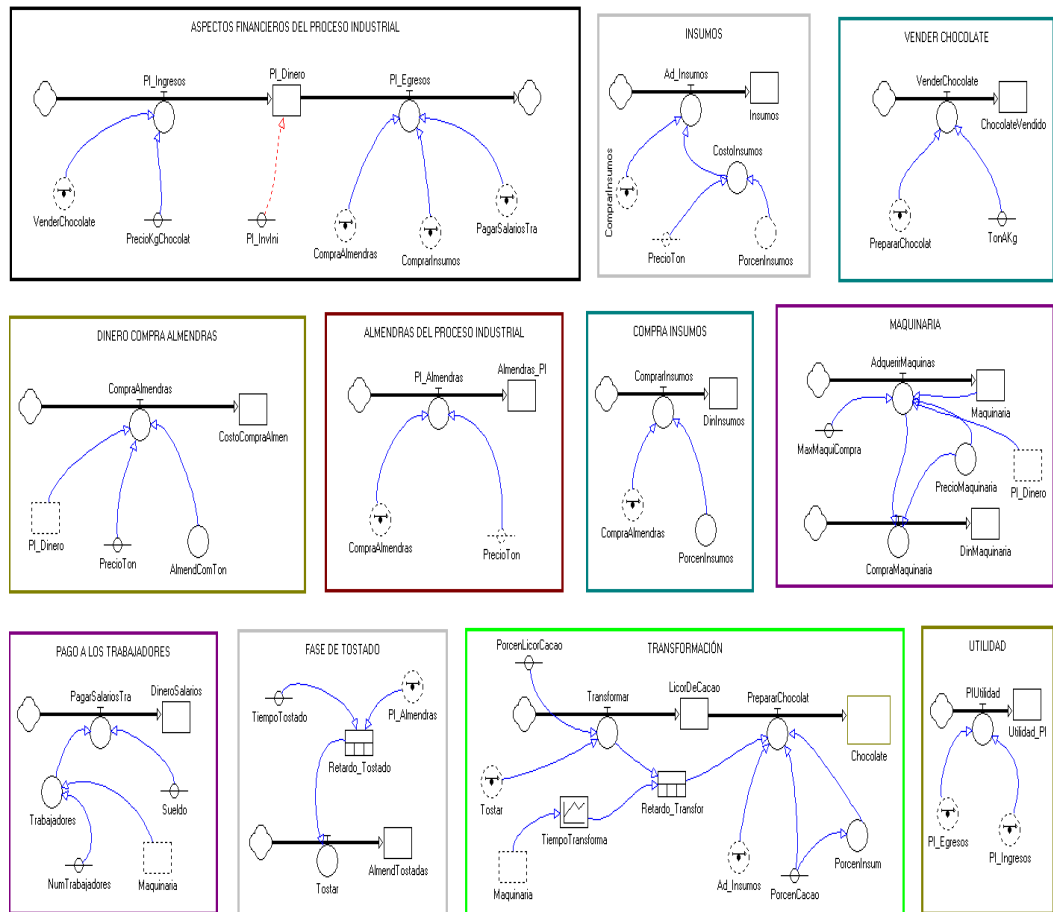
Figura 69. Diagrama de influencias de las utilidades



Fuente: Autor

4.1.3.4 Diagrama de Flujo-Nivel. A continuación se muestra el diagrama de Flujo-Nivel del eslabón de proceso industrial completo:

Figura 70. Diagrama de flujo-nivel del proceso industrial



Fuente: Autor

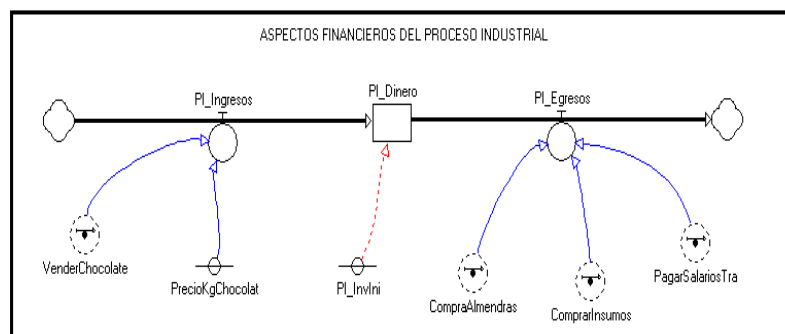
Explicación por sectores:

- Los aspectos financieros del proceso industrial en el flujo de dinero de la caja, esta se representa con un nivel. El dinero en la caja inicialmente empieza con una inversión inicial que puede ser un préstamo en un banco.

El dinero en la caja aumenta con los ingresos, a más ingresos más dinero en caja, los ingresos son los originados por la venta del chocolate de mesa o chocolate en barra.

Por el contrario, los egresos disminuyen el dinero en la caja, los egresos más significativos es el de la compra de las almendras de cacao, el pago a los trabajadores y la compra de insumos.

Figura 71. Diagrama de Flujo-Nivel de los aspectos financieros del proceso industrial

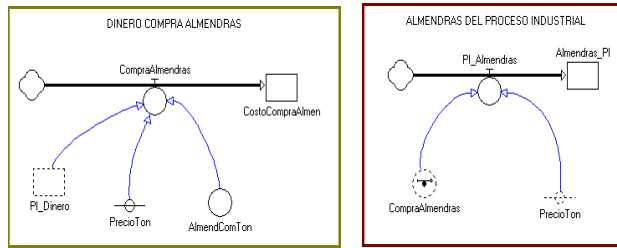


Fuente: Autor

- Para el sector de compra de almendra, se verifica que el dinero de la caja sea mayor al costo de las almendras que tiene el comercializador y finalmente se procede a la compra de las mismas.

Estas almendras pasan a un nivel de almendras de la producción y son las que se utilizan para la preparación del chocolate de mesa o chocolate de barra.

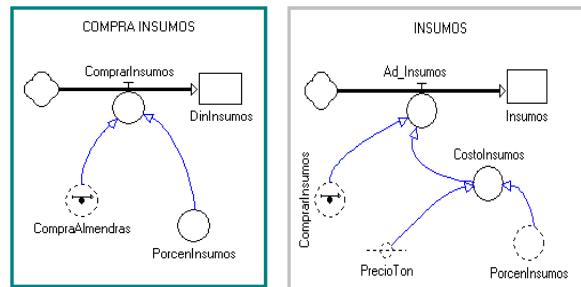
Figura 72. Diagrama de Flujo-Nivel de la compra de almendras



Fuente: Autor

- Para la preparación del chocolate se necesitan a demás de las almendras de cacao leche y azúcar, la compra de los insumos aumentan los insumos disponibles para la preparación del chocolate.

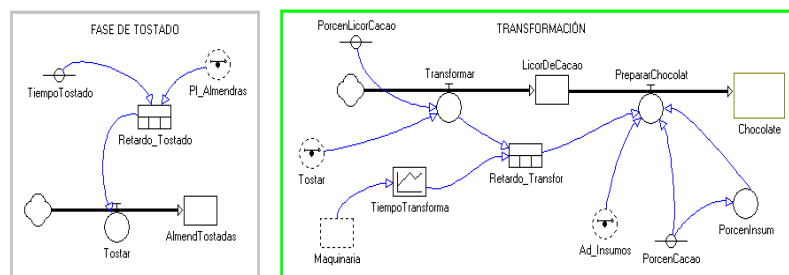
Figura 73. Diagrama de Flujo-Nivel de los insumos



Fuente: Autor

- Para la preparación del chocolate se empieza con la fase de tostado y la posterior transformación que consiste en realizar la mezcla del licor de cacao con leche y azúcar en diferentes cantidades dependiendo el porcentaje de cacao que va a tener el chocolate.

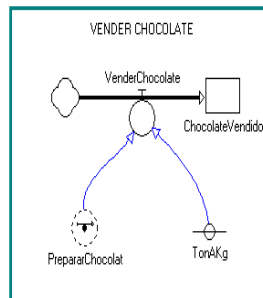
Figura 74. Diagrama de Flujo-Nivel de la transformación



Fuente: Autor

- El principal ingreso del eslabón de proceso industrial se produce por la venta del chocolate de mesa o chocolate en barra.

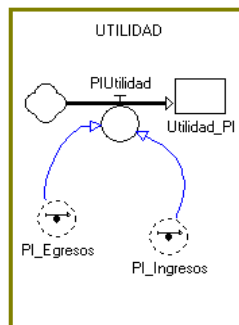
Figura 75. Diagrama de Flujo-Nivel de la venta de chocolate



Fuente: Autor

- La utilidad se calcula como se realiza contablemente, restando los egresos a los ingresos.

Figura 76. Diagrama de Flujo-Nivel de la utilidad



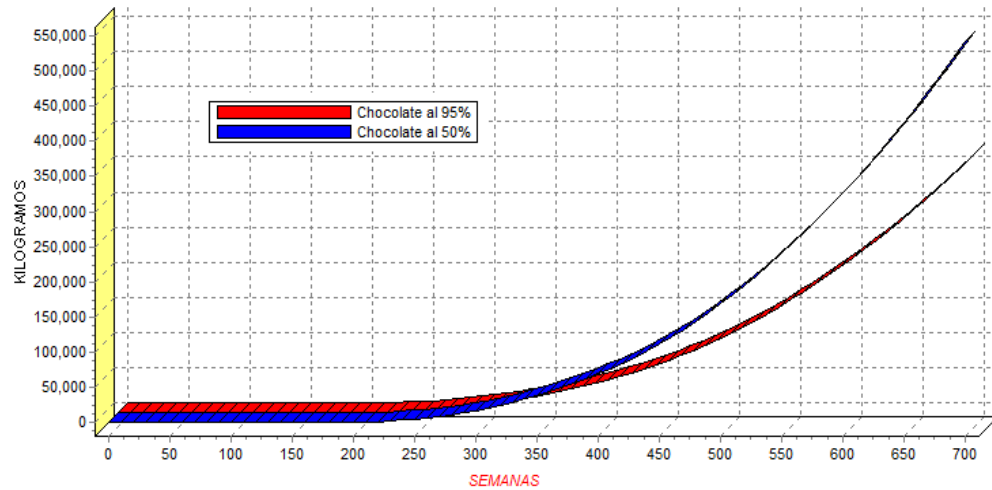
Fuente: Autor

4.1.3.5 Ecuaciones. Las ecuaciones del prototipo de proceso industrial se encuentran adjuntas en el ANEXO C.

4.1.3.6 Comportamientos. A continuación se describirán los comportamientos obtenidos para el tercer prototipo. La unidad de tiempo usada para la simulación representa una semana.

La figura muestra dos variedades de chocolates semi-elaborados, una tiene el 95% de cacao, mientras que la otra tiene el 50% de contenido de cacao.

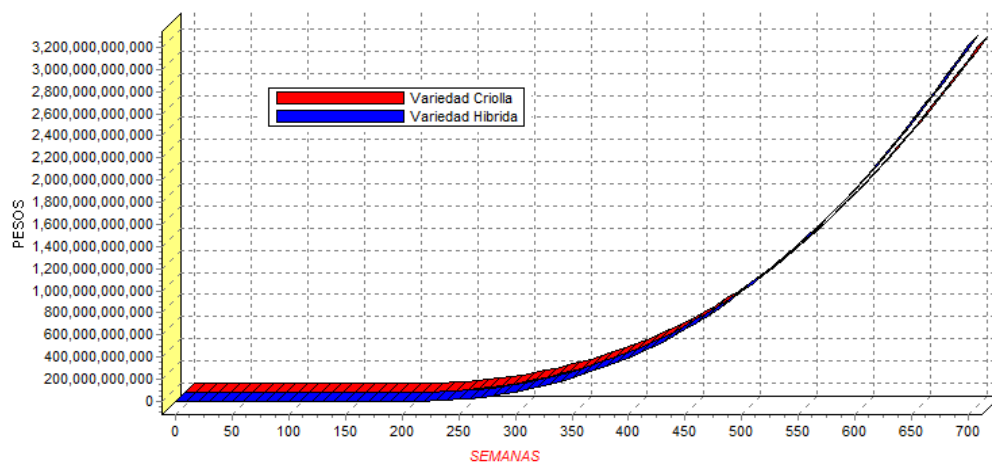
Figura 77. Chocolate



Fuente: Autor

La utilidad del proceso industrial para las variedades de chocolate anteriores con el 95% y 50% de cacao, muestra que aunque se obtiene más kilogramos de chocolate semi-elaborado al 50% las utilidades son iguales.

Figura 78. Utilidad del proceso industrial para dos variedades de chocolates



Fuente: Autor

4.1.4 Cuarto Prototipo – Cadena Productiva

El cuarto prototipo integra los eslabones de la cadena productiva del cacao (producción, comercialización y proceso industrial)

4.1.4.1 Propósito. El objetivo del cuarto prototipo es observar el comportamiento de la cadena productiva.

4.1.4.2 Lenguaje en Prosa. “El cacao es uno de los productos que cuentan con ventajas en Colombia debido a sus condiciones naturales para su producción, esto es, porque se cuentan con las características agroecológicas en términos de clima y suelos para su óptima producción. Además una porción de cacao cultivada es catalogada como cacao fino y de aroma, lo cual lo hace codiciado para la producción de chocolates finos.”¹⁹

La mayor parte de la producción de cacao es demandada por la industria procesadora de chocolates, pese a esto, la industria ha decaído en los últimos años y se ha tenido que importar grano debido a que la producción nacional de cacao ha disminuido. Esta disminución se da debido los rendimientos por hectárea a lo largo del tiempo, ya que estos disminuyen, para esto es necesario realizar renovación de los cultivos, y realizar frecuentemente las labores culturales como la poda y la eliminación de maleza, porque estas labores disminuyen y previenen las enfermedades y la presencia de plagas.

La cadena de cacao abarca la producción del grano, procesamiento del mismo y producción de chocolates y confites, teniendo en cuenta esto la cadena de cacao se compone de tres eslabones:

- Eslabón de producción
- Eslabón de comercialización
- Eslabón de proceso industrial

¹⁹ MARTÍNEZ, Héctor, La cadena de cacao en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005

El eslabón de producción (eslabón primario), hace referencia a lo relacionado con el cultivo del cacao, como las condiciones ambientales y de suelos, las cuales son importantes para el desarrollo de cualquier cultivo, en este sentido es necesario conocer las condiciones recomendables para el desarrollo del mismo.

Los agricultores son los encargados de la obtención de las semillas, producción y beneficio del grano. En la fase de producción se realizan las labores culturales como lo es la poda, control de malezas y, plagas.

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

En el eslabón de comercialización del grano, se tiene que esta se lleva a cabo por medio de asociaciones de productores, acopiadores, comisionistas y exportadores.

Para el pago del cacao se implementa la norma técnica colombiana 1252, la cual proporciona las especificaciones que debe cumplir el grano para su procesamiento para el consumo humano.

Finalmente, en el eslabón proceso industrial, en donde se realiza el proceso de tostión, descascarillado y molienda para producir licor de cacao. El licor de cacao se somete a un proceso de filtración mediante el cual se separa las tortas o solidos de cacao de la manteca de cacao (liquido). Las tortas de cacao se pulverizan para darles la presentación final de polvo de cacao. Una porción importante de torta de cacao y manteca de cacao se dirige a la producción de chocolate. En el caso de chocolate para mesa, el cacao molido es mezclado con azúcar, mientras que para la producción de chocolate semi-elaborado se mezcla la manteca de cacao, la torta de cacao con azúcar y leche.

4.1.4.3 Diagrama de Influencias. Tomando como referencia el concepto de cadenas productivas, es posible visualizar el encadenamiento entre los actores o agentes del sistema y sus relaciones.

Teniendo en cuenta esto se tiene que en el eslabón de producción, el productor, cultiva las plantas de cacao, posteriormente recoge sus frutos, los cuales pasan por el proceso de beneficio, en donde se fermenta, se seca y se clasifica las almendras de cacao.

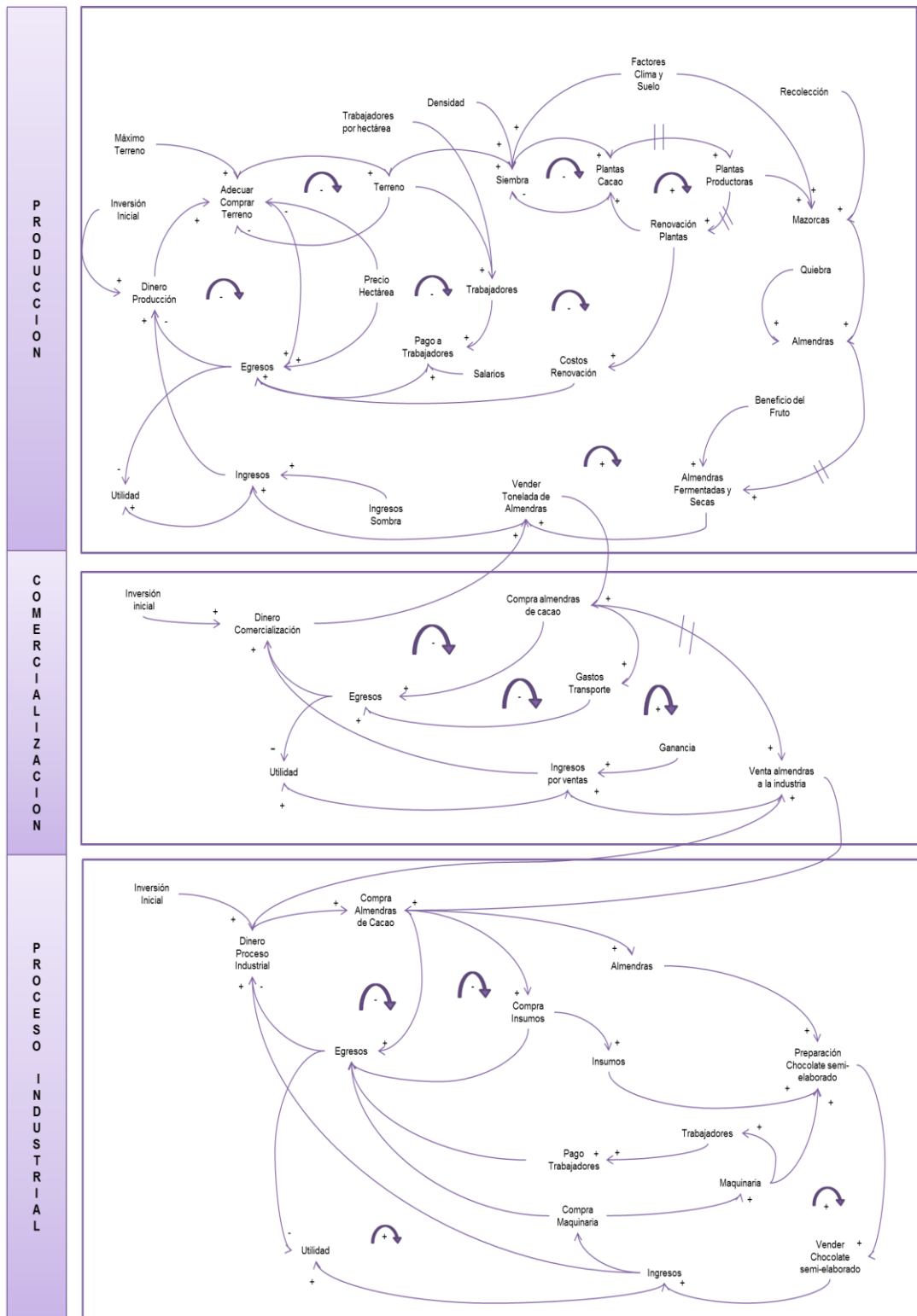
En este eslabón además se debe tener las consideraciones propias de las plantas como lo son los factores climáticos, los factores de suelos, las plagas, las enfermedades y la poda.

Este fruto es vendido a los comercializadores, los cuales se encargan de venderlo a las industrias procesadoras, a las pequeñas empresas a nivel nacional o de exportarlo. El precio pagado por las almendras de cacao es fijado por el mercado.

La industria procesadora compra estas almendras de cacao y lo someten a un proceso en donde se obtiene licor de cacao que posteriormente se convierte en torta de cacao y manteca de cacao, lo cual es la materia prima para la elaboración de chocolate semi-elaborado.

A medida que se obtiene beneficios económicos de esta actividad, cada uno de los actores de cada eslabón invierte para obtener mejores resultados, como la adquisición de tecnología o la contratación de trabajadores especialistas.

Figura 79. Diagrama de Influencias de la cadena productiva del cacao

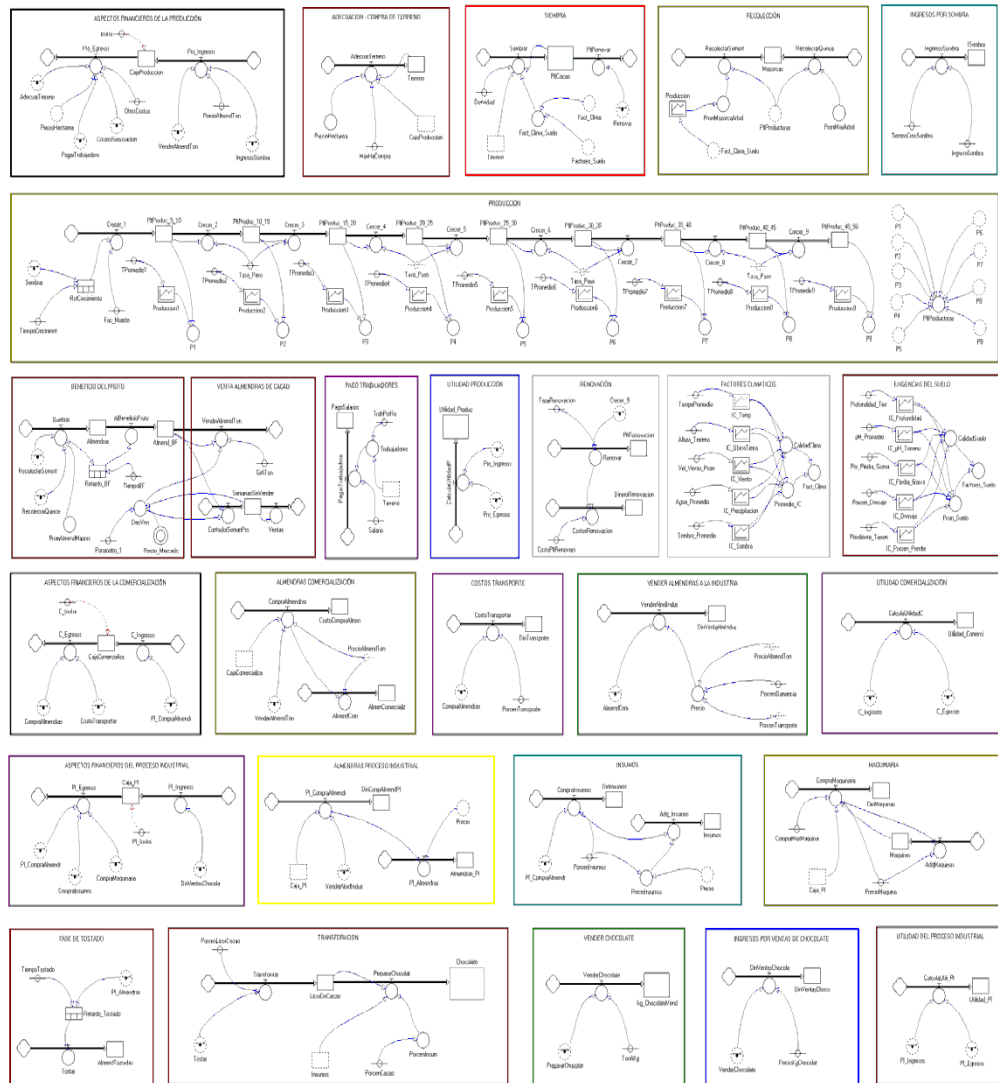


Fuente: Autor

4.1.4.4 Diagrama de Flujo-Nivel. A continuación se muestra el diagrama de Flujo-Nivel, el cual integra los tres eslabones de la cadena productiva del cacao:

- Producción
- Comercialización
- Proceso industrial

Figura 80. Diagrama de Flujo-Nivel de la cadena productiva del cacao



Fuente: Autor

4.1.4.5 Ecuaciones. Las ecuaciones del prototipo general se encuentran adjuntas en el Anexo N° 4.

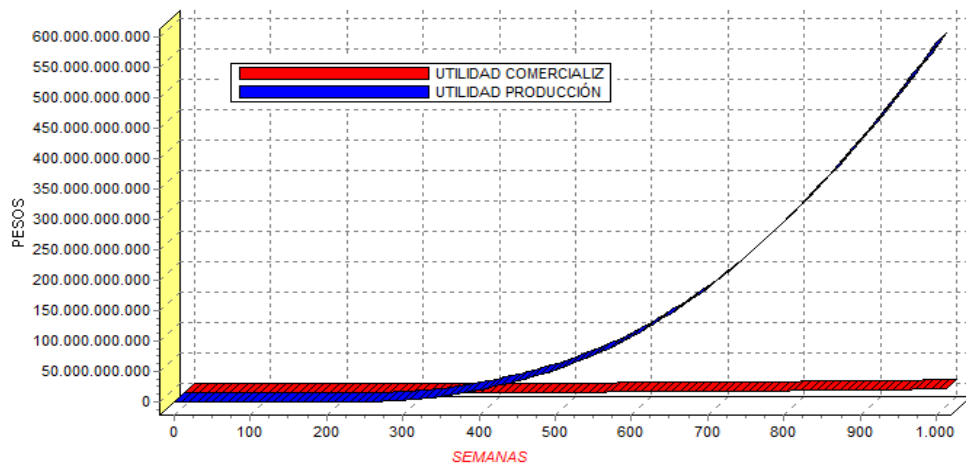
4.1.4.6 Comportamientos. A continuación se describirán los comportamientos obtenidos para el cuarto prototipo

La unidad de tiempo usada para la simulación representa una semana.

El dinero necesario para la producción (curva roja) depende de la cantidad de terreno que el agricultor desea adquirir, debido a que este es el egreso de más importancia para empezar la cosecha de cacao, para este caso se tiene que se adquieren dos hectáreas para la cosecha las cuales tienen un costo de 60 a 70 millones de pesos, además de esto se tiene el pago del salario a los trabajadores, los ingresos de la producción al inicio de la cosecha son los dados por la sombra, en la figura se observa que a medida que se aleja del punto inicial los gastos aumentan y el dinero disminuye, en el momento en que la planta de cacao empieza a producir frutos, estos ingresos aumentan de tal forma que a partir de la tercera cosecha se obtiene un punto de equilibrio y empiezan las ganancias. Por otra parte, el eslabón de comercialización (curva azul) solo empieza a disminuir cuando las plantas están produciendo y el dinero es recuperado a medida que se venden las almendras de cacao a la industria, es por esto que se dan los picos y se observa que prácticamente se vuelve al punto inicial (inversión).

Comparando estos dos eslabones se puede concluir que para el comercializador prácticamente no existe ningún tipo de riesgo, debido a que las almendras de cacao que le compra al productor las vende casi inmediatamente a la industria procesadora, recuperando la inversión; mientras que en el eslabón de producción las ganancias se obtienen siete años después cuando empieza la producción, y la inversión inicial se recupera después de 8 a 9 años.

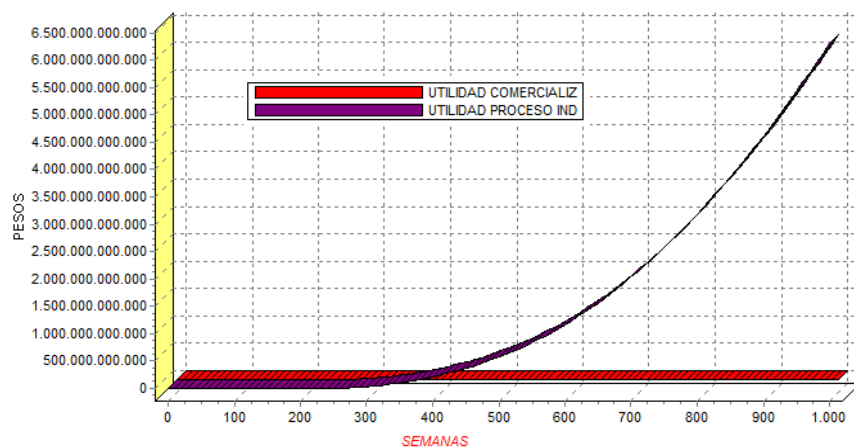
Figura 81. Dinero de producción vs. Dinero de comercialización



Fuente: Autor

Comparando el dinero del proceso industrial con el dinero de comercialización se observa que la inversión que se debe realizar por el eslabón del proceso industrial es alta comparada con los otros dos eslabones, esto es porque se debe adquirir la maquinaria necesaria para este proceso, aunque esta inversión se recupera rápidamente debido a que el valor agregado al producto es mayor.

Figura 82. Dinero de comercialización vs. Dinero del proceso industrial

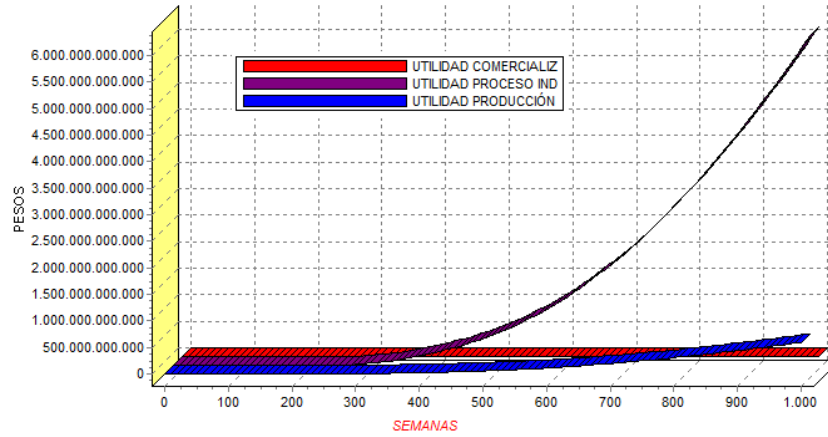


Fuente: Autor

Finalmente, se observa en la figura la variación del dinero en cada uno de los eslabones de la cadena productiva, en donde se puede verificar que el eslabón que tiene menor riesgo es el de comercialización, seguido de eslabón de

producción y finalmente el que tiene más riesgo es el eslabón de proceso industrial. De igual forma, este es el que tiene más utilidades en menor tiempo.

Figura 83. Dinero de los eslabones de la cadena productiva del cacao



Fuente: Autor

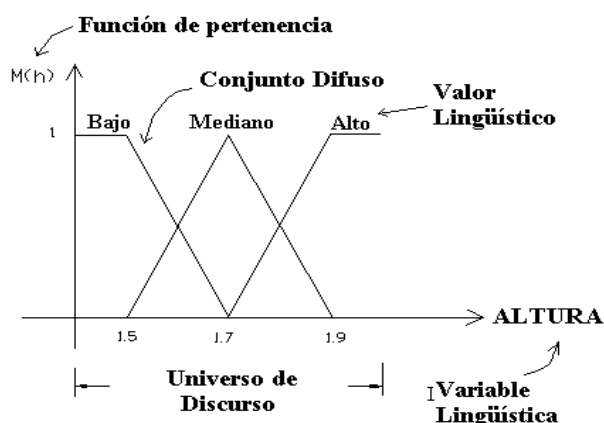
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA A LAS EXIGENCIAS CLIMÁTICAS DEL ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

4.2.1 Lógica Difusa

La lógica difusa es una herramienta de la inteligencia artificial que admite una cierta incertidumbre entre la verdad o falsedad de sus proposiciones, a semejanza del raciocinio humano²⁰. La lógica difusa considera que un conjunto no tiene una frontera clara que permita decir si un elemento pertenece o no a él. Mediante una función se asigna a cada elemento del conjunto un grado de pertenencia entre 0 y 1.

Un conjunto es difuso cuando el concepto al que representa tiene una función de pertenencia difusa asociada a él.

Figura 84. Partes de los conjuntos difusos



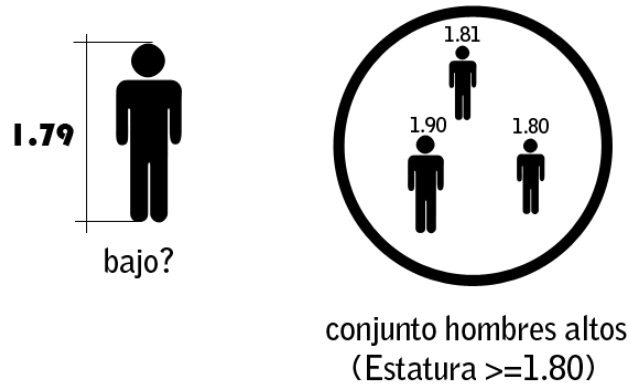
Fuente: BARRAGÁN

Desde el punto de vista de la lógica clásica: Se definen límites para cada conjunto, en este ejemplo, para que una persona pertenezca al conjunto de los hombres altos la estatura debe ser mayor o igual a 1,80 [m]. Pero qué pasa con aquellas personas que miden menos de 1,80[m], como aquella persona que

²⁰ Tomado del Diccionario de la Real Academia Española

mida 1,79[m], solo es un centímetro menor y esta persona sería catalogada como una persona baja, ya que no pertenece al conjunto de personas altas.

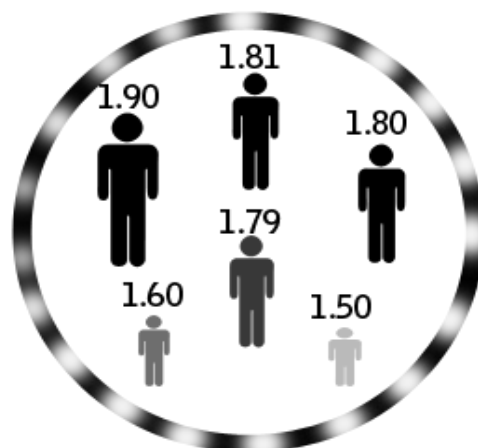
Figura 85. Conjunto de los hombres altos desde de la lógica clásica



Fuente: DUARTE

Desde el punto de vista de la lógica difusa: Todas las personas pertenecen al conjunto, pero con cierto grado de pertenencia, para la persona que mide 1,79[m], pertenecerá al conjunto de hombres altos con un grado de pertenencia alto comparado con una persona que mida menos, mientras que el grado de pertenencia será inferior comparado con una persona que mira 1,80[m].

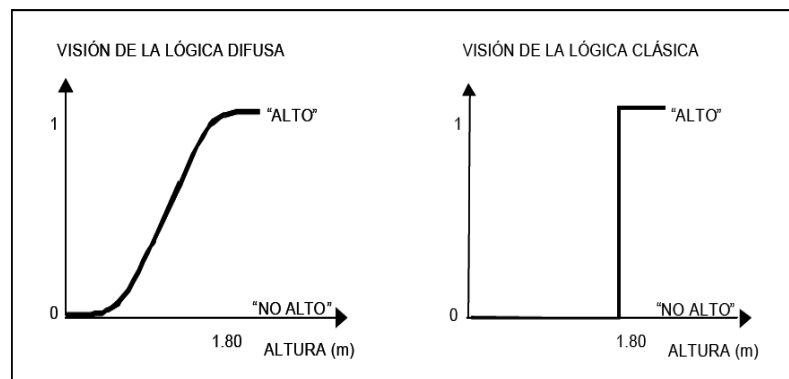
Figura 86. Conjunto difuso de los hombres altos



Fuente: DUARTE

En las funciones de cada conjunto, se observa que, en la lógica clásica hay un salto en 1,80[m], mientras que para un conjunto difuso, todas las personas pertenecen de una forma al conjunto, solo que aquellas personas que tienen una estatura pequeña tienen un grado de pertenencia menor que aquella que tiene una estatura mayor.

Figura 87. Funciones de pertenencia



Fuente: DUARTE

Las características de la lógica difusa son:

- Buenos resultados en procesos no lineales y de difícil modelización.
- Modo de funcionamiento similar al comportamiento humano.
- No se necesita conocer el modelo matemático que rige el funcionamiento.
- Es flexible
- Es más intuitivo que reflexivo.
- Se pueden construir modelos con base a la experiencia de expertos.
- Puede modelar funciones no lineales de alguna complejidad.
- Combina en forma unificada expresiones lingüísticas con datos numéricos.

Teniendo en cuenta lo anterior, al implementar lógica difusa cambiando los multiplicadores por FIS se obtendrían resultados mas precisos, ya que estos parámetros no son valores fijos, sino que son rangos de valores, lo cual en primer lugar facilitaría su representación en conjuntos difusos y en segundo lugar arrojaría resultados mas parecidos al raciocinio humano.

4.2.2 Implementación De La Lógica Difusa

Se va a implementar un sistema de inferencia difuso para realizar el análisis climático del terreno en el cual se quiere sembrar las plantas de cacao.

Las cuatro variables de los factores climáticos (Temperatura, Altura, Agua y Velocidad del viento), son las entradas al FIS, dependiendo el valor de estos se clasifica en los tres conjuntos difusos (óptimo, intermedio y sin potencial), la interacción de cada una de estas clasificaciones, permite establecer un juego de reglas, las cuales dan un resultado dentro de la clasificación de la variable de salida.

Las variables de entrada para el sistema de inferencia se listan a continuación.

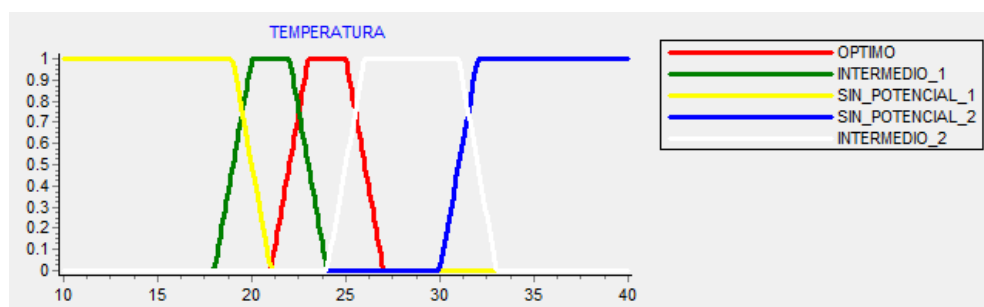
Tabla 9. Parámetros de las variables de entrada del sistema difuso de los parámetros climáticos

VARIABLE	UNIVERSO DE DISCURSO	CONJUNTO DE VALORES OPTIMO	CONJUNTO DE VALORES INTERMEDIO	CONJUNTO DE VALORES SIN POTENCIAL
Temperatura	[10,40]	[21,23,25,27]	[18,20,22,24] [24,26,31,33]	[0,0,19,21] [30,32,40,45]
Agua	[500,3000]	[1400,1600,2500,2700]	[800,1100,1500,1700]	[0,0,1000,1200]
Altura	[100,1700]	[350,450,900,1000]	[900,950,1150,1200] [0,0,400,450]	[1150,1200,2000,2050]
Velocidad del Viento	[0,20]	[0,10]	[6,10,14,18]	[14,20]

Fuente: Autor

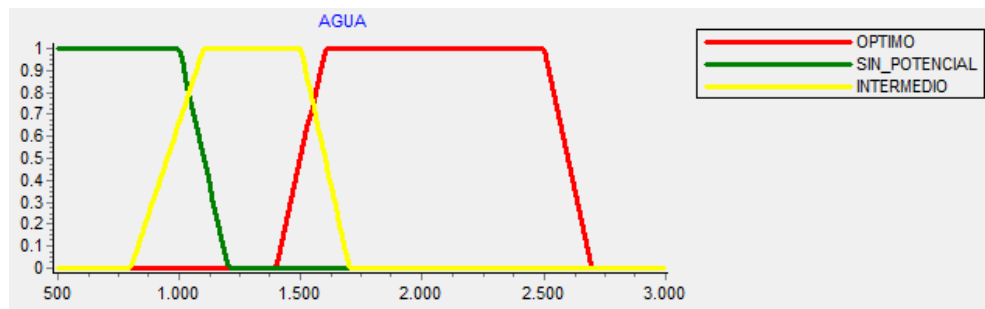
Teniendo en cuenta los valores de la Tabla 9 se procede a mostrar las graficas de cada una de las cuatro variables, en donde se identifican los conjuntos difusos.

Figura 88. Variable lingüística de la Temperatura



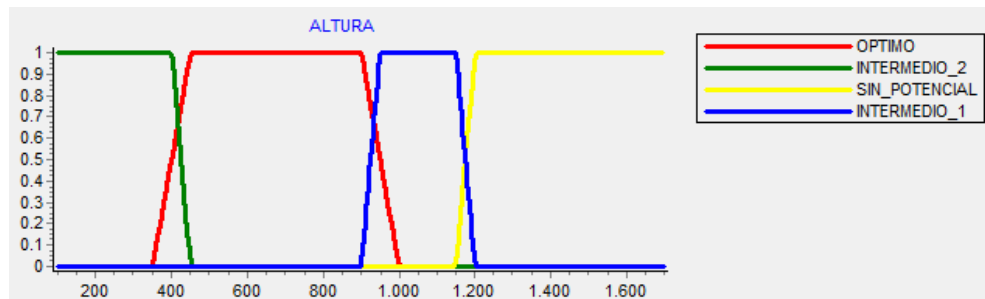
Fuente: Autor

Figura 89. Variable lingüística de Agua



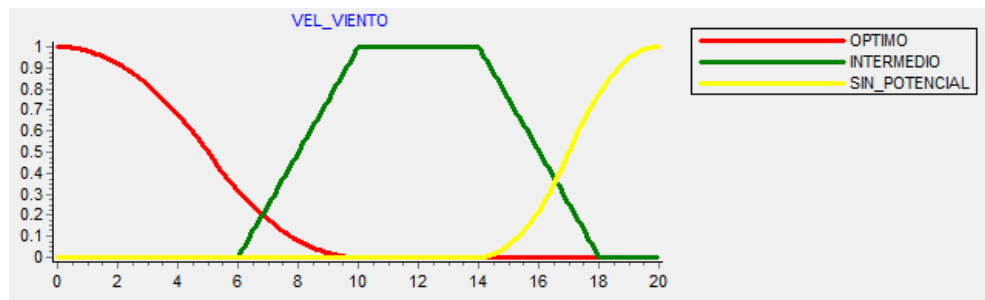
Fuente: Autor

Figura 90. Variable lingüística de Altura



Fuente: Autor

Figura 91. Variable lingüística de la Velocidad del Viento



Fuente: Autor

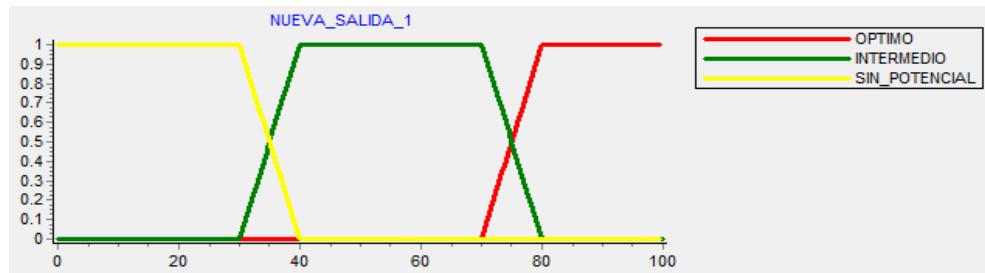
Variable de salida para los factores climáticos.

Tabla 10. Parámetros de la variable de salida del sistema difuso de los parámetros climáticos

VARIABLE	UNIVERSO DE DISCURSO	CONJUNTO OPTIMO	CONJUNTO INTERMEDIO	CONJUNTO SIN POTENCIAL
Variable de salida	[0,100]	[70,80,100,110]	[30,40,70,80]	[0,0,30,40]

Fuente: Autor

Figura 92. Variable lingüística de salida

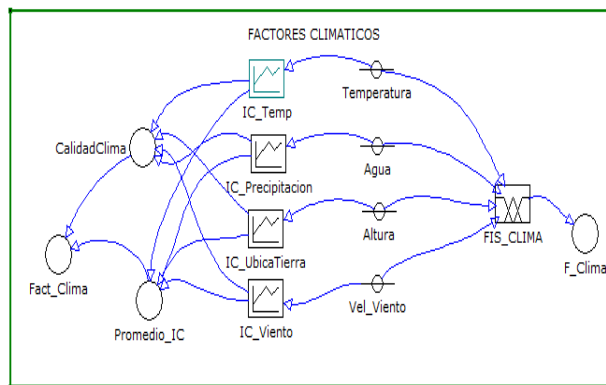


Fuente: Autor

4.2.3 Análisis De Resultados

Teniendo en cuenta el modelo de la cadena productiva del cacao que se desarrolló no se ha implementado totalmente variables de lógica difusa, se procede a realizar un pequeño modelo, en el cual se pueda realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos al utilizar y no utilizar lógica difusa.

Figura 93. Diagrama de flujo nivel para el sector de los factores climáticos



Fuente: Autor

El modelo tiene dos componentes: el primera es la implementación del FIS_CLIMA, este es el componente que tiene evolución para realizar la implementación de la lógica difusa, las variables de entrada son los parámetros que se encuentran a la izquierda y la variables de salida es determinada teniendo en cuenta un conjunto de reglas; el segundo componente son los multiplicadores, estos determinan que tan favorables son los valores que se

encuentran en los parámetros, posteriormente la salida depende de los valores arrojados por los multiplicadores.

Para poder comparar estas dos opciones, los parámetros de entrada serán iguales, es por esto que de los parámetros salen dos fechas, una como entrada al FIS_CLIMA y otra como entrada a los multiplicadores.

Teniendo en cuenta esto se procede a comparar las variables auxiliares Fac_Clima (sin lógica difusa) y F_Clima (con lógica difusa). Para esto se crean algunos escenarios:

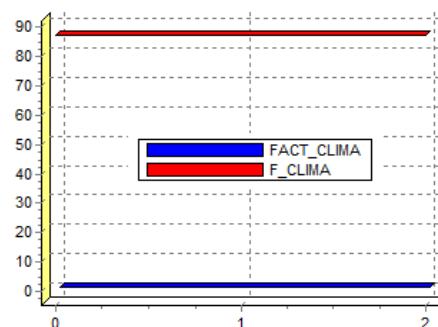
Tabla 11. Valores de entrada para el Escenario No. 1

Variable	Valor	Conjunto
Temperatura	25	Optimo
Agua	1500	Optimo
Altura	1500	Sin Potencial
Vel_Viento	5	Optimo

Fuente: Autor

Los valores obtenidos para las dos variables se muestran en la figura. Teniendo en cuenta esto cuando no se utiliza lógica difusa el resultado es que el terreno no es óptimo para el cultivo de cacao, esto es porque el parámetro de la Altura no se encuentra en los rangos aceptados, pero teniendo en cuenta la experiencia de los expertos, la altura no es un factor determinante para el cultivo, es decir que, mientras los otros factores se encuentren en niveles óptimos o intermedios, la altura no será relevante.

Figura 94. Comportamiento del Fis vs. Los multiplicadores



Fuente: Autor

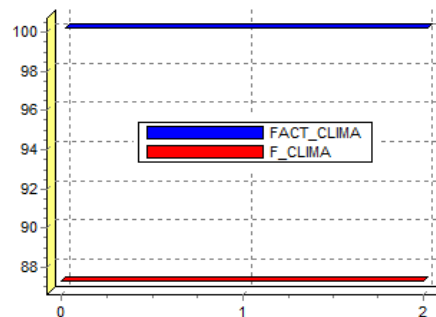
Tabla 12. Valores de entrada para el Escenario No. 2

Variable	Valor	Conjunto
Temperatura	25	Optimo
Agua	2500	Optimo
Altura	500	Optimo
Vel_Viento	1	Optimo

Fuente: Autor

Para el segundo escenario en donde los valores de los parámetros son óptimos se obtiene como resultado en la alternativa de los multiplicadores que el terreno es un 100% favorable para el cultivo de cacao, al igual con lógica difusa se obtiene que el terreno es apto para el cultivo de cacao, con un 80% de favorabilidad, esto es de gran importancia, ya que cuando un cultivo se encuentra en condiciones optimas su producción también lo será, y, aunque todas las variables se encuentran en niveles óptimos para el cultivo, no se obtiene una producción del 100%, esto dado a que la precipitación (Agua) es abundante aunque en un nivel que no causa mayores problemas.

Figura 95. Comportamiento del Fis vs. Los multiplicadores



Fuente: Autor

4.3 PLAN DE PRUEBAS PARA LA EVALUACIÓN FINAL DEL MODELO

4.3.1 Pruebas a la estructura y comportamiento del modelo

4.3.1.1 Evaluación de los Parámetros. La evaluación de parámetros consiste en revisar la validez conceptual de cada parámetro, es decir que 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. A continuación se relacionan los parámetros utilizados en el modelo, explicando cómo se estimó su valor, se incluye además su valor y la descripción.

Eslabón de Producción:

Nombre	Densidad
Valor	1000
Descripción	Plantas sembradas por hectárea. Unidades:[Plantas/Ha]
Explicación	Cantidad de plantas que se pueden sembrar en una hectárea. La densidad poblacional puede variar dependiendo la distancia y la distribución de las plantas.

Nombre	MaxHaCompra
Valor	2
Descripción	Número máximo de hectáreas a comprar. Unidades:[Ha]
Explicación	Representa la cantidad máxima de terreno a comprar para la instalación del cultivo de cacao.

Nombre	InvIni
Valor	100000000
Descripción	Inversión Inicial para la producción. Unidades: [Pesos]
Explicación	Representa el dinero disponible para invertir en la instalación y mantenimiento del cultivo de cacao.

Nombre	OtrosCostos
Valor	200000
Descripción	Otros gastos ocasionados por el cultivo de cacao, como la compra de plaguicidas. Unidades:[Pesos]
Explicación	Gastos extras ocasionados por el cultivo de cacao.

Nombre	TraPorHa
Valor	2
Descripción	Trabajadores necesarios para las labores de una hectárea. Unidades:[Personas/Ha]
Explicación	Representa a los trabajadores encargados de las tareas requeridas por el cultivo de cacao para una hectárea.

Nombre	Salario
Valor	150000
Descripción	Dinero pagado por las labores realizadas (semanalmente). Unidades: [Dinero en pesos]
Explicación	Pago a los trabajadores por las labores realizadas, este se realiza semanalmente.

Nombre	PltSiembraSemana
Valor	50
Descripción	Plantas sembradas semanalmente. Unidades: [Plantas de Cacao]
Explicación	Plantas sembradas semanalmente.

Nombre	Fac_Optimo
Valor	0.7
Descripción	Factor optimo para iniciar el cultivo de cacao. Unidades:[Adimensional]
Explicación	Factor de comparación de los parámetros técnicos con el factor optimo para determinar si es apropiado realizar el cultivo.

Nombre	IngresoSombra
Valor	800000
Descripción	Ingresos mensuales generados por la sombra. Unidades:[Dinero en Pesos]
Explicación	El cacao es un árbol de sombra, las plantas que sirven para esta labor generan ingresos adicionales al cultivo.

Nombre	GrATon
Valor	0.00002
Descripción	Transformación de las unidades de peso de las almendras. Unidades: [Toneladas]
Explicación	Conversión de un gramo a toneladas.

Nombre	TiempoCreSombra
Valor	52
Descripción	Tiempo que tarda la sombra en empezar la producción. Unidades: [Tiempo en semanas]
Explicación	Tiempo que tarda las plantas de sombra en empezar la producción, generalmente este tiempo es mucho menor que el del cultivo principal.

Nombre	TiempoBF
Valor	4
Descripción	Tiempo necesario para el proceso de beneficio del fruto (fermentación, secado y clasificación) Unidades:[Tiempo en Semanas]
Explicación	Semanas necesarias para realizar el proceso de beneficio del fruto (fermentación, secado y clasificación)

Nombre	PrecioMinCacao
Valor	650000
Descripción	Precio mínimo de venta de la tonelada de almendras de cacao. Unidades: [Dinero en pesos]
Explicación	Precio mínimo al cual el productor vende una tonelada de almendras de cacao a los comercializadores.

Nombre	TiempoCrecimient
Valor	260
Descripción	Tiempo de crecimiento de las plantas de cacao para empezar la producción. Unidades: [Tiempo en semanas]
Explicación	Tiempo que tarda en empezar la producción de las plantas de cacao, para tipos criollos y forasteros el tiempo es de 5 años (260 semanas) mientras que para trinitarios (híbridos) el tiempo es de 3 años (156 semanas)

Nombre	TempePromedio
Valor	25
Descripción	Temperatura promedio anual. Unidades: [°C]
Explicación	Temperatura promedio del sector en donde se encuentra la finca, para este caso se utilizó la temperatura óptima del cultivo de cacao.

Nombre	Altura_Terreno
Valor	900
Descripción	Altura (m.s.n.m.): metros sobre el nivel del mar.
Explicación	Altura en la cual se encuentra la finca, para este caso se utilizó la altura óptima.

Nombre	Vel_Viento_Prom
Valor	9
Descripción	Velocidad Máxima del Viento. Unidades: [km/hora]
Explicación	Velocidad del viento en la cual se encuentra la finca.

Nombre	Agua_Promedio
Valor	1700
Descripción	Agua promedio de un terreno. Unidades:[mm]
Explicación	Agua promedio con la que cuenta la finca, se utilizó una cantidad de agua promedio que se encuentra en un rango óptimo.

Nombre	Sombra_Promedio
Valor	1
Descripción	Sombra Promedio: porcentaje de sombra utilizada para el cultivo de cacao. Unidades: [Adimensional]
Explicación	Las plantas de cacao son muy susceptibles a los rayos del sol, por esto se utiliza plantas más altas que le brinden sombra a las plantas.

Nombre	Por_Piedra_Grava
Valor	5
Descripción	Porcentaje de la existencia de piedras y gravas en el terreno. Unidades:[Adimensional]
Explicación	El terreno no debe tener partículas endurecidas que impidan la penetración de la raíz y la aireación interna

Nombre	Profundidad_Terr
Valor	1.5
Descripción	Profundidad del suelo necesaria para el crecimiento de las raíces. Unidades:[m]
Explicación	El suelo en el cual se instale el cultivo, debe ser profundo para que permita la penetración de la raíz por lo menos 1.5 metros.

Nombre	pH_Promedio
Valor	6
Descripción	Determinan las condiciones de acidez del suelo. Unidades:[Adimensional]
Explicación	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.

Nombre	Porcen_Drenaje
Valor	100
Descripción	El terreno debe tener buena circulación de agua, de tal forma que en la época lluviosa el terreno no se inunde. Unidades:[Adimensional]
Explicación	Debe poseer buen drenaje; es decir, debe permitir la circulación del agua sobrante con facilidad.

Nombre	Pendiente_Terren
Valor	7
Descripción	Porcentaje de la pendiente (inclinación) del terreno. Unidades: [Adimensional]
Explicación	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%

Nombre	CostoPltRenovacion
Valor	70000
Descripción	Dinero necesario para renovar una planta. Unidades: [Dinero en Pesos]
Explicación	Costo del cambio de una planta, esto incluye la compra del almácigo y la preparación del terreno.

Nombre	TasaRenovacion
Valor	0.9
Descripción	Tasa de renovación de las plantas de cacao Unidades:[Adimensional]
Explicación	La tasa de renovación determina el porcentaje de las plantas a renovar.

Nombre	Fact_Muerte
Valor	0.001
Descripción	Factores que causan la muerte en las plantas de cacao, como las plagas y las enfermedades Unidades:[Adimensional]
Explicación	Porcentaje de la presencia de los factores que causan la muerte a las plantas de cacao.

Nombre	Tasa_Paso
Valor	0.0038
Descripción	Tasa de paso de una edad a otra. Unidades: [Adimensional]
Explicación	Tasa de paso de una edad a otra, para clasificar a las plantas de cacao dependiendo la edad para posteriormente se calcule la producción.

Sector de Comercialización:

Nombre	C_InvIni
Valor	100000000
Descripción	Dinero que se invierte en el eslabón de comercialización. Unidades: [Dinero en pesos]
Explicación	Dinero con el que se cuenta para empezar la compra de almendras de cacao al productor,

Nombre	PorcenGanancia
Valor	0.05
Descripción	Porcentaje que se gana por la venta de una tonelada de almendras de cacao. Unidades: [Adimensional]
Explicación	Ganancias obtenidas por la venta de las almendras de cacao.

Nombre	PorcenTransporte
Valor	0.3
Descripción	Porcentaje gastado en el transporte. Unidades:[Adimensional]
Explicación	Porcentaje gastado en el transporte de las almendras de cacao.

Sector de Proceso Industrial:

Nombre	PI_InvIni
Valor	1000000000
Descripción	Dinero que se invierte en el eslabón de proceso industrial. Unidades: [Dinero en pesos]
Explicación	Representa el dinero disponible para invertir en la compra de maquinaria, materia prima y empleados en el eslabón de proceso industrial.

Nombre	TiempoTostado
Valor	4
Descripción	Tiempo del proceso de tostado para obtener las cualidades del chocolate. Unidades: [Tiempo en semanas]
Explicación	Tiempo del proceso mediante el cual se sacan el moho y otros fermentos. En este proceso se desarrollan cualidades aromáticas.

Nombre	PorcenLicorCacao
Valor	0.8
Descripción	Porcentaje correspondiente al licor de cacao después de descascarillar las almendras de cacao. Unidades: [Adimensional]
Explicación	Porcentaje final del proceso de molienda de las almendras de cacao, en este proceso se desecha la cascara.

Nombre	PrecioKgChocolat
Valor	10000
Descripción	Precio del chocolate semi-elaborado. Unidades: [Dinero en pesos]
Explicación	Es el precio al cual se vende el chocolate semi-elaborado al consumidor.

Nombre	PorcenCacao
Valor	0.75
Descripción	Porcentaje de cacao que tiene el chocolate de mesa. Unidades:[Adimensional]
Explicación	Es el contenido de cacao en el chocolate de mesa.

Nombre	PorcenInsumos
Valor	0.5
Descripción	Porcentaje de la compra de insumos para la elaboración de chocolate de mesa. Unidades:[Adimensional]
Explicación	Porcentaje de insumos necesarios para la preparación del chocolate de mesa, entres estos se encuentran el azúcar y la leche.

Nombre	CompraMaxMaquina
Valor	5
Descripción	Numero máximo de maquinaria a comprar. Unidades: [Unidad de maquinas]
Explicación	Numero de maquinas a comprar para poder preparar el chocolate de mesa.

Nombre	PrecioMaquina
Valor	100000000
Descripción	Precio promedio de una maquina utilizada para la elaboración del chocolate de mesa. Unidades:[Dinero en Pesos]
Explicación	Precio aproximado de una maquina necesaria para la elaboración del chocolate de mesa.

Nombre	TonAKg
Valor	1000
Descripción	Conversión de toneladas a kilogramos. Unidades:[Kilogramos]
Explicación	Conversión de toneladas a kilogramos.

Nombre	TPromedio1-9
Valor	-
Descripción	Tiempo promedio dependiendo de las plantas. Unidades:[Años]
Explicación	Tiempo promedio de las plantas de cacao, este tiempo se utiliza para calcular el nivel de producción en el cual se encuentran las plantas.

4.3.1.2 Prueba de idoneidad de los límites. Revisando el mapa de sectores se comparó con lo representado allí con lo que se debía reflejar según lo planteado por la cadena productiva del cacao.

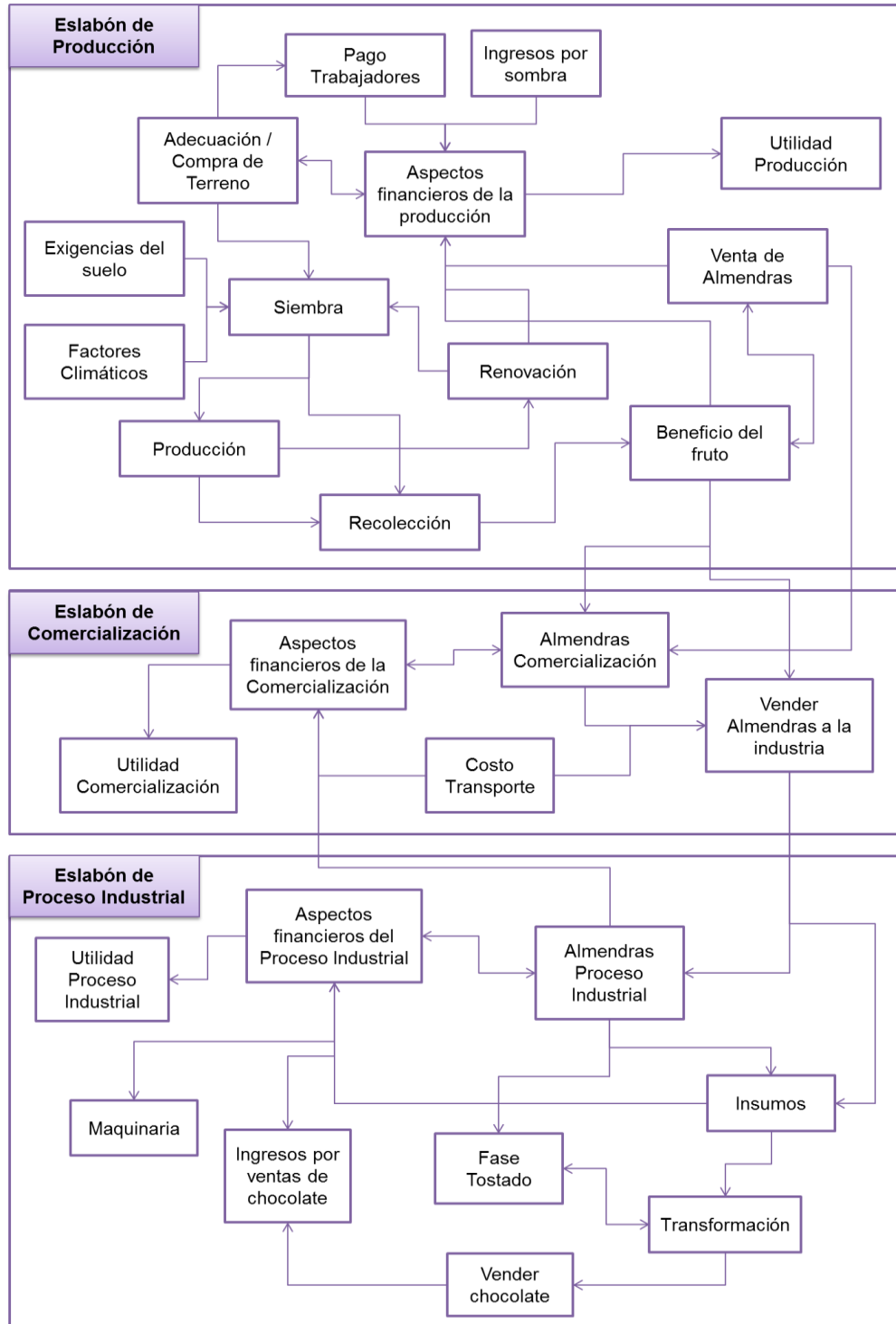
Figura 96. . Esquema de la cadena productiva del cacao



Fuente: Autor

La cadena productiva del cacao se divide en tres eslabones, los cuales a su vez se dividieron en sectores, como se muestra en la Figura 97.

Figura 97. Mapa de sectores de la cadena productiva de cacao



Fuente: Autor

4.3.1.3 Análisis de consistencia dimensional. La siguiente prueba al modelo 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.

4.3.1.4 Prueba de error en el paso 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 observando los comportamientos. Los pasos de prueba fueron los siguientes:

- Duplicar el paso de integración
- Reducir a la mitad el paso de integración
- Reducir a una tercera 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:

- Al duplicar el paso de integración: no se dieron cambios significativos en el comportamiento.
- Al reducir el paso de integración a la mitad: no se dieron cambios significativos en el comportamiento.
- Al reducir el paso de integración a una tercera parte: 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.

4.3.1.5 Comportamiento Sorpresa. El modelo no genero comportamientos no vistos ni reconocidos previamente.

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

4.3.1.7 Prueba por parte de los expertos. Esta prueba consiste en poner a consideración el modelo a los expertos. Para esta prueba se conto con el Señor Carlos Aníbal Vásquez quien es el director de la Tecnología Agroindustrial del IPRED (Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia), quien al revisar los comportamientos arrojados por el modelo recomendó realizar las siguiente modificaciones:

- La edad productiva de la planta se encontraba entre 5 años y los 30 años, en donde se estaba en un pico en entre los años 10 y 20. Esta se modifico porque la planta de cacao según estudios alcanza un máximo a los 7 años hasta los 15 años, llegando a un nivel bajo de producción a los 20 años.
- Las exigencias del suelo con las que contaba el modelo no incluía la textura del suelo, sin embargo, por algunos estudios realizados acerca del tema, se concluyo que aunque los demás parámetros sean muy buenos pero la textura del suelo es arcillosa o arenosa la planta de cacao no crece normalmente; por tal motivo se agregó un nuevo parámetro de textura del suelo.
- En el eslabón de comercialización, se clasificaba la venta de las almendras entre la industria nacional y la exportación, para lo cual, se modifico el modelo ya que el objetivo no es clasificar las ventas, solo observar el comportamiento de la compra y venta de almendras.

5. AMBIENTE SOFTWARE CACAOSOFT 1.0

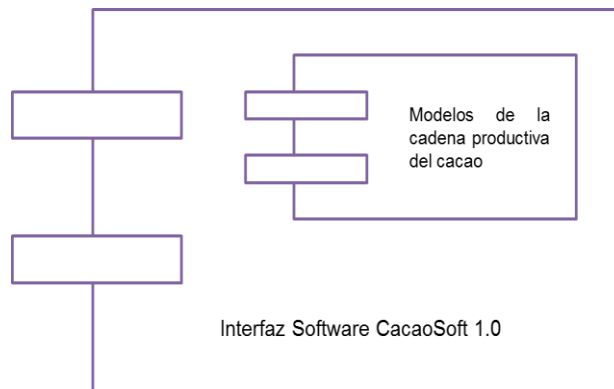
Con el fin de establecer un puente entre el usuario y el modelo de simulación se desarrolla una herramienta software en la cual se presentan los comportamientos de las principales variables del modelo, y los parámetros que el usuario puede modificar, teniendo en cuenta los parámetros técnicos que se tienen, de esta manera se genera un ambiente en el cual de manera asequible el usuario obtiene una herramienta de aprendizaje.

5.1 DIAGRAMAS UML

5.1.1 Diagrama de Componentes

Los componentes de la herramienta utilizados, combinan el uso de una interfaz software con el modelo realizado con Dinámica de Sistemas

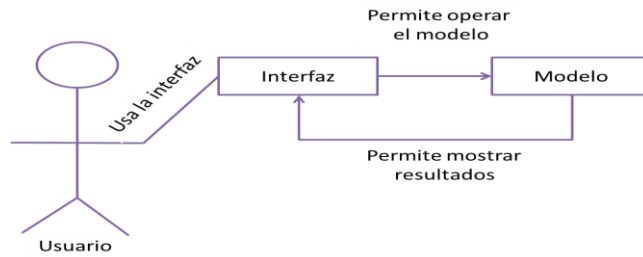
Figura 98. Componentes de la herramienta



Fuente: Autor

El funcionamiento de la interfaz se visualiza a través de la interacción del usuario y sus componentes, y de los componentes entre si.

Figura 99. Interacción del usuario con los componentes



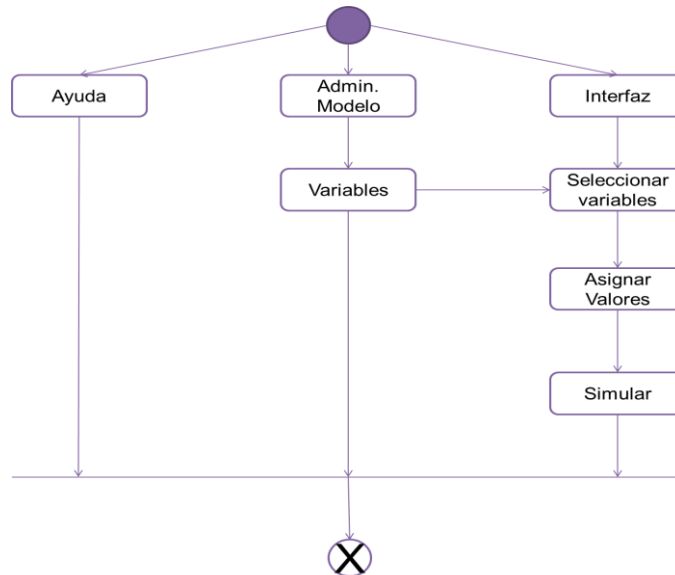
Fuente: Autor

La interfaz permite al usuario modificar y operar con las variables del modelo de la cadena productiva del cacao basado en la Dinámica de Sistemas, después de modificar las variables son asignadas al modelo mostrando los resultados obtenidos de acuerdo con el eslabón de la cadena seleccionado.

5.1.2 Diagrama De Actividades

Las actividades que el usuario puede realizar a través de la interfaz se relacionan en el diagrama de actividades.

Figura 100. Diagrama de Actividades



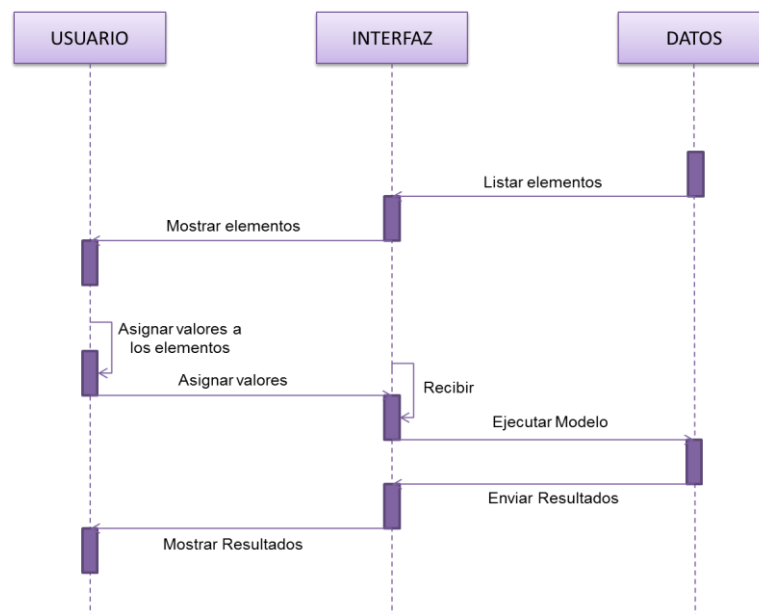
Fuente: Autor

5.1.3 Diagrama de Secuencia

La interfaz le muestra al usuario los parámetros que puede modificar, este los modifica dependiendo sus necesidades, luego se asignan estos valores a las variables, pudiendo realizar esta acción un número indeterminado de veces. De esta forma puede probar los diferentes escenarios que se pueden dar y simular, al hacer esto se asignan los valores al modelo y se ejecuta el modelo, mostrando los resultados de forma grafica.

La Figura 101, representa la forma en que el usuario, a través de la manipulación de la interfaz, puede obtener resultados de la simulación del modelo.

Figura 101. Diagrama de Secuencia



Fuente: Autor

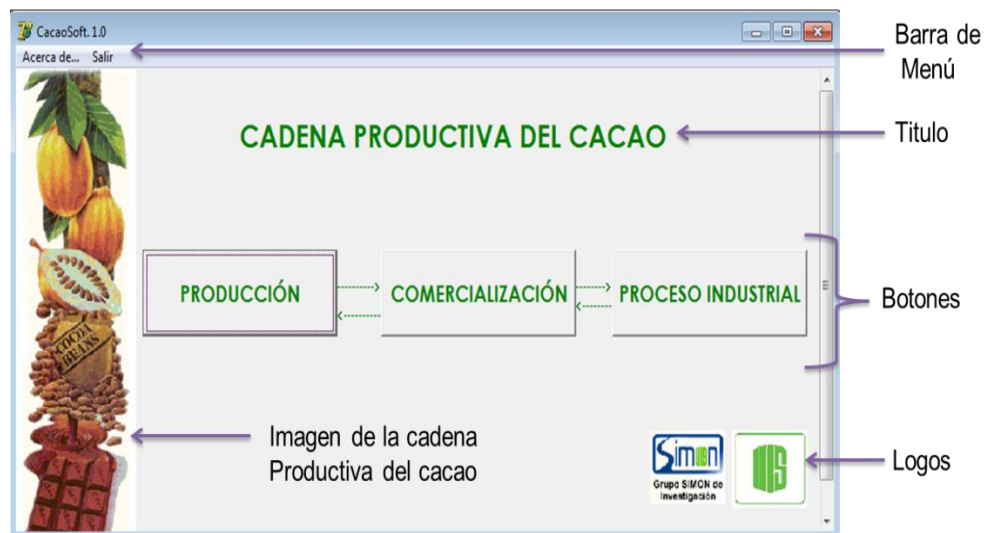
5.2 INTERFAZ SOFTWARE

La herramienta software se desarrolló en el lenguaje Delphi 7.0, a continuación se presenta las imágenes del producto terminado, junto con la explicación y relación con las ventanas, cajas de texto, gráficas y entre otros objetos de la interfaz software con respecto a las variables en evolución.

La interfaz, se distribuyó en cuatro formularios, de los cuales, uno es la presentación de la cadena productiva del cacao y, tres pertenecen a cada eslabón de la cadena.

La primera ventana que se encuentra se llama CacaoSoft, este es una formulario que contiene información acerca de que son las cadenas productivas, como se integran y cual es la estructura. Cada eslabón de la cadena se muestra con un botón con el nombre del eslabón, en donde el usuario puede dar click y conocer más.

Figura 102. Pantalla principal de la interfaz de la cadena productiva del cacao



Fuente: Autor

La ventana del eslabón de producción, tiene una imagen de la planta de cacao junto a la planta de cacao se muestra el fruto, que son las mazorcas y la forma de cómo se ubican las almendras dentro de la misma; seis sectores, en los cuales se encuentran los aspectos financieros, cultivo del cacao, trabajadores, sombra, factores climáticos y exigencias del suelo y un plano de simulación.

A la derecha de la pantalla se encuentra una lista despegable, en la cual se puede escoger las variables que desea graficar y observar el comportamiento.

Figura 103. Ventana del eslabón de producción



Fuente: Autor

La ventana del eslabón de comercialización tiene una imagen que representa la comercialización, las dos variables a modificar, la primera es la inversión que se realizara y la utilidad que le generara. Adicionalmente, se muestra el precio al que se encuentra la tonelada de almendras de cacao y el número de toneladas compradas, y los comportamientos dependiendo la grafica seleccionada.

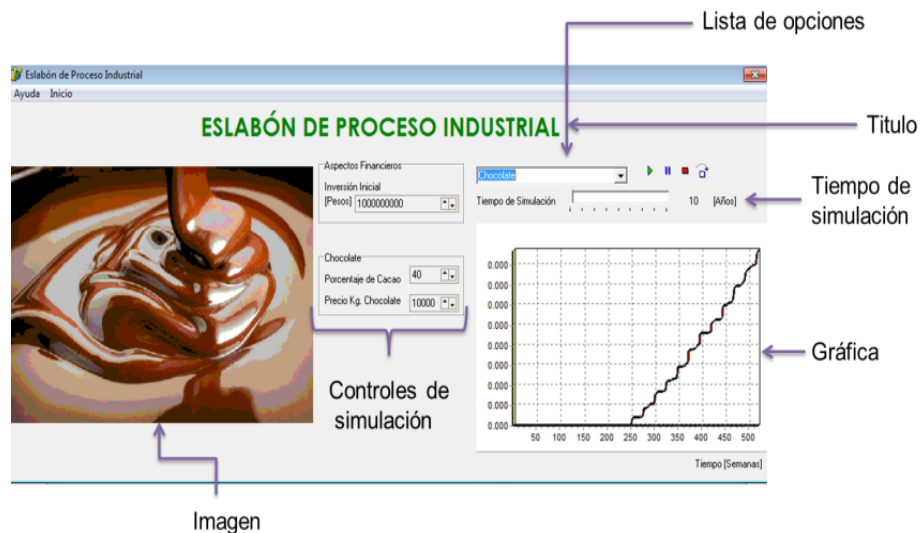
Figura 104. Ventana del eslabón de comercialización



Fuente: Autor

La ventana de proceso industrial contiene tres sectores y al igual que las otras pestañas tiene una lista para escoger las variables a graficar, las variables que puede modificar y una gráfica alusiva al proceso industrial del cacao.

Figura 105. Ventana del eslabón de proceso industrial

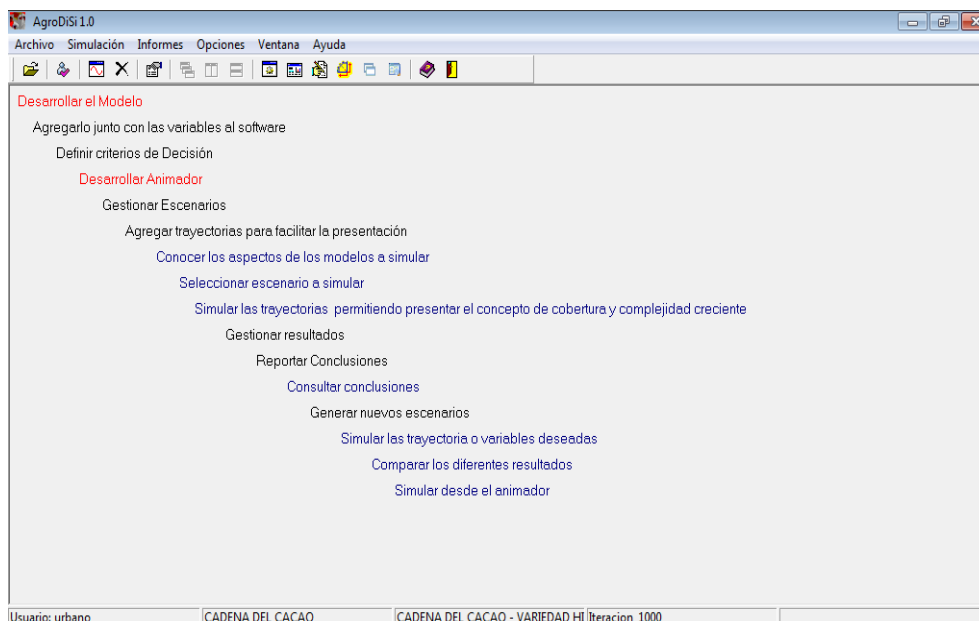


Fuente: Autor

5.3 ESCENARIOS EN EL AMBIENTE DE SIMULACIÓN CREADO POR GÓMEZ

Los escenarios se soportan en el Ambiente Software AGRODISI, realizado por el Magister Urbano Eliécer Gómez, desarrollado en la tesis de maestría “Lineamientos metodológicos para la construcción de modelos Agroindustriales identificables en términos de Dinámicas Poblacionales basados en el pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas”.

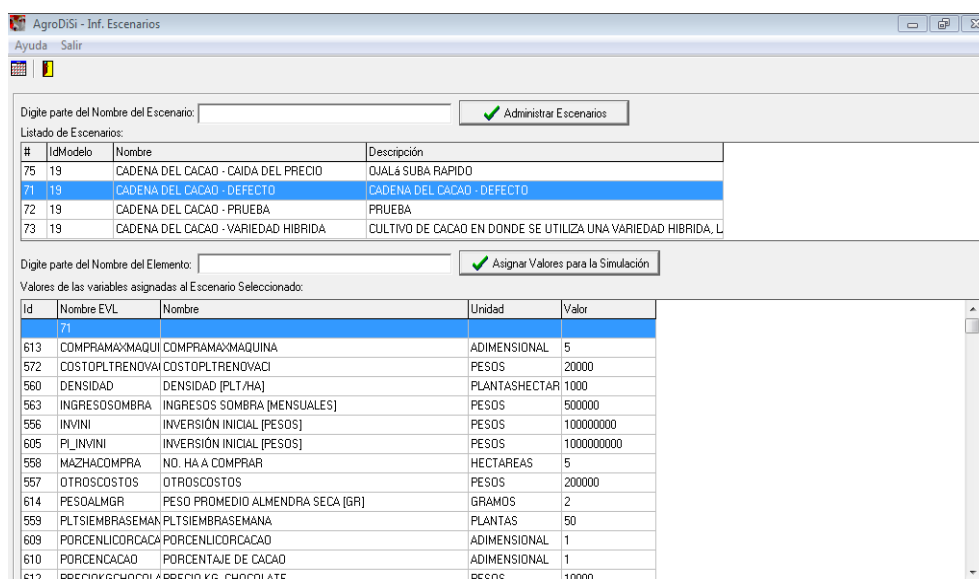
Figura 106. Pantalla principal Agrodisi 1.0



Fuente: GÓMEZ, 2010

Con la creación de escenarios se puede modificar los valores de los parámetros y observar el comportamiento de una determinada variable para diferentes resultados que se hayan guardado.

Figura 107. Informe de escenarios



Fuente: Autor

Finalmente, para los escenarios creados se puede simular, obteniendo una información grafica de los resultados.

5.4 SOCIALIZACIÓN

La socialización de la interfaz software realizada para el modelo de la cadena productiva del cacao, se realizo gracias a la colaboración y ayuda del Doctor Carlos Aníbal Vásquez, director y docente del Instituto de proyección regional y educación a distancia "IPRED".

Los estudiantes que participaron de esta socialización cursaban tercer semestre de Tecnología Agroindustrial, razón por la cual ya tenían conocimiento de las condiciones necesarias para un cultivo en general, y algunos tenían un conocimiento extra acerca del cultivo de cacao.

La socialización inicio con una presentación del trabajo realizado, como por medio de la dinámica de sistemas se puede formalizar cualquier modelo como lo es el de la cadena productiva del cacao.

Posteriormente se hizo una pregunta acerca de las condiciones climáticas y las exigencias del suelo, que debería tener el terreno en el cual se iniciaría el cultivo. Aunque la pregunta era conceptual, solo el 30% de los participantes contestaron acertadamente. El restante 70% solo escribió entre dos y tres parámetros.

A continuación se presento la interfaz CacaoSoft 1.0, y se le pidió que modificaran los parámetros, observara y analizara los comportamientos y contestara una serie de preguntas.

Las conclusiones de la prueba fueron variadas, aunque la mayoría coincidía en que al realizar un proceso industrial a las almendras de cacao y obtener un producto con valor agregado, primero se obtienen mayores ganancias y segundo se entrega un producto terminado a los consumidores.

DIVULGACIÓN

Teniendo como base la investigación y el modelo realizado para la cadena productiva del cacao, se realizó un artículo titulado: Propuesta De Un Modelo Con Dinámica De Sistemas Como Herramienta En El Aprendizaje Del Eslabón De Producción De La Cadena Productiva Del Cacao, presentado primero en el IX Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas y, una versión mejorada contemplando las recomendaciones de los evaluadores, se presentó en el IX Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas y II Congreso Brasileño de Dinámica de Sistemas, realizado en la Universidad de Brasilia en la ciudad de Brasilia (Brasil) los días 6,17 y 18 de Noviembre de 2011.

CONCLUSIONES

ESLABÓN DE PRODUCCIÓN

Las relaciones y variables establecidas para calcular el nivel de la producción de una planta de acuerdo a la edad de la misma, muestra que el comportamiento de la producción de una planta llega a su máximo se mantiene un periodo de tiempo y luego decae su nivel productivo; cuando este nivel productivo decae se considera realizar renovación a las plantas. De esta manera se tiene un ciclo de realimentación de compensación.

El modelo de producción, refleja las principales actividades realizadas al cultivo de cacao, con los retardos existentes en cada etapa de la producción.

ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN

Cuando los beneficios por la venta de cacao son buenos y se produce un aumento de producción de este, ocasiona que la oferta supere la demanda, y causa que el precio decaiga progresivamente hasta alcanzar valores muy inferiores al costo de producción, respondiendo típicamente a la ley de la oferta y la demanda.

ESLABÓN DE PROCESO INDUSTRIAL

Para el eslabón del proceso industrial, existen dos aspectos que modifican el comportamiento, estos son el porcentaje de cacao en el chocolate y el precio del kilogramo de este, por lo tanto es decisión del usuario disminuir el precio del kilogramo de chocolate a costa de disminuir el contenido de cacao de cada kilogramo de cacao, la decisión que tome debe ser analizada con sus costos económicos y sus efectos a largo plazo.

CADENA PRODUCTIVA

El modelo de simulación de la cadena productiva de cacao da una visión general de los componentes básicos de una cadena productiva, en cuanto a los actores que intervienen y a los eslabones que participan.

Las cadenas productivas sostenibles son aquellas en las que se observan los enfoques de equidad e igualdad, en base a esto el precio de las almendras de cacao debe ser puesto por el productor y este precio siempre es dinámico, es decir fluctúa, pues depende del precio de los insumos, del salario a los trabajadores.

La interfaz software realizada para el modelo de la cadena productiva del cacao, es una herramienta útil para docentes y estudiantes del sector agroindustrial, al igual que para asesores y productores de cacao en general, ya que por medio de esta se puede comprender los efectos de las características del terreno, así como de aumentar las ganancias realizando un proceso industrial a las almendras de cacao, de esta forma se podría apoyar la toma de decisiones de propietarios y productores.

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.

RECOMENDACIONES

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

- Al eslabón de producción, implementar lógica difusa en los sectores de Factores Climáticos y Exigencias del Suelo, ya que esto permitiría resultados mas parecidos al raciocinio humano; los conjuntos difusos se harían teniendo en cuenta la Tabla 4. Parámetros Técnicos del Cultivo de Cacao.
- Como no es posible que un modelo contemple todas las variables de la realidad se recomienda implementar en el eslabón de producción la incidencia de las enfermedades y como estas se propagan a través del cultivo de cacao; además tener en cuenta las plagas presentes en el cultivo y los daños que estas producen.
- En una segunda versión de este proyecto se debe agregar alguna forma de analizar económicamente la viabilidad del proyecto, ya que si la inversión inicial se consigue por medio de un préstamo en un banco el monto a cancelar tendrá un costo financiero (interés). Teniendo en cuenta esto, se debe decidir en si el proyecto se acepta o rechaza.
- En el eslabón de proceso industrial solo se considero la elaboración de chocolate de mesa o chocolate en barra, pero existen más productos a base de cacao los cuales también se pueden agregar al modelo y de esta forma iniciar la cadena productiva del chocolate analizando la producción de estos, comercialización y consumo final.

Además, se recomienda publicar el trabajo en una revista científica y explorar el modelado y la simulación de otras cadenas productivas para fortalecer este campo de investigación y aporte social al interior del grupo SIMON.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALIN S., "Building a System Dynamics Model: Part 1 Conceptualization". Road Maps: A guide to learning system dynamics, Chapter 8, Boston: System Dynamic Group, Sloan School of Management, MIT, 1997.

ALVARADO Enrique, Línea base para la caracterización de la cadena productiva de cacao y diagnostico de la cooperación entre actores, Honduras 2006

ÁLVAREZ Hernán D. Control Difuso y Sistemas de Control Inteligentes. Disponible en: en Memorias del Segundo Congreso de la Asociación Colombiana de Automática, Bucaramanga, Colombia, marzo de 1997, pp 331-340

AMÉZQUITA Julio y Otros, Modelamiento de cadenas agroindustriales mediante simulación de redes, Cartagena.

ANDRADE SOSA H., NAVAS X. M., "Ingeniería de Sistemas, Realidad Virtual y Aprendizaje", Revista Ingenierías UIS Bucaramanga Colombia, Volumen 1, Número 1, Mayo de 2002.

ANTASKLIS, P.J. & Passino, K. Introduction to intelligent control with high degrees of autonomy" en An Introduction to Intelligent Control and Autonomous Systems. Kluwer Academic Publishers, 1993, pp 1-26

ARGÜELLO Orlando y Otros, Evaluación, introducción y multiplicación de arboles elite de cacao como estrategia de productividad para el nororiente colombiano, Corpoica, Bucaramanga 1999.

BENITO Sullca Jose A, Paquete Tecnológico De Manejo Integrado De Cacao, Perú.

BORRERO Cesar Augusto, El cultivo de cacao en el Guaviare, San José del Guaviare, Mayo de 2008.

CASTELLANOS Oscar Fernando y otros, Agenda prospectiva de Investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de cacao-chocolate en Colombia, Bogotá, 2005

CERÓN Jairo y Otros, La modelación de las cadenas productivas con dinámica de sistemas, una revisión preliminar, Bogotá 2009.

DUARTE Oscar G. Sistemas de lógica difusa – fundamentos. Disponible en documentos de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

ENRÍQUEZ Gustavo, Curso sobre el cultivo de cacao, Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza, Costa Rica, 1985

-----, Manual del cacao para agricultores, Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza, Costa Rica, 1987.

FORRESTER, J. W. et al. Road Maps: A guide to learning system dynamics, Boston: System Dynamic Group, Sloan School of Management, MIT, edición 1997.

GAITÁN Thelma, Cadena Del Cultivo De Cacao Con Potencial Exportador, Marzo De 2005

GÓMEZ Urbano, Lineamientos Metodológicos Para La Construcción De Modelos Agro-Industriales Identificables En Términos De Dinámicas

Poblacionales Basados En El Pensamiento Sistémico Y La Dinámica De Sistemas, Bucaramanga 2010.

GONZÁLEZ Jorge y RODRÍGUEZ Julio, Propuesta de un modelo de simulación para el cultivo de la caña panelera bajo el enfoque sistémico, 1997

GUTIÉRREZ Claudia Yazmin, Proyecto De Desarrollo Productivo Cadena De Valor Frutícola Análisis Del Mercado Para Cacao, Agosto 2009

JOHNSON, James y otros, Manual De Manejo Y Producción Del Cacaotero, Nicaragua 2008

LASTRA Alexandra, Caracterización del circuito orgánico de la cadena de cacao en el Ecuador, Quito (Ecuador) 2003.

LEE Chuen Chien. Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I. Disponible en IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, V 20, No. 3 Marzo/Abril 1990, pp 404-418

MARTINEZ Hector y otros, La Cadena Del Cacao En Colombia: Una Mirada Global De Su Estructura Y Dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia, 2005

PAREDES Mendis, Manual del Cultivo de Cacao, Ministerio de Agricultura, Perú 2003

PARRA, C. M., PÉREZ, J. I., & TORRES, D. (2006). Modelación y simulación computacional de un proceso productivo de una pequeña empresa usando dinámica de sistemas. Ingeniería y Desarrollo, 20, 151-171.

PRESSMAN Roger. Ingeniería del software un enfoque practico. Editorial: McGraw Hill séptima edición.

SANCHEZ Jesús, Establecimiento y manejo de cacao con sombra, Agronómico tropical de investigación y enseñanza, Costa Rica, 1994.

SHRECKENGOST R. C., "Dynamic simulation models: How valid are they?", Road Maps: A guide to learning system dynamics, Chapter

STERMAN, J. D., Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, NY: McGraw-Hill Higher Education, 2000.

VAN DER HEYDEN Damien y Otros, Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas, Lima 2004.

VERGARA Juan Carlos y Otros, 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.

ZUÑIGA Mauricio y Otros, Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales, Nicaragua 2006

Agroalimentación, Cacao, clima y suelo, Disponible on line: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/cacao-clima-suelo-t761/078-p0.htm>, Junio de 2006, Consultada en Diciembre de 2010.





















El cacao: plantaciones, producción, polinización, plagas, variedades, composición y efectos del cacao, Disponible on line: <http://www.hipernova.cl/Notas/EICacao.html>, Consultada en Diciembre de 2010.























El cultivo de cacao, Disponible on line:
<http://www.abcagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>, Chile 2002.
Consultada en Diciembre de 2010.





















ANEXOS

ANEXO A. Ecuaciones Modelo De Producción de Cacao

☞	Nombre:	AdecuarTerreno
	Definición:	$IF(DineroProduccion > PrecioHectarea, IF(Terreno < (MaxHaCompra), 1, 0), 0)$
☞	Nombre:	Agua_Promedio
	Definición:	1700
☞	Nombre:	Almend_BF
	Definición:	0
☞	Nombre:	Almendras
	Definición:	0
☞	Nombre:	Altura_Terreno
	Definición:	900
☞	Nombre:	BeneficioFruto
	Definición:	Retardo_BF
☞	Nombre:	CalculaUtilidadP
	Definición:	Ingresos-Egresos
○	Nombre:	CalidadClima
	Definición:	$IC_Temp * IC_UbicaTierra * IC_Viento * IC_Precipitacion * IC_Sombra$
○	Nombre:	CalidadSuelo
	Definición:	$IC_Profundidad * IC_pH_Terreno * IC_Piedra_Garva * IC_Drenaje * IC_Porcen_Pendie$
☞	Nombre:	CostoPltRenovaci
	Definición:	20000
☞	Nombre:	CostosRenovacion
	Definición:	$Renovar * CostoPltRenovaci$
☞	Nombre:	Crecer_1
	Definición:	$RetCrecimiento * (1 - Fac_Muerte)$
☞	Nombre:	Crecer_2
	Definición:	$PltProduc_{5_10} * Tasa_Paso$
☞	Nombre:	Crecer_3
	Definición:	$PltProduc_{10_15} * Tasa_Paso$
☞	Nombre:	Crecer_4
	Definición:	$PltProduc_{15_20} * Tasa_Paso$
☞	Nombre:	Crecer_5
	Definición:	$PltProduc_{20_25} * Tasa_Paso$
☞	Nombre:	Crecer_6
	Definición:	$PltProduc_{25_30} * Tasa_Paso$
☞	Nombre:	Crecer_7
	Definición:	$PltProduc_{30_35} * Tasa_Paso$

	Nombre:	IC_UbicaTierra
	Definición:	INTLINEAL(0,0,100,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1,1,1,1,0.9,0.8,0.7,0,0,0)
	Nombre:	IC_Viento
	Definición:	INTLINEAL(0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0.9,0.8,0.7,0.6,0,0,0,0,0,0)
	Nombre:	IC_pH_Terreno
	Definición:	INTLINEAL(0,0,0.5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0.8,0.9,1,1,0.9,0.8,0,0,0,0,0)
	Nombre:	ISombra
	Definición:	0
	Nombre:	IngresoSombra
	Definición:	500000
	Nombre:	Ingresos
	Definición:	VenderAlmendTon*PrecioAlmendTon+Ingresos Sombra
	Nombre:	IngresosSombra
	Definición:	IF(t<=TiempoCrecSombra,0,PULSE(IngresoSombra,0,4,t,dt))
	Nombre:	InvIni
	Definición:	100000000
	Nombre:	MaxHaCompra
	Definición:	5
	Nombre:	Mazorcas
	Definición:	0
	Nombre:	P1
	Definición:	PltProduc_5_10*Produccion1
	Nombre:	P2
	Definición:	PltProduc_10_15*Produccion2
	Nombre:	P3
	Definición:	PltProduc_15_20*Produccion3
	Nombre:	P4
	Definición:	PltProduc_20_25*Produccion4
	Nombre:	P5
	Definición:	PltProduc_25_30*Produccion5
	Nombre:	P6
	Definición:	PltProduc_30_35*Produccion6
	Nombre:	P7
	Definición:	PltProduc_35_40*Produccion7
	Nombre:	P8
	Definición:	PltProduc_40_45*Produccion8
	Nombre:	P9
	Definición:	PltProduc_45_50*Produccion9
	Nombre:	PagarTrabajadore
	Definición:	Trabajadores*Salario

	Nombre:	PagoSalarios
	Definición:	0
	Nombre:	Pendiente_Terren
	Definición:	7
	Nombre:	PltCacao
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_10_15
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_15_20
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_20_25
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_25_30
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_30_35
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_35_40
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_40_45
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_45_50
	Definición:	0
	Nombre:	PltProduc_5_10
	Definición:	0
	Nombre:	PltProductoras
	Definición:	P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9
	Nombre:	PltRenovacion
	Definición:	0
	Nombre:	Por_Piedra_Grava
	Definición:	5
	Nombre:	Porcen_Drenaje
	Definición:	100
	Nombre:	PrecioAlmendTon
	Definición:	700000
	Nombre:	PrecioHectarea
	Definición:	25000000
	Nombre:	Produccion
	Definición:	INTLINEAL(0,0,0.1,0,0,0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.8,0.9,1,1)
	Nombre:	Produccion1
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion2
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion3
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)

	Nombre:	Produccion4
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion5
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion6
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion7
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion8
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion9
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Profundidad_Terr
	Definición:	1.5
	Nombre:	PromAlmendMazorc
	Definición:	RANDOM(15,20)
	Nombre:	PromMazArbol
	Definición:	RANDOM(0,5)
	Nombre:	PromMazorcaArbol
	Definición:	RANDOM(25,30)*Produccion
	Nombre:	Prom_CalidadSuel
	Definición:	(IC_Profundidad+IC_pH_Terreno+IC_Piedra_G arva+IC_Drenaje+IC_Porcen_Pendie)/5
	Nombre:	Promedio_IC
	Definición:	(IC_Temp+IC_UbicaTierra+IC_Viento+IC_Preci pitacion+IC_Sombra)/5
	Nombre:	Quebrar
	Definición:	PromAlmendMazorc*(RecolectarSemest+Recole crarQuince)
	Nombre:	RecolectarQuince
	Definición:	PULSE(PltProductoras*PromMazArbol,0,2,t,dt)
	Nombre:	RecolectarSemest
	Definición:	PULSE(PltProductoras*PromMazorcaArbol,0,24, t,dt)
	Nombre:	Renovar
	Definición:	TasaRenovacion*Creceer_9
	Nombre:	RetCrecimiento
	Definición:	RETARDO(Sembrar,TiempoCrecimient,Tiempo Crecimient,0)
	Nombre:	Retardo_BF
	Definición:	RETARDO(Quebrar, TiempoBF, TiempoBF, 0)
	Nombre:	Salario
	Definición:	150000
	Nombre:	Sembrar
	Definición:	IF(Fact_Clima_Suelo>0.7,IF(Densidad*Terreno<

		$=(PltCacao-Renovar),0,100),0)$
-⊖	Nombre:	Sombra_Promedio
	Definición:	1
-⊖	Nombre:	TPromedio1
	Definición:	7
-⊖	Nombre:	TPromedio2
	Definición:	13
-⊖	Nombre:	TPromedio3
	Definición:	17
-⊖	Nombre:	TPromedio4
	Definición:	23
-⊖	Nombre:	TPromedio5
	Definición:	27
-⊖	Nombre:	TPromedio6
	Definición:	33
-⊖	Nombre:	TPromedio7
	Definición:	37
-⊖	Nombre:	TPromedio8
	Definición:	43
-⊖	Nombre:	TPromedio9
	Definición:	47
-⊖	Nombre:	TasaRenovacion
	Definición:	0.9
-⊖	Nombre:	Tasa_Paso
	Definición:	0.0038
-⊖	Nombre:	TempePromedio
	Definición:	25
▣	Nombre:	Terreno
	Definición:	0
-⊖	Nombre:	TiempoBF
	Definición:	4
-⊖	Nombre:	TiempoCrecSombra
	Definición:	52
-⊖	Nombre:	TiempoCrecimient
	Definición:	200
▣	Nombre:	TonAlmenVendidas
	Definición:	0
-⊖	Nombre:	TrabPorHa
	Definición:	2
○	Nombre:	Trabajadores
	Definición:	TrabPorHa*Terreno
▣	Nombre:	Utilidad_Produc
	Definición:	0
-⊖	Nombre:	Vel_Viento_Prom
	Definición:	9

←	Nombre:	VenderAlmendTon
	Definición:	GrATon*BeneficioFruto
→	Nombre:	pH_Promedio
	Definición:	6

ANEXO B. Ecuaciones Modelo De Comercialización de Cacao

▣	Nombre:	AlmenIndustria
	Definición:	0
○	Nombre:	AlmendProducctTon
	Definición:	PULSE(1000,0,24,t,dt)+PULSE(300,0,4,t,dt)
▣	Nombre:	AlmendrasComerci
	Definición:	0
☞	Nombre:	C_Almendras
	Definición:	CompraAlmendras/PrecioTon
▣	Nombre:	C_Dinero
	Definición:	C_Invlni
☞	Nombre:	C_Egresos
	Definición:	CompraAlmendras+Transportar+OtrosGastos
☞	Nombre:	C_Ingresos
	Definición:	VenderAlmenIndus
☞	Nombre:	C_Invlni
	Definición:	200000000
☞	Nombre:	ComUtilidad
	Definición:	C_Ingresos-C_Egresos
☞	Nombre:	CompraAlmendras
	Definición:	IF(C_Dinero>AlmendProducctTon*PrecioTon,AlmendP roduccTon*PrecioTon,0)
▣	Nombre:	CostoCompraAlmen
	Definición:	0
○	Nombre:	CostoTransporte
	Definición:	10000
▣	Nombre:	DinTransporte
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ganancia
	Definición:	0.08
☞	Nombre:	OtrosGastos
	Definición:	800000
○	Nombre:	Precio
	Definición:	(PrecioTon*Ganancia)+PrecioTon
☞	Nombre:	PrecioTon
	Definición:	500000
☞	Nombre:	Retardo_Venta
	Definición:	RETARDO(C_Almendras, TVenta, TVenta, 0)
☞	Nombre:	TVenta
	Definición:	4
☞	Nombre:	Transportar
	Definición:	CostoTransporte*C_Almendras
▣	Nombre:	Utilidad

	Definición:	0
☞	Nombre:	VenderAlmenIndus
	Definición:	Retardo_Venta*Precio

ANEXO C. Ecuaciones Modelo Del Proceso Industrial del Cacao

☞	Nombre:	Ad_Insumos
	Definición:	ComprarInsumos/CostoInsumos
☞	Nombre:	AdquierirMaquinas
	Definición:	IF(Maquinaria>MaxMaquiCompra,0,IF(PI_Dinero>PrecioMaquinaria,1,0))
○	Nombre:	AlmendComTon
	Definición:	PULSE(1000,0,24,t,dt)+PULSE(300,0,4,t,dt)
▢	Nombre:	AlmendTostadas
	Definición:	0
▢	Nombre:	Almendras_PI
	Definición:	0
▢	Nombre:	Chocolate
	Definición:	0
▢	Nombre:	ChocolateVendido
	Definición:	0
☞	Nombre:	CompraAlmendras
	Definición:	IF(PI_Dinero>AlmendComTon*PrecioTon,AlmendComTon*PrecioTon,(AlmendComTon*PrecioTon)/2)
☞	Nombre:	CompraMaquinaria
	Definición:	AdquierirMaquinas*PrecioMaquinaria
☞	Nombre:	ComprarInsumos
	Definición:	PorcenInsumos*CompraAlmendras
▢	Nombre:	CostoCompraAlmen
	Definición:	0
○	Nombre:	CostoInsumos
	Definición:	PrecioTon*PorcenInsumos
▢	Nombre:	DinInsumos
	Definición:	0
▢	Nombre:	DinMaquinaria
	Definición:	0
▢	Nombre:	DineroSalarios
	Definición:	0
▢	Nombre:	Insumos
	Definición:	0
▢	Nombre:	LicorDeCacao
	Definición:	0
▢	Nombre:	Maquinaria
	Definición:	0
⊖	Nombre:	MaxMaquiCompra
	Definición:	20
⊖	Nombre:	NumTrabajadores
	Definición:	3

☞	Nombre:	PIUtilidad
	Definición:	PI_Ingresos-PI_Egresos
☞	Nombre:	PI_Almendras
	Definición:	CompraAlmendras/PrecioTon
🇺🇸	Nombre:	PI_Dinero
	Definición:	PI_Invlni
☞	Nombre:	PI_Egresos
	Definición:	CompraAlmendras+ComprarInsumos+PagarSalariosTra a
☞	Nombre:	PI_Ingresos
	Definición:	VenderChocolate*PrecioKgChocolat
☞	Nombre:	PI_Invlni
	Definición:	1000000000
☞	Nombre:	PagarSalariosTra
	Definición:	Trabajadores*Sueldo
☞	Nombre:	PorcenCacao
	Definición:	0.95
○	Nombre:	PorcenInsum
	Definición:	1-PorcenCacao
○	Nombre:	PorcenInsumos
	Definición:	0.4
☞	Nombre:	PorcenLicorCacao
	Definición:	0.8
☞	Nombre:	PrecioKgChocolat
	Definición:	9000
○	Nombre:	PrecioMaquinaria
	Definición:	100000000
☞	Nombre:	PrecioTon
	Definición:	500000
☞	Nombre:	PrepararChocolat
	Definición:	(PorcenCacao*Retardo_Transfor)+(Ad_Insumos*PorcenInsum)
📊	Nombre:	Retardo_Tostado
	Definición:	RETARDO(PI_Almendras, TiempoTostado, TiempoTostado, 0)
📊	Nombre:	Retardo_Transfor
	Definición:	RETARDO(TiempoTransforma, TiempoTransforma, TiempoTransforma, 0)
☞	Nombre:	Sueldo
	Definición:	200000
☞	Nombre:	TiempoTostado
	Definición:	4
📈	Nombre:	TiempoTransforma
	Definición:	INTLINEAL(0,0,1,15,14.5,13,11.5,11,10,9,8,7.5,5,4,4,4,4,4,4,4,4)

☞	Nombre:	TonAKg
	Definición:	1000
☞	Nombre:	Tostar
	Definición:	Retardo_Tostado
○	Nombre:	Trabajadores
	Definición:	NumTrabajadores*Maquinaria
☞	Nombre:	Transformar
	Definición:	PorcenLicorCacao*Tostar
▢	Nombre:	Utilidad_PI
	Definición:	0
☞	Nombre:	VenderChocolate
	Definición:	PrepararChocolat*TonAKg

ANEXO D. Ecuaciones Modelo De La Cadena Productiva Del Cacao






















☞	Nombre:	AdecuarTerreno
	Definición:	IF(CajaProduccion>PrecioHectarea,IF(Terreno<(MaxHaCompra),1,0),0)
☞	Nombre:	AdqMaquinas
	Definición:	CompraMaquinaria/PrecioMaquina
☞	Nombre:	Adq_Insumos
	Definición:	CompralInsumos/PrecioInsumos
☞	Nombre:	Agua_Promedio
	Definición:	1700
☞	Nombre:	AlBeneficioFruto
	Definición:	Retardo_BF
☞	Nombre:	AlmenComercializ
	Definición:	0
☞	Nombre:	AlmendCom
	Definición:	CompraAlmendras/PrecioAlmendTon
☞	Nombre:	AlmendTostadas
	Definición:	0
☞	Nombre:	Almend_BF
	Definición:	0
☞	Nombre:	Almendras
	Definición:	0
☞	Nombre:	Almendras_PI
	Definición:	0
☞	Nombre:	Altura_Terreno
	Definición:	900
☞	Nombre:	C_Egresos
	Definición:	CompraAlmendras+CostoTransportar
☞	Nombre:	C_Ingresos
	Definición:	PI_CompraAlmendr
☞	Nombre:	C_Invlni
	Definición:	100000000
☞	Nombre:	CajaComercializa
	Definición:	C_Invlni
☞	Nombre:	CajaProduccion
	Definición:	Invlni
☞	Nombre:	Caja_PI
	Definición:	PI_Invlni
☞	Nombre:	CalculaUtili_PI
	Definición:	PI_Ingresos-PI_Egresos
☞	Nombre:	CalculaUtilidadC
	Definición:	C_Ingresos-C_Egresos
☞	Nombre:	CalculaUtilidadP

	Definición:	Pro_Ingresos-Pro_Egresos
○	Nombre:	CalidadClima
	Definición:	IC_Temp*IC_UbicaTierra*IC_Viento*IC_Precipitacion*IC_Sombra
○	Nombre:	CalidadSuelo
	Definición:	IC_Profundidad*IC_pH_Terreno*IC_Piedra_Garva*IC_Drenaje*IC_Porcen_Pendie
■	Nombre:	Chocolate
	Definición:	0
☞	Nombre:	CompraAlmendras
	Definición:	IF(CajaComercializa>(VenderAlmendTon*PrecioAlmendTon),PrecioAlmendTon*VenderAlmendTon,0)
☞	Nombre:	Comprainsumos
	Definición:	PI_CompraAlmendr*PorcenInsumos
☞	Nombre:	CompraMaquinaria
	Definición:	IF(CompraMaxMaquina>Maquinas,IF(Caja_PI>PrecioMaquina,PrecioMaquina,0),0)
☞	Nombre:	CompraMaxMaquina
	Definición:	5
■	Nombre:	CostoCompraAlmen
	Definición:	0
☞	Nombre:	CostoPltRenovaci
	Definición:	20000
☞	Nombre:	CostoTransportar
	Definición:	CompraAlmendras*PorcenTransporte
☞	Nombre:	CostosRenovacion
	Definición:	Renovar*CostoPltRenovaci
☞	Nombre:	Crecer_1
	Definición:	RetCrecimiento*(1-Fac_Muerte)
☞	Nombre:	Crecer_2
	Definición:	PltProduc_5_10*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_3
	Definición:	PltProduc_10_15*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_4
	Definición:	PltProduc_15_20*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_5
	Definición:	PltProduc_20_25*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_6
	Definición:	PltProduc_25_30*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_7
	Definición:	PltProduc_30_35*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_8
	Definición:	PltProduc_35_40*Tasa_Paso
☞	Nombre:	Crecer_9
	Definición:	PltProduc_40_45*Tasa_Paso

	Definición:	PltProduc_30_35*Produccion6
○	Nombre:	P7
	Definición:	PltProduc_35_40*Produccion7
○	Nombre:	P8
	Definición:	PltProduc_40_45*Produccion8
○	Nombre:	P9
	Definición:	PltProduc_45_50*Produccion9
☞	Nombre:	PI_Almendras
	Definición:	PI_CompraAlmendr/Precio
☞	Nombre:	PI_CompraAlmendr
	Definición:	IF(Caja_PI>VenderAlmdIndus,VenderAlmdIndus,VenderAlmdIndus/2)
☞	Nombre:	PI_Egresos
	Definición:	PI_CompraAlmendr+CompralInsumos+CompraMaquinaria
☞	Nombre:	PI_Ingresos
	Definición:	DinVentasChocola
☞	Nombre:	PI_Invlni
	Definición:	1000000000
☞	Nombre:	PagarTrabajadore
	Definición:	Trabajadores*Salario
☞	Nombre:	PagoSalarios
	Definición:	0
☞	Nombre:	Pendiente_Terren
	Definición:	7
☞	Nombre:	PltCacao
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_10_15
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_15_20
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_20_25
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_25_30
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_30_35
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_35_40
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_40_45
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_45_50
	Definición:	0
☞	Nombre:	PltProduc_5_10
	Definición:	0

○	Nombre:	PltProductoras
	Definición:	P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9
■	Nombre:	PltRenovacion
	Definición:	0
↔	Nombre:	PltRenovar
	Definición:	Renovar
⊖	Nombre:	Por_Piedra_Grava
	Definición:	5
⊖	Nombre:	PorcenCacao
	Definición:	0.95
⊖	Nombre:	PorcenGanancia
	Definición:	0.01
○	Nombre:	PorcenInsum
	Definición:	1-PorcenCacao
⊖	Nombre:	PorcenInsumos
	Definición:	0.2
⊖	Nombre:	PorcenLicorCacao
	Definición:	0.8
⊖	Nombre:	PorcenTransporte
	Definición:	0.3
⊖	Nombre:	Porcen_Drenaje
	Definición:	100
○	Nombre:	Precio
	Definición:	PrecioAlmendTon*(1+PorcenGanancia+PorcenTransporte)
⊖	Nombre:	PrecioAlmendTon
	Definición:	700000
○	Nombre:	PrecioHectarea
	Definición:	25000000
○	Nombre:	PrecioInsumos
	Definición:	Precio*PorcenInsumos
⊖	Nombre:	PrecioKgChocolat
	Definición:	10000
⊖	Nombre:	PrecioMaquina
	Definición:	100000000
↔	Nombre:	PrepararChocolat
	Definición:	LicorDeCacao+(Insumos*PorcenInsum)
↔	Nombre:	Pro_Egresos
	Definición:	(AdecuarTerreno*PrecioHectarea)+PagarTrabajadore+CostosRenovacion+OtrosCostos
↔	Nombre:	Pro_Ingresos
	Definición:	VenderAlmendTon*PrecioAlmendTon+IngresosSombra
☑	Nombre:	Produccion
	Definición:	INTLINEAL(0,0,0.1,0,0,0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.8,0.9,1,1)

	Nombre:	Produccion1
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion2
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion3
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion4
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion5
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion6
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion7
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion8
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Produccion9
	Definición:	INTLINEAL(1,0,5,0.2,0.8,1,1,1,0.9,0.3,0,0,0,0,0)
	Nombre:	Profundidad_Terr
	Definición:	1.5
	Nombre:	PromAlmendMazorc
	Definición:	RANDOM(15,20)
	Nombre:	PromMazArbol
	Definición:	RANDOM(0,5)
	Nombre:	PromMazorcaArbol
	Definición:	RANDOM(25,30)*Produccion
	Nombre:	Prom_Suelo
	Definición:	(IC_Profundidad+IC_pH_Terreno+IC_Piedra_Garva+IC_Drenaje+IC_Porcen_Pendie)/5
	Nombre:	Promedio_IC
	Definición:	(IC_Temp+IC_UbicaTierra+IC_Viento+IC_Precipitacion+IC_Sombra)/5
	Nombre:	Quebrar
	Definición:	PromAlmendMazorc*(RecolectarSemest+RecolectarQuince)
	Nombre:	RecolectarQuince
	Definición:	PULSE(PltProductoras*PromMazArbol,0,2,t,dt)
	Nombre:	RecolectarSemest
	Definición:	PULSE(PltProductoras*PromMazorcaArbol,0,24,t,dt)
	Nombre:	Renovar
	Definición:	TasaRenovacion*Creceer_9
	Nombre:	RetCrecimiento
	Definición:	RETARDO(Sembrar,TiempoCrecimient,TiempoCrecimiento,0)
	Nombre:	Retardo_BF

	Definición:	RETARDO(Quebrar, TiempoBF, TiempoBF, 0)
	Nombre:	Retardo_Tostado
	Definición:	RETARDO(PI_Almendras, TiempoTostado, TiempoTostado, 0)
	Nombre:	Salario
	Definición:	150000
	Nombre:	Sembrar
	Definición:	IF(Fact_Clima_Suelo>0.7,IF(Densidad*Terreno<=(PltCacao),0,50),0)
	Nombre:	Sombra_Promedio
	Definición:	1
	Nombre:	TPromedio1
	Definición:	7
	Nombre:	TPromedio2
	Definición:	13
	Nombre:	TPromedio3
	Definición:	17
	Nombre:	TPromedio4
	Definición:	23
	Nombre:	TPromedio5
	Definición:	27
	Nombre:	TPromedio6
	Definición:	33
	Nombre:	TPromedio7
	Definición:	37
	Nombre:	TPromedio8
	Definición:	43
	Nombre:	TPromedio9
	Definición:	47
	Nombre:	TasaRenovacion
	Definición:	0.9
	Nombre:	Tasa_Paso
	Definición:	0.0038
	Nombre:	TempePromedio
	Definición:	25
	Nombre:	Terreno
	Definición:	0
	Nombre:	TiempoBF
	Definición:	4
	Nombre:	TiempoCrecSombra
	Definición:	52
	Nombre:	TiempoCrecimient
	Definición:	200
	Nombre:	TiempoTostado
	Definición:	4

☞	Nombre:	TonAKg
	Definición:	1000
☞	Nombre:	Tostar
	Definición:	Retardo_Tostado
☞	Nombre:	TrabPorHa
	Definición:	2
○	Nombre:	Trabajadores
	Definición:	TrabPorHa*Terreno
☞	Nombre:	Transformar
	Definición:	Tostar*PorcenLicorCacao
▢	Nombre:	Utilidad_Comerci
	Definición:	0
▢	Nombre:	Utilidad_PI
	Definición:	0
▢	Nombre:	Utilidad_Produc
	Definición:	0
☞	Nombre:	Vel_Viento_Prom
	Definición:	9
☞	Nombre:	VenderAlmdIndus
	Definición:	AlmendCom*Precio
☞	Nombre:	VenderAlmendTon
	Definición:	GrATon*Almend_BF*DecVen
☞	Nombre:	VenderChocolate
	Definición:	TonAKg*PrepararChocolat
▢	Nombre:	kg_ChocolateVend
	Definición:	0
☞	Nombre:	pH_Promedio
	Definición:	6
☞	Nombre:	ContadorSemanaPro
	Definición:	IF(AND(Almend_BF>0,DecVen=0),1,0)
▢	Nombre:	SemanasSinVender
	Definición:	0
☞	Nombre:	Ventas
	Definición:	IF(VenderAlmendTon>0,SemanasSinVender,0)
○	Nombre:	DecVen
	Definición:	IF(Precio_Mercado>Parametro_1,1,IF(SemanasSinVender=24,1,0))
☞	Nombre:	Parametro_1
	Definición:	700000
◎	Nombre:	Precio_Mercado
	Definición:	RANDOM(650000,750000)

ANEXO E. Formato De Pruebas De Software

FORMATO DE EVALUACION DE LA INTERFAZ SOFTWARE CACAOSOFT 1.0						
Nombre:						
Fecha:						
Institución:						
Marque con una X Si o No y la proporción de la afirmación o negación anteriormente escogida. Si no sabe responder o no entiende la pregunta no conteste	Si	No	Bajo	Aceptable	Muy Bueno	Excelente
¿Permite la modificación de datos en la interfaz CacaoSoft 1.0?						
¿Posee un diseño general, claro y atractivo de la pantalla?						
¿La información que se presenta es apropiada para los usuarios al cual esta dirigido el software?						
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?						
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y esta relacionada con sus problemas de interés?						
¿La separación de las variables dependiendo el eslabón en el cual se encuentra facilita la comprensión de la aplicación?						
¿La terminología usada es clara y esta acorde con la empleada en el medio de la agricultura?						
¿La aplicación en general aporta al aprendizaje de los procesos de la cada uno de los actores de la cadena y es útil para la toma de decisiones?						
¿El software presenta errores cuando se esta ejecutando?						
¿El software permite tener acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesarios?						
¿El software permite que el usuario tenga la posibilidad de decidir que información y en que orden trabajar?						
¿El software puede utilizarse varias veces sin salirse, o una vez ejecutado ya no es nuevamente utilizable si no se ingresa de nuevo al sistema?						
¿La ventana principal permite que el usuario se haga una idea global de los módulos que tiene el software?						
¿El software guía al usuario en el proceso de la simulación?						

¿Las imágenes empleadas ilustran de forma clara su funcionalidad en el software?						
¿Promueve el desarrollo de la iniciativa y el aprendizaje autónomo y significativo de los usuarios?						
¿Fomenta el desarrollo de estrategias de aprendizaje a los usuarios, que les permita planificar, regular y evaluar su propia actividad de aprendizaje?						
¿El modulo de ayuda permite al usuario solucionar por si mismo las dudas que tenga referentes al manejo y funcionamiento del software?						
¿El software ofrece diferentes posibilidades de uso, de acuerdo con las necesidades e intenciones del usuario?						
¿Se pueden ejecutar las simulaciones bajo diferentes condiciones variando los parámetros como la inversión inicial, tiempo de simulación, etc.?						
¿Los resultados obtenidos luego de la simulación permiten sacar conclusiones de la situación planteada?						