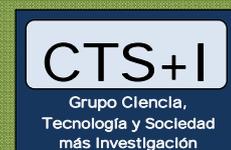


# MODELAMIENTO DE CADENAS AGROINDUSTRIALES MEDIANTE SIMULACIÓN DE REDES

JULIO ADOLFO AMÉZQUITA LÓPEZ  
JUAN CARLOS VERGARA SCHMALBACH  
FRANCISCO JAVIER MAZA ÁVILA



Universidad de Cartagena



## INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

### JULIO ADOLFO AMEZQUITA LOPEZ



Ingeniero Industrial de La Pontificia Universidad Javeriana. Magíster en Administración de la Universidad Nacional. Docente de tiempo Completo y Director del Instituto de Políticas Públicas, Regionales y de Gobierno de la Universidad de Cartagena. Consultor de Amezco S.A. Miembro del grupo Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Libros Publicados (coautor): Agenda Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento de Bolívar ISBN: 978-958-97865-3-6 (2006) y Simulación de Cadenas Agroindustriales ISBN: 978-958-44306-2-5 (2008). E-mail: [amezco@gmail.com](mailto:amezco@gmail.com)

### JUAN CARLOS VERGARA SCHMALBACH



Ingeniero Industrial Universidad Tecnológica de Bolívar. Especialista en Finanzas de la Universidad de Cartagena. Magíster en Administración de la Universidad Nacional. Docente de tiempo Completo y Director de Programa (e) de Administración Industrial, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Cartagena. Consultor de Amezco S.A. Miembro del grupo Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Libros publicados: Métodos Cuantitativos con WINQSB ISBN- 978-84-690-3681-5 (2006), Estadística Básica con aplicaciones en MS EXCEL ISBN: 978-84-690-5503-8 (2007) y Simulación de Cadenas Agroindustriales ISBN: 978-958-44306-2-5 (2008). E-mail: [juancarlosvergaras@yahoo.com.mx](mailto:juancarlosvergaras@yahoo.com.mx)

### FRANCISCO JAVER MAZA AVILA



Administrador Industrial y Especialista © en Gestión Gerencial, Universidad de Cartagena. Asistente de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Cartagena y consultor de Amezco S.A. Miembro del grupo Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Libros publicados (coautor): Agenda Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento de Bolívar ISBN 978-958-97865-3-6 (2006) y Simulación de Cadenas Agroindustriales ISBN: 978-958-44306-2-5 (2008). E-mail: [franciscomaza@hotmail.com](mailto:franciscomaza@hotmail.com)

## PROLOGO

El lector encontrará hoy en día un término recurrente en los espacios de discusión y de concertación territorial: *Competividad*. De una forma sencilla, la competitividad debe responder cuestiones fundamentales de hoy y hacia nuestro futuro: ¿Para que servimos como territorio, organización y grupo?, ¿Cómo logramos producir y vender más y mejores cosas a otros territorios?, ¿Cómo logramos producir nuestras actividades industriales y comerciales, equilibrándolas con el concepto de eficiencia social?, ¿Qué competencias debemos empezar a formar hoy para tener prosperidad mañana?

Este libro desarrolla una aproximación sistémica para el problema de la competitividad, partiendo del entendimiento que las cadenas productivas, que se vuelven exitosas como conglomerados (clusters), es posible modelarlas y caracterizarlas en forma dinámica (bajo modelos) adquiriendo formas explícitas para visualizarlas, medirlas y proyectarlas como redes. Dichas redes muestran las relaciones (contratos o flujos) y las organizaciones (actores o agentes productivos) y evidencian mejor el efecto de los cambios de entorno, de las alianzas o de la implementación de proyectos y sus repercusiones en forma directa e indirecta.

Este libro aporta una óptica sobre cómo podemos articular mejor (entiéndase en forma rentable y socialmente eficiente) los esfuerzos institucionales y productivos en Colombia y particularmente en la Región Caribe. Esperamos que el lector encuentre amena esta lectura y encuentre aplicaciones a estas metodologías y ejemplos en otros ámbitos y situaciones para la productividad y la competitividad de cualquier territorio.

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes del Programa de Administración Industrial de la Universidad de Cartagena participantes en la investigación que motivó la escritura de este libro, quienes emprendieron un viaje en el aprendizaje de los modelos de redes y la simulación, y lograron llegar a los municipios en el sur de Bolívar para constatar y sustentar la información dada en este documento:

- **Cadena Productiva del Mango:** Rigobert Babilonia Márquez y Francisco Javier Maza Ávila.
- **Cadena Productiva del Aguacate:** Blanca Alicia Deulofeu Vargas y Joyce Ximena González Arroyo
- **Cadena Productiva de Cítricos:** Jorge Ignacio Blanco Agudelo y Angela Patricia Bustamante Peña
- **Cadena Productiva del Ñame:** Julio José Doria Hernández y Ana Milena Gastelbondo Mendoza
- **Cadena Productiva de la Guanábana:** Luis Alfredo Elles De Ávila y Yolanda Jaimes Castaño

A los funcionarios de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolívar, quienes nos apoyaron y colaboraron siempre, entre ellos al entonces señor secretario de Agricultura Ramiro Pereira, David Acuña, Iván Frieri, Jairo Aguirre; a los funcionarios del SENA, entre ellos el Doctor Ciro Castillo, al Ingeniero Rafael Campo y sus colaboradores, Evaristo Morales, Rafael Morales, Álvaro González, Carlos Gómez Benito y John Barrios; a los miembros de las distintas UMATA's.

A la Universidad de Cartagena y sus funcionarios que apoyaron este proyecto entre ellos al Centro de Investigaciones científicas y Tecnológicas-CICTE, el Departamento de Investigaciones Económicas y Sociales-DIES, la Facultad de Ciencias Económicas y a los docentes de los programas de Administración Industrial e Ingeniería de Alimentos.

A los miembros del grupo CTS+I (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) y del Observatorio del Caribe. A AMEZCO S.A. como fuente de impulso a la investigación con claro impacto en el bienestar social y concluyente del proyecto.

A nuestras familias, quienes nos brindaron su apoyo y creyeron en nosotros y, ante todo, a Dios por acompañarnos todo el tiempo, y darnos fortaleza y perseverancia.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	11
Capitulo 1. las cadenas productivas bajo la óptica de la dinámica de sistemas....	13
1.1 cadenas productivas, prospectiva y simulación.....	18
Capitulo 2: caracterización de cadenas productivas mediante modelos de redes	23
2.1 caracterización de los actores .....	24
2.2 relación entre actores .....	26
2.3 creación y análisis de escenarios.....	31
2.4 resumen de la metodología de caracterización de cadenas productivas .....	35
Capitulo 3: Construcción De La Cadena Productiva Paso A Paso.....	38
3.1 ejemplo de construcción de un modelo .....	38
3.1.1 un ejemplo sencillo: calculando los ingresos mensuales.....	39
3.1.2 mostrar datos mediante el uso de tablas.....	45
3.1.3 mostrar datos mediante el uso de gráficos.....	46
3.1.4 incluyendo costos variables y fijos al modelo de ejemplo.....	48
3.1.5 incrementando la demanda a una tasa fija.....	50
3.2 ejemplo de construcción de la cadena productiva paso a paso .....	52
3.2.1 paso 1: la red global .....	52
3.2.2 paso 2: caracterización de los actores .....	53
3.2.3 paso 3: construcción de la red detallada .....	60
3.2.3 paso 4: simulación del modelo .....	64
Capitulo 4: Caracterización De La Cadena Productiva Del Mango En El Departamento De Bolívar.....	67
4.1 características generales de la cadena .....	67
4.2 caracterización de los actores .....	68
4.3 modelo de red .....	72
4.4 simulación y análisis de escenarios .....	77
4.4.1 aumento y disminución de las hectáreas cosechadas .....	78
4.4.2 aumento y disminución del rendimiento por hectárea .....	81

4.4.3 aumento y disminución del desperdicio.....	82
4.4.4 aumento en el porcentaje de compra del mayorista.....	84
4.4.5 variaciones en el porcentaje de destinación del mango en fresco a la transformación en pulpa, jugo y compota.....	86
4.5 conclusiones del análisis de la simulación .....	88
índice.....	91
bibliografía.....	93

## TABLAS

Tabla 1. Complejidad de la dinámica en un sistema .....	14
Tabla 2. Discurso teórico práctico de Decouflé .....	18
Tabla 3. Ejemplo de variables / constantes que caracterizan a un actor en una cadena productiva .....	25
Tabla 4. Escenario propuesto para la cadena productiva del mango en el Departamento de Bolívar .....	32
Tabla 5. Resultados del escenario “variación de hectáreas cosechadas” para la cadena productiva de la guanábana en el Departamento de Bolívar .....	33
Tabla 6. Margen bruto de comercialización por actor (MBA) para la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar .....	34
Tabla 7. Cuadro de elasticidades a partir de la variación de las hectáreas cosechadas para la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar para cada actor .....	35
Tabla 8. Comparativo entre el método de escenarios y simulación .....	36
Tabla 9. Variables que caracterizan al Productor .....	54
Tabla 10. Variables que caracterizan al Transportador 1 .....	54
Tabla 11. Variables que caracterizan al Transportador 2 .....	55
Tabla 12. Conjunto de variables adicionales .....	56
Tabla 13. Variables de proceso para los Transportadores .....	60
Tabla 14. Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Productores .....	68
Tabla 15. Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Asociación .....	69
Tabla 16. Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Mayorista .....	69
Tabla 17. Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Procesador Industrial .....	70
Tabla 18. Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Minorista .....	72
Tabla 19. Precio ponderado consumidor (Cadena Productiva del Mango) .....	77
Tabla 20. Márgenes Bruto de Comercialización por Actores de la cadena productiva del mango .....	78
Tabla 21. Valores parámetros para la simulación .....	79
Tabla 22. Incrementos y disminuciones de las hectáreas cosechadas para la cadena productiva del mango .....	79
Tabla 23. Resumen de la variación de las hectáreas cosechadas en la cadena productiva del mango .....	79

Tabla 24. Elasticidades de las variables dependientes con respecto a las hectáreas cosechadas .....	80
Tabla 25. Valores parámetros para la simulación .....	81
Tabla 26. Incrementos y disminuciones de los rendimientos (Ton/ha) en la cadena productiva del mango .....	81
Tabla 27. Resumen de la variación de los rendimientos (Ton/ha) en la cadena productiva del mango .....	81
Tabla 28. Elasticidades de las variables dependientes con respecto a los rendimientos (Ton/ha) en la cadena productiva del mango.....	82
Tabla 29. Valores parámetros para la simulación: Incrementos y disminuciones del desperdicio del productor en la cadena productiva del mango .....	82
Tabla 30. Incrementos y disminuciones del desperdicio del productor en la cadena productiva del mango .....	83
Tabla 31. Resumen de la variación del desperdicio del productor .....	83
Tabla 32. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al porcentaje de desperdicios del productor .....	83
Tabla 33. Elasticidades vs. Escenarios simulados productor en la cadena productiva del mango .....	84
Tabla 34. Valores parámetros para la simulación: Incrementos de los porcentajes de compra del mayorista en la cadena productiva del mango .....	84
Tabla 35. Incrementos de los porcentajes de compra del mayorista en la cadena productiva del mango .....	85
Tabla 36. Resumen de los incrementos de los porcentajes de compra del mayorista en la cadena productiva del mango .....	85
Tabla 37. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al porcentaje de compra del mayorista en la cadena productiva del mango .....	85
Tabla 38. Valores parámetros para la simulación: Incrementos de los porcentajes de pulpa de mango.....	86
Tabla 39. Incrementos de los porcentajes de destinación de mango en fresco para obtención de pulpa .....	86
Tabla 40. Resumen del incremento de los porcentajes de mango en fresco para obtención de pulpa .....	86
Tabla 41. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al incremento de los porcentajes de mango en la obtención de pulpa .....	86
Tabla 42. Incrementos de los porcentajes de destinación de mango en fresco para obtención de compota .....	87
Tabla 43. Resumen del incremento de los porcentajes de mango en fresco para obtención de compota .....	87
Tabla 44. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al incremento de los porcentajes de mango en la obtención de compota .....	87

Tabla 45. Elasticidades vs. Escenarios simulados agroindustria en la cadena productiva del mango .....	88
--	----

## FIGURAS

Figura 1. Procedimiento para aplicar la Dinámica de Sistemas .....	14
Figura 2. Modelado mediante dinámica de sistemas .....	15
Figura 3. Relaciones positivas y negativas entre variables .....	16
Figura 4. Ciclos cerrados en la dinámica de sistemas .....	17
Figura 5. Método de escenarios (GODET, 2000) y simulación .....	19
Figura 6. Pasos generales para la creación del modelo matemático .....	19
Figura 7. Resumen de variables de entrada al sistema para la simulación de la cadena productiva .....	21
Figura 8. Variables de proceso y salida del sistema .....	22
Figura 9. Ejemplo de una red global: cadena productiva de cítricos en el departamento de Bolívar, año 2005 .....	24
Figura 10. Restricción de la variable producción.....	26
Figura 11. Ejemplos de comportamientos asociados a la variable producción a partir del análisis de datos históricos.....	27
Figura 12. Ejemplo de conexión entre actores .....	29
Figura 13. Modelo de red elaborado para la cadena productiva del aguacate en el departamento de Bolívar .....	30
Figura 14. Etapas para la construcción de un modelo de red .....	37
Figura 15. Desarrollo del Ejemplo 1 (capítulo 3).....	39
Figura 16. Creación del nodo Demanda.....	39
Figura 17. Ventana de edición de variables .....	40
Figura 18. Cuadro de edición de variables.....	40
Figura 19. Valor constante del nodo Demanda .....	41
Figura 20. Creación de un nodo de Almacenamiento .....	41
Figura 21. Edición del nodo de Almacenamiento .....	41
Figura 22. Adición de la variable Precio .....	42
Figura 23. Valor constante del nodo Precio .....	42
Figura 24. Adición de la variable Ingreso de Ventas .....	43
Figura 25. Edición del nodo Ingreso de Ventas.....	43
Figura 26. Opción Time Specs o Especificar Tiempo.....	44
Figura 27. Se establece el intervalo (en este caso equivale a un mes de 30 días	44
Figura 28. Especificación de la Unidad de Tiempo .....	44
Figura 29. Botones Gráficos y Tablas .....	44
Figura 30. Table Pad.....	45
Figura 31. Edición de tablas .....	45
Figura 32. Selección de variables a mostrar en una tabla.....	46
Figura 33. Menú Run. Ejecución de una simulación .....	46
Figura 34. Vista completa del ejemplo 1 .....	46
Figura 35. Generación de gráficos en I Think.....	47
Figura 36. Selección de variables a mostrar en un gráfico.....	47
Figura 37. Gráfico sobre los Ingresos de Ventas .....	48
Figura 38. Ejemplo 2 con la inclusión de costos variables y costos fijos.....	49

Figura 39. Conexión entre Costos Variables, Costos Fijos e Ingreso de Ventas ..	49
Figura 40. Calculo del Ingreso de Ventas .....	49
Figura 41. Resultados de la simulación Ejemplo 2.....	50
Figura 42. Inclusión del nodo Tasa .....	50
Figura 43. Incremento porcentual de la demanda .....	51
Figura 44. Calculo de la Demanda .....	51
Figura 45. Resultados de la simulación del Ejemplo 3 .....	52
Figura 46. Paso 1: Construcción de la Red Global.....	52
Figura 47. Red global de una cadena productiva tomada como ejemplo.....	53
Figura 48. Paso 2: Caracterización de los actores .....	53
Figura 49. Representación de los Nodos para el Productor .....	56
Figura 50. Ventana de edición del nodo Producción .....	56
Figura 51. Modelo de redes para el Productor sin incluir Capacidad .....	57
Figura 52. Condicional de Capacidad para el nodo Producción.....	58
Figura 53. Modelo de redes para el Productor incluyendo Capacidad .....	58
Figura 54. Botón para agrupar variables (Sector Frame) .....	59
Figura 55. Agrupación de variables mediante un marco .....	59
Figura 56. Nodos para el Transportador 1 .....	59
Figura 57. Paso 1: Construcción de la Red Detallada.....	60
Figura 58. Conexión entre Productor y Transportador 1 .....	61
Figura 59. Modelo de redes para el Transportador 1 sin incluir Capacidad .....	61
Figura 60. Edición del Nodo Toneladas Transportadas .....	62
Figura 61. Modelo de redes para el Transportador 1 incluyendo Capacidad .....	62
Figura 62. Representación del modelo de redes simplificado. ....	63
Figura 63. Modelo de redes completo para la cadena productiva del ejemplo.....	63
Figura 64. Paso 1: Construcción de la Red Global.....	64
Figura 65. Especificaciones del tiempo para la simulación de la cadena productiva .....	64
Figura 66. Resultados de la simulación: variables de utilidad .....	65
Figura 67. Resultados de la simulación: toneladas vendidas y transportadas con éxito.....	65
Figura 68. Resultados de la simulación: mano de obra contratada.....	66
Figura 69. Resultados de la simulación: producción mensual.....	66
Figura 70. Red de la Cadena Productiva del Mango.....	67
Figura 71. Cadena productiva del mango: nodo productor .....	72
Figura 72. Cadena productiva del mango: nodo asociación.....	73
Figura 73. Cadena productiva del mango: nodo mayorista .....	73
Figura 74. Cadena productiva del mango: nodo procesador industrial .....	74
Figura 75. Cadena productiva del mango: nodo minorista .....	74
Figura 76. Red detallada para la cadena productiva del mango en el sur de Bolívar .....	75

## INTRODUCCIÓN

Este libro aborda la metodología que permite la caracterización de cadenas productivas hortofrutícolas, mediante un modelo de redes dinámicas, analizando los niveles de desempeño de cada uno de los actores del encadenamiento, los índices de empleos generados por cadena, la productividad y el valor agregado.

La ventaja de la aplicación de modelos de redes y simulación, radica en que permiten la creación de posibles escenarios que, como un trabajo prospectivo serio, permitirán potencializar las alternativas de desarrollo de cada cadena a través de la modificación u adición de las variables de estudio. Este proyecto involucra la selección de los contextos que propenden un impacto mayor en la generación de empleo, valor agregado y productividad, como recomendación general a los entes oficiales encargados de la administración del agro bolivarenses.

Se comenzará con un pequeño preámbulo a la dinámica de sistemas, para luego concluir con la metodología general para la construcción de redes aplicable a cualquier clase de cadena productiva.

En el tercer capítulo se incluye una introducción al manejo de la herramienta I THINK, software aplicativo para la creación de redes dinámicas, y con los cuales, se trabajó en el diseño y análisis de las principales cadenas hortofrutícolas del departamento de Bolívar.

En el último capítulo se analiza el caso de la cadena del mango en departamento de Bolívar. Esta caracterización incluye una descripción general de los actores involucrados en cada una de las cadenas, el estado actual de producción, tecnología, empleos generados y el aprovechamiento actual e ideal de suelos en colaboración con el CIGAI (Centro de Información Geográfica Agropecuaria Integral) del SENA.

En el modelo de red completo se identifican las variables que describen a los actores y los ejes de relación entre ellas, descrito para la cadena hortofrutícola del mango. Adicional a esto, se plantearán variables (o actores) adicionales o se modificarán los valores de las ya establecidas, para crear nuevas alternativas de desarrollo empleando la metodología de simulación por escenarios.

Se incluyen los resultados de la simulación de escenarios para las cadenas del aguacate, cítricos, ñame y guanábana, ejercicio realizado dentro del macroproyecto llevado a cabo por el Programa de Administración Industrial de la Universidad de Cartagena en el departamento de Bolívar, analizados a través de su valor agregado por actor, para finalizar con la selección de aquellas alternativas que presenten mayores incrementos en la utilidad y generación de empleo.

Por último, se exponen las conclusiones del estudio con las recomendaciones pertinentes para el desarrollo de las cadenas productivas hortofrutícolas en Bolívar.

Se espera que este libro se convierta en un modelo a seguir para la caracterización de cualquier tipo de cadena productiva ,que gracias a la simulación basada en el modelo de redes dinámicas, se puedan desarrollar propuestas mucho más confiables y orientadas al crecimiento económico de una región y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

## **CAPITULO 1. LAS CADENAS PRODUCTIVAS BAJO LA ÓPTICA DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

*La dinámica de sistemas representa un método para la construcción de modelos de sistemas sociales, susceptibles de ser simulados por ordenador.*

La dinámica de sistema se emplea para el estudio de procesos sociales y económicos que, debido a su alto poder descriptivo y posibilidad de adaptarse a un modelo matemático, simplifica el análisis y permite su posterior simulación mediante el uso de ordenadores. Desde que la dinámica de sistema fue concebida en los años 60 en el MIT<sup>1</sup> por Jay W. Forrester (FORRESTER J. W., 1995, pág. 8), sus aplicaciones sean difundido en el sector empresarial con un crecimiento exponencial, abarcando temas relacionados con el manejo de activos, servicios financieros, simulación de procesos, defensa, logística y consultoría (WYATT, 2005, pág. 2). Ser modelador en dinámica de sistemas requiere de ciertas habilidades como un pensamiento dinámico, causal, perspectivo, operacional, cíclico, cuantitativo y científico (RICHMOND B. , 1998) que hacen de este oficio una actividad interesante, que por sus beneficios, debería ser un tema obligado para el análisis de cualquier clase de sistema en las instituciones de educación superior.

El hombre toma acciones, muchas veces, sin ser consciente del impacto que tienen sus propias decisiones. Visión restrictiva se debe, en general, a la falta de comprensión que tiene sobre el problema (y los elementos que lo componen) que desea solucionar, además de no contar con las herramientas adecuadas para verificar las consecuencias de una decisión (STERMAN, 2001, pág. 10). Es en ese punto donde la dinámica de sistemas juega un papel importante, al escrudiñar el propio sistema, entendiendo las causas y efectos que generan su comportamiento, a través de un modelo matemático.

El ejercicio de modelación involucra la representación del sistema mediante un diagrama de flujo, donde las variables que lo describen se relacionan mediante el uso de conectores o flechas. Este tipo de diagramas hacen de la dinámica de sistema una herramienta mucho más intuitiva que los antiguos modelos, meramente matemáticos, que implicaban complejos algoritmos secuenciales.

El éxito de la simulación de un sistema complejo demanda más que herramientas técnicas y modelos matemáticos. En la tabla 1 se pueden observar los postulados que explican la complejidad de la dinámica en un sistema. La aplicación de la dinámica de sistemas requiere la participación de un equipo interdisciplinario conformado, básicamente, por los expertos (conocedores del sistema), el

---

<sup>1</sup> Massachusetts Institute of Technology

modelador (crea el diagrama de flujo), un programador (introduce los datos al ordenador) y estadísticos (interpretan los resultados) (PARRA, PÉREZ, & TORRES, 2006, pág. 152).

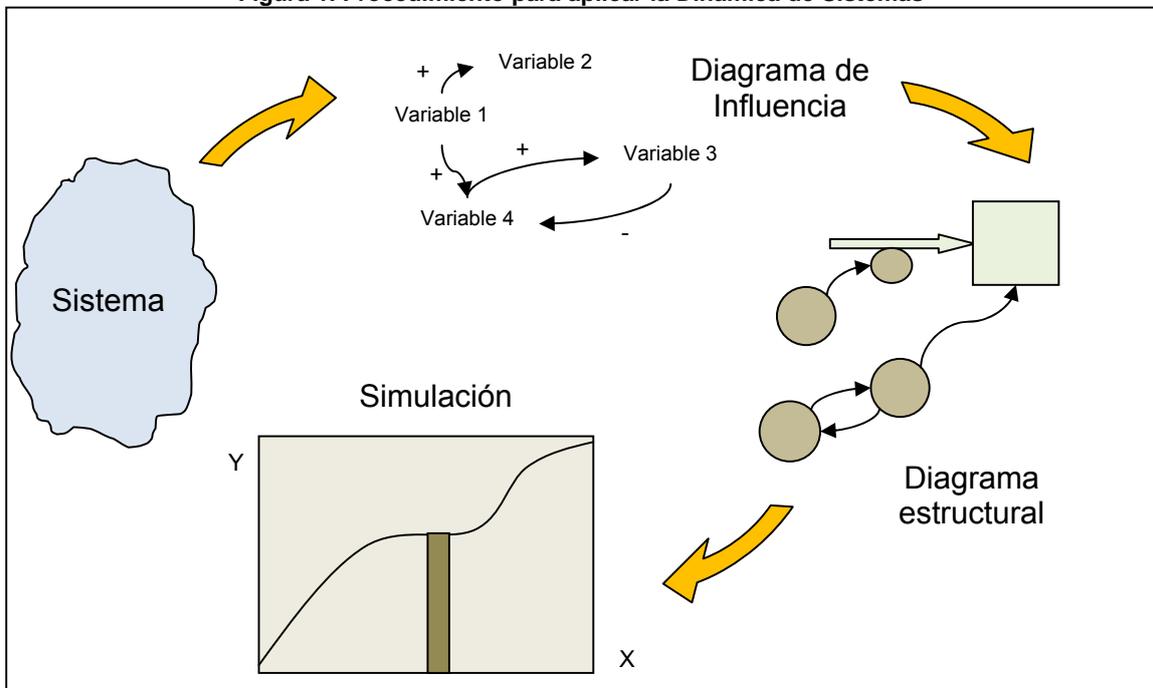
**Tabla 1. Complejidad de la dinámica en un sistema**

Constante Cambio
Relación estrecha entre actores
Administración de Retroalimentaciones
No linealidad
Dependencia Histórica
Auto Organización
Adaptabilidad
Caracterizado por intercambios
Resistencia a comprender la Dinámica de Sistemas

Fuente: STERMAN, J. D. (2001). System Dynamics Modeling: Tools for learning in a Complex World. Pág. 5.

Un sistema pasa a través de un análisis de influencia, donde éste se descompone en una serie de variables, para luego ser esquematizado en un diagrama estructural con claro soporte matemático, finalizando con la simulación del mismo (RICHMOND B. , 1991, pág. 3). El análisis de influencia establece el tipo de efecto que tiene una variable sobre otra: de forma proporcional o inversamente proporcional. El siguiente gráfico muestra el esquema mental requerido para trabajar la dinámica de sistema.

**Figura 1. Procedimiento para aplicar la Dinámica de Sistemas**

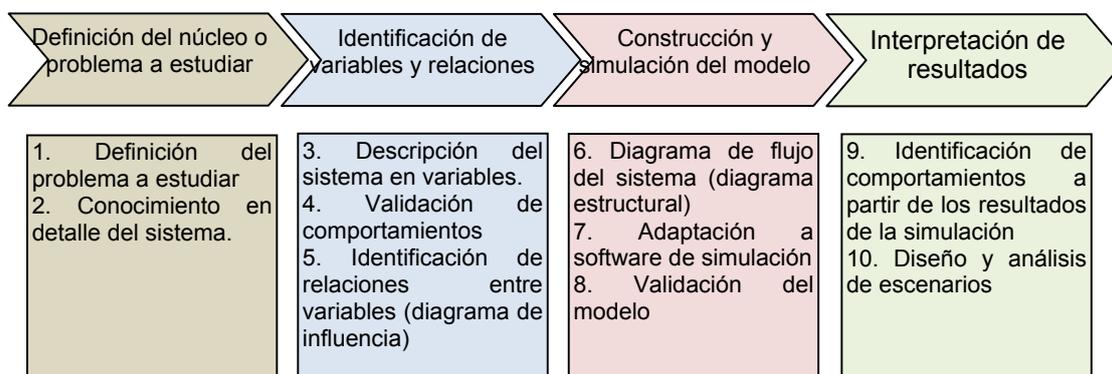


Fuente: Los autores, basado en el modelo planteado por RICHMOND (1991)

En detalle, existen cuatro grandes etapas para la ejecución de una simulación mediante la dinámica de sistemas:

1. **Definición del núcleo problema a estudiar:** Este paso exige el pleno conocimiento del sistema y el problema que se desea resolver en él mediante la simulación del mismo. El conocimiento en detalle requerirá la participación de expertos, que propondrán las posibles interacciones y actividades realizadas por los elementos que componen dicho sistema.
2. **Identificación de variables y establecer sus relaciones:** No necesariamente se debe describir el sistema en todas sus variables, lo cual harían de este paso, un proceso arduo y muy complejo. Si se cumple a cabalidad el objetivo de la fase anterior, solo se tomarán en cuenta aquellas variables involucradas en el problema a estudiar, limitando el sistema a un modelo simplificado, con comportamiento y resultados similares al modelo real.
3. **Construcción y simulación del modelo:** Se procede a establecer el mapa completo de variables y relaciones, que conciben el sistema en un diagrama de flujo. Este modelo deberá ser adaptado a un software, como el I Think o Vensim, que facilitan su incorporación al ordenador. El modelo creado necesitará ser validado con la realidad, mostrando congruencia con los resultados arrojados en la simulación.
4. **Interpretación de resultados:** Como última fase, los resultados se analizarán identificando ciertos comportamientos de interés. Se podrá modificar el modelo para generar escenarios alternativos, visualizando mediante la simulación, las consecuencias en el sistema a través de los nuevos resultados arrojados (pasando de un modelo cuantitativo a resultados meramente cualitativos).

Figura 2. Modelado mediante dinámica de sistemas



Fuente: Los autores

Un requisito importante es que las variables establecidas (que describen el sistema) deben ser cuantificables, es decir, que obtengan o almacenen valores numéricos para que las relaciones entre dichas variables, puedan llevarse a cabo aplicando fácilmente operadores de relación, lógicos y/o matemáticas.

El modelo terminado teoriza el funcionamiento del sistema, y establece las normas de relación directa e indirecta entre las variables. So el modelo se convierte en un objeto más de análisis en el estudio, donde se manifiestan comportamientos e interrelaciones de elementos que antes estaban ocultos a los ojos del investigador, aumentando la comprensión general del sistema.

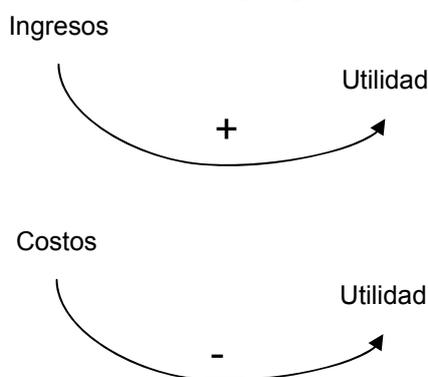
Un modelo basado en la dinámica de sistemas se compone por las variables, sus relaciones y las retroalimentaciones:

- **Tipos de variables:** La dinámica de sistemas maneja tres tipos básicos de variables: acumulador (stocks), de flujo (flows), convertidores (converters) y de decisión (decisions) (High Performance System, Inc., 2003).

Los acumuladores reservan en razón del tiempo cierto volumen de datos; las variables de flujo son las que alimentan el modelo de un flujo continuo de datos en ciertos periodos de tiempo; las variables convertidores o auxiliares proponen las operaciones matemáticas o sirven como almacenamiento de valores constantes; los decisores contienen las condiciones del proceso dadas en el modelo.

- **Relaciones entre variables:** Establece las relaciones (y su dirección) entre variables. Una variable puede afectar a otra variable de dos formas: positiva, cuando al aumentar o disminuir el valor de la variable se modifica en igual dirección (aumenta o disminuye el valor de la variable afectada); negativa, cuando hay una relación inversa de influencia entre las dos variables (cuando se aumenta el valor de una variable, disminuye el valor de la variable afectada). La relación entre las variables es graficada mediante un conector o flecha, como se muestra a continuación (ver figura 3).

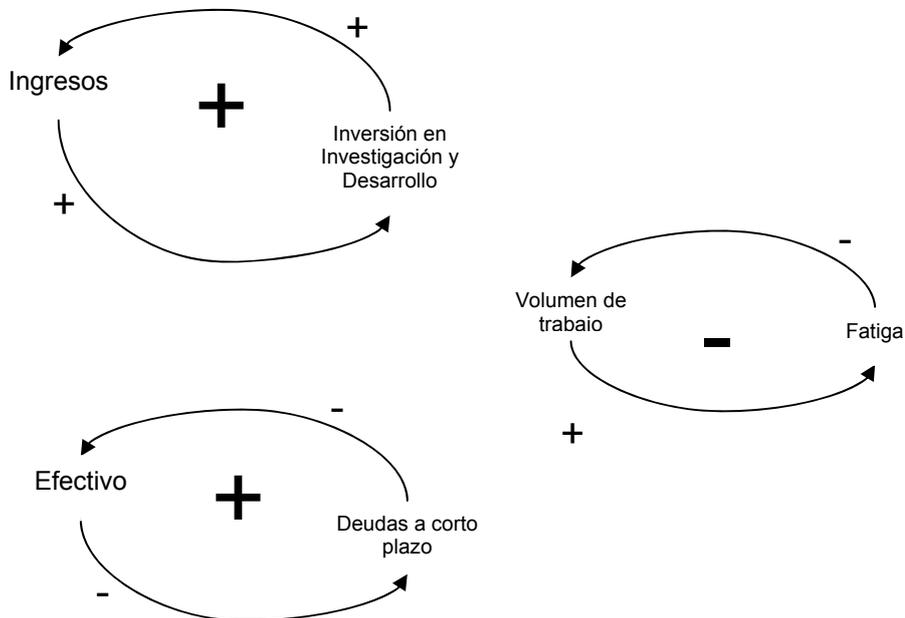
Figura 3. Relaciones positivas y negativas entre variables



En el primer caso, la variable ingreso afecta positivamente la variable utilidad. Si el ingreso aumenta, se prevé un incremento en la utilidad; si por el contrario ocurriese una disminución en los ingresos, la utilidad igualmente disminuiría. La variable costos tiene un efecto inverso sobre la utilidad: un aumento en los costos tiende a causar una disminución en el valor de la variable utilidad. Estas relaciones se denotan con un signo “+” o “-” para identificar una relación positiva o negativa, respectivamente.

- **Retroalimentaciones:** Existen momentos en que las variables se retroalimentan entre sí, conformando ciclos cerrados. Una variación en el valor de una variable podría repercutir a su vez, sus propios valores en el futuro. Para Forrester (1992), “*Un proceso de retroalimentación existe cuando una acción afecta la condición de un sistema y esa condición modificada afecta una acción futura. Las interacciones humanas, vida familiar, política, procesos administrativos, cambios ambientales y actividad biológica trabajan basados en los procesos de retroalimentación que conectan la acción al resultado de una acción futura*”. Estos ciclos o bucles se categorizan en positivos y negativos, como se puede observar en el figura 4.

Figura 4. Ciclos cerrados en la dinámica de sistemas



Los ciclos positivos están conformados por variables, cuyas relaciones mutuas mantienen un mismo signo (negativo o positivo), y tienden a descontrolarse proporcionando aumentos o decrecimientos desmedidos. Si una empresa presenta déficits de liquidez, buscará en el crédito la solución

temporal de efectivo aumentando sus deudas a corto plazo que en razón del tiempo, podrían generar en el futuro salidas de efectivo (por el pago de la deuda e intereses) que agravarían el problema inicial de liquidez. En los ciclos negativos las relaciones entre variables se identifican con signos contrarios, produciendo equilibrio. Un incremento del volumen de trabajo incrementa la fatiga en el empleado, repercutiendo en la disminución del trabajo para mantener el equilibrio.

## 1.1 CADENAS PRODUCTIVAS, PROSPECTIVA Y SIMULACIÓN

La prospectiva ha demostrado ser un enfoque novedoso para la construcción de futuros deseables, que involucran el estudio de casos o problemas complejos, donde grupos de personas proponen una serie de ideas y estrategias, basados en un completo entendimiento de la problemática presentada. Miklos y Tellos, en su libro *Planeación Prospectiva*, aclaran que la "prospectiva no busca adivinar el futuro, sino que pretende construirlo (MIKLOS & TELLO, 2004)". En general, existen seis formas de hablar sobre el futuro (RAÚL B., 2006), las cuales son resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 2. Discurso teórico práctico de Decouflé

Discurso Teórico – Práctico	Designación Aceptada
Adivinar	Adivinación
Predecir	Profecía
Anticipar	Futurología
Explorar con memoria	Prospectiva
Imaginar	Ciencia-ficción
Soñar	Utopía

A la prospectiva se atañen una serie de herramientas y métodos prácticos, consistentes en clasificar las variables consideradas en el estudio, agrupar estrategias y posibilitar consensos entre diferentes actores y grupos de expertos. Se habla entonces de estudios que incluyen una gran cantidad de elementos participantes, tales como problemas, ideas, estrategias, variables, actores, relaciones, lo cual hace de la prospectiva, un ejercicio de planificación cuidadoso y costoso, que exigente mucho tiempo de dedicación.

Las conclusiones acordadas por los expertos vislumbran un futuro idealizado, muchas veces, sustentadas en información histórica. Dada la complejidad de un estudio prospectivo, cabe cuestionarse si las decisiones resultantes del mismo son las más acertadas y convenientes.

Para reducir esta incertidumbre, los estudios prospectivos serios deben reunir a grandes grupos de expertos y actores que manejen diferentes puntos de vista, además de recoger la información histórica suficiente que permita aplicar modelos de proyección confiables. A pesar de esto, no existirá certeza absoluta de que las decisiones allí tomadas sean las correctas. Es en este punto donde la simulación

entra a jugar un papel importante, mostrando a los participantes del estudio las posibles consecuencias de cada decisión tomada.

La simulación permite experimentar con un modelo que es una versión simplificada de un sistema real. Hay que aclarar que la simulación no es una herramienta de pronóstico (PINILLA, 2005), sino más bien, una herramienta para la creación y validación de escenarios. También es importante anotar que los pasos llevados a cabo en un estudio prospectivo, son congruentes con los pasos para llevar un estudio de simulación.

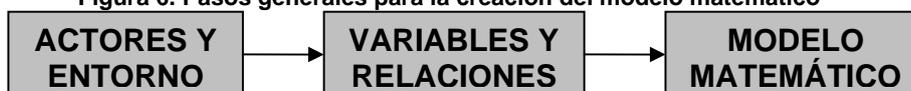
Figura 5. Método de escenarios (GODET, 2000) y simulación

PROSPECTIVA	SIMULACIÓN
Estudio de la problemática.	Definición del sistema.
Búsqueda de variables claves (aplicando matriz de impactos cruzados).	Se definen las variables que componen el modelo de simulación. Construcción del modelo. Se establecen la relación entre variables.
Recrear el campo de los posibles y reducir la incertidumbre.	Validar el modelo con ayuda de expertos.
Establecer listado de hipótesis.	Comprobar con el modelo simulado.
Elaborar escenarios.	Se describen los pasos para alcanzar el estado futuro, observando y analizando los estados de las variables antes, durante y después de finalizada la simulación

Fuente: Autores

Para llevar la simulación a un programa de computador, es necesario transformar el modelo a una serie de expresiones aritmético, lógicas y de relación. Es entender al sistema como una serie de constantes y variables, catalogadas como independientes o dependientes, de entrada, de proceso o de salida, discretas o continuas, cuasi-cualitativas o cuantitativas.

Figura 6. Pasos generales para la creación del modelo matemático



Un componente base de la prospectiva estratégica son los futuribles o escenarios (GUZMAN, 2006). La construcción del modelo matemático permite la simulación de posibles escenarios. Un escenario describe una situación futura y el encadenamiento de eventos que llevan a ella sobre un sistema, tema o asunto de estudio (MARTÍNEZ, 1987). Sus características son:

- Parten de un diagnóstico del presente con elementos del pasado que han influido en él.
- El diagnóstico se elabora con indicadores que enfatizan los principales

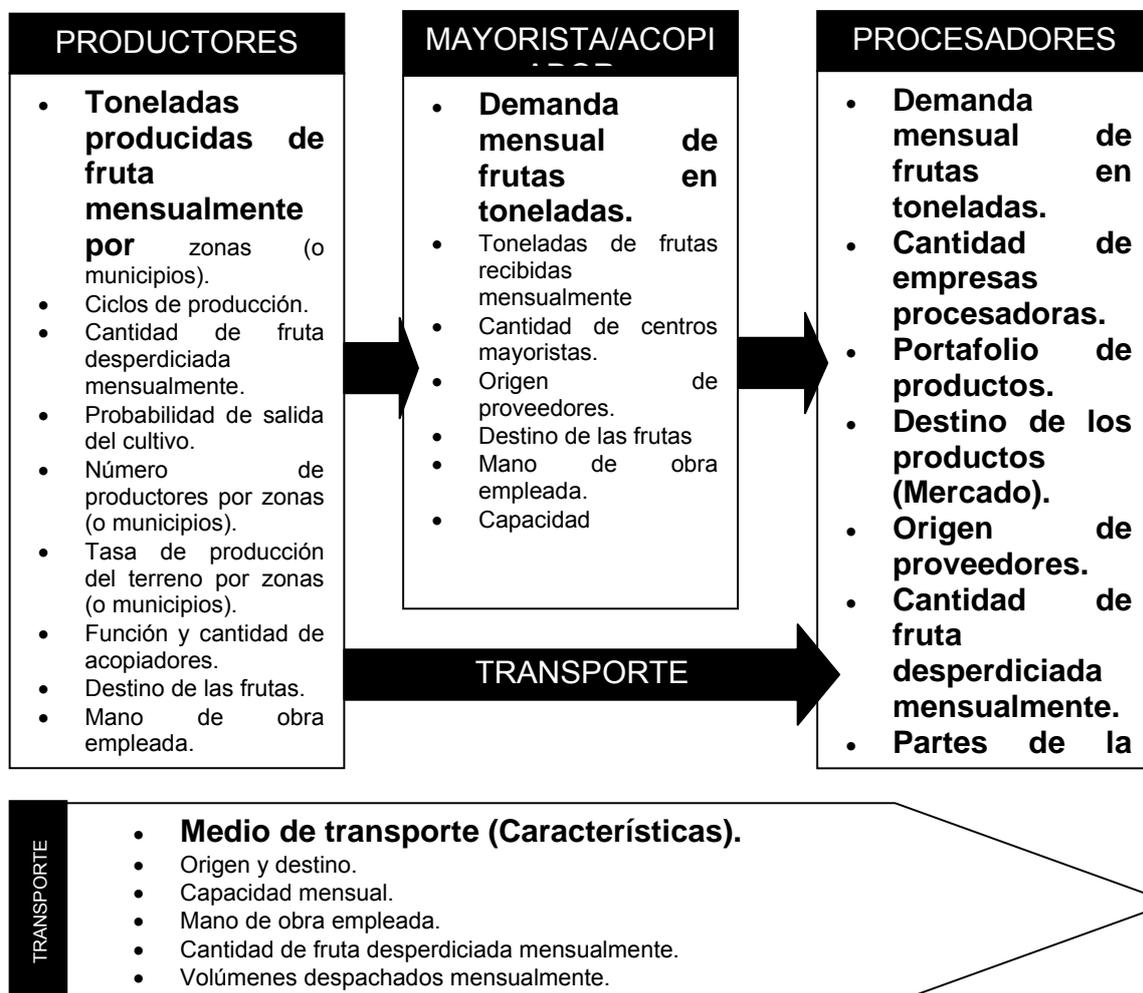
problemas, logros u oportunidades.

- Son relatos breves que pretenden expresar de manera clara y comprensible alternativas de futura evolución. Es conveniente que su extensión no sea mayor de 4 a 5 cuartillas.
- Se construyen a partir de un conjunto de hipótesis referidas a los grandes rasgos de evolución que pueden incluir cambios en las estructuras vigentes.
- Incluyen explícitamente el tiempo de ocurrencia y el impacto que los hechos tendrán en el futuro.
- Son cualitativos y rara vez cuantitativos.
- Su análisis se desglosa en diferentes variables estructuradoras del pensamiento, por ejemplo: demográficas, medioambientales, económicas, políticas, sociales, culturales, científico-tecnológicas.

Existen dos tipos de escenarios (BAENA PAZ, 2006): los normativos (sus restricciones se derivan de las leyes naturales) y los exploratorios (con las imágenes del presente se generan imágenes del futuro altamente probables de suceder). En el caso de este proyecto prospectivo, se empleará el tipo de escenario exploratorio.

En la investigación “prospectiva de la cadena hortofrutícola de Bolívar” que llevó cabo el programa de administración industrial de la Universidad de Cartagena en conjunto con la empresa de consultoría e inversiones Amezco S.A., se estableció cuatro actores principales cada uno entendido como un conjunto de variables. Para crear el modelo matemático, es necesario conectar las variables (y constantes) mediante formulas (COSS BU, 2002, pág. 8), por ejemplo, la variable toneladas producidas de fruta mensualmente por el productor afectara de forma directa a la variable toneladas de fruta recibida mensualmente del centro mayorista. Si se aumenta la producción se supone un incremento también en la cantidad de fruta en las centrales mayoristas.

Figura 7. Resumen de variables de entrada al sistema para la simulación de la cadena productiva



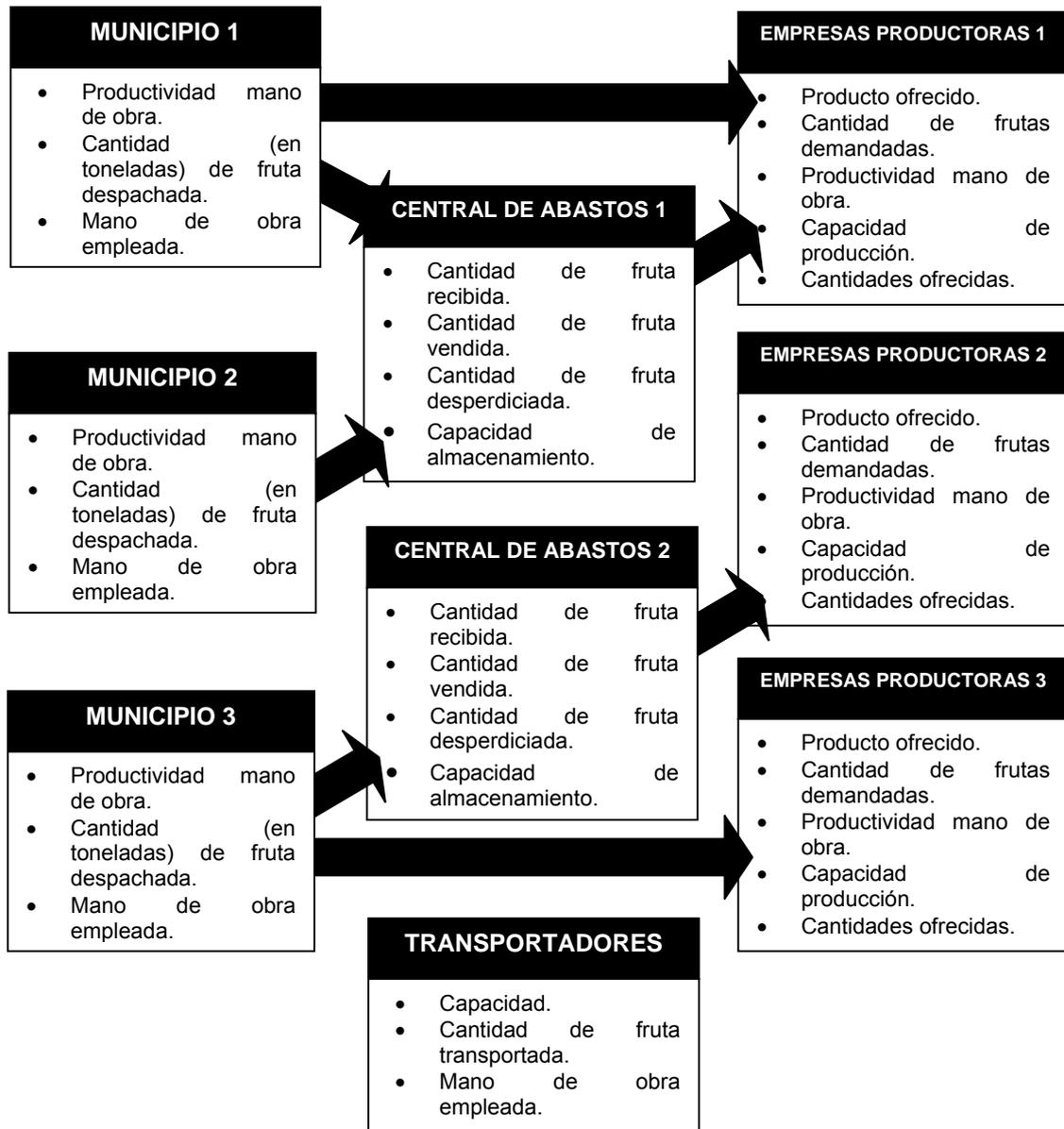
La definición de cada actor conlleva la definición de restricciones. El sistema de transporte tendrá limitantes de acuerdo a la capacidad, tiempo de entrega, calidad y costos. Estas restricciones impiden que las variables puedan tomar valores irreales. En la figura 9 se muestran algunas de las variables de relación y salida consideradas en el modelo.

Programas como el VENSIM o el I THINK, reducen el trabajo de modelado y programación de simulaciones, obrando en modo gráfico con figuras que representan variables, formulas, conectores, haciendo más intuitivo el diseño de modelos complejos en la computadora. Dentro de las ventajas que resultan del empleo de la simulación en la prospectiva, se encuentran las siguientes:

- Recrea las condiciones reales del problema.
- Aumenta la comprensión del problema.

- Permite agilizar la construcción y validación de escenarios.
- Una vez creado el modelo, se podrán realizar infinidad de experimentos.
- Es lo más cercano al modelo real.

Figura 8. Variables de proceso y salida del sistema



Fuente: Los autores

## **CAPITULO 2: CARACTERIZACIÓN DE CADENAS PRODUCTIVAS MEDIANTE MODELOS DE REDES**

*Aprovechando el poder descriptivo que ofrece la dinámica de sistemas y su posibilidad de adaptarlo a un modelo matemático, para luego simular el sistema en un ordenador, se podrá ampliar la comprensión de las cadenas productivas.*

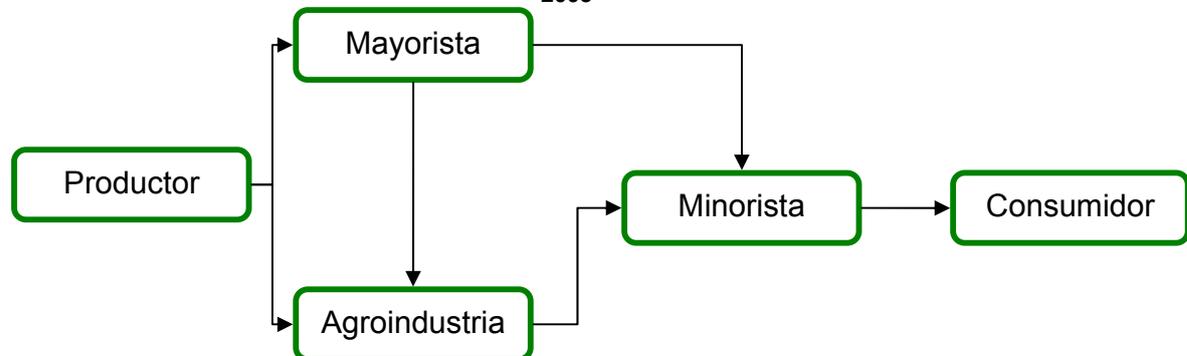
La caracterización de las cadenas productivas mediante un modelo de redes dinámicas, permite analizar los niveles de desempeño para cada uno de los actores del encadenamiento, los índices de empleos generados en la cadena, la productividad y el valor agregado por actor a partir de la información recopilada y expuesta mediante variables (de entrada, proceso y salida), que recrean un modelo matemático (SHANNON E, 2001, pág. 8).

Poder proponer un futuro deseado y de una consecución realista de una cadena productiva, implica la participación de la Planificación Estratégica con el fin de orientar los recursos disponibles para la maximización de su productividad. Una caracterización adecuada, aplicada a un modelo matemático validado, mejora la comprensión de cómo trabaja la cadena y permite entender cuáles son las variables más importantes para su desarrollo, visualizando las posibles consecuencias de ciertas acciones, reduciendo a su vez, los riesgos asociados (GUZMAN, 2006, pág. 2).

La ventaja de trabajar con modelos de redes y simulación es la de facilitar la creación de posibles escenarios, que como un trabajo prospectivo serio, permitirán potencializar las alternativas de desarrollo de cada cadena y es el espacio virtual donde se podrán conducir experimentos a través de la adición de variables para construir escenarios de desarrollo o la modificación de sus valores para recrear potenciales estados que serán evaluados a partir de los resultados de variables de salida del sistema (MANCILLA HERRERA, 1999, pág. 104).

Antes de empezar con la caracterización se debe tener claro el propósito que se quiere tener al simular la cadena productiva y cuáles son las preguntas que se desean responder. Estos interrogantes proveerán las pistas sobre cuáles serán los aspectos de mayor importancia a tener en cuenta y que indicadores proveerán de información al investigador sobre el comportamiento de la cadena. Se recomienda realizar una exploración preliminar de la cadena para obtener una visión general de la misma, la cual permitirá dimensionar la construcción de la red, a su vez, identificar los actores y establecer cuáles de ellos se relacionan.

Figura 9. Ejemplo de una red global: cadena productiva de cítricos en el departamento de Bolívar, año 2005



Fuente: Blanco, Jorge Ignacio y Bustamante, Ángela. Caracterización de la cadena productiva de los cítricos en el departamento de Bolívar-2005, mediante un modelo de simulación de redes

## 2.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ACTORES

Para caracterizar una cadena productiva, es antes necesario conocer al detalle los actores que la componen, al igual que el tipo de relaciones existente entre ellos. Este primer paso se logra con el análisis documental e información primaria (producto de la observación directa y la aplicación de encuestas o entrevistas) recopilada, enmarcados en los siguientes aspectos: niveles de producción, rendimientos, periodo de tiempo disponible y tasa de desperdicios; volumen de recursos disponibles y requeridos; capacidad; ingresos; costos y gastos (fijos y variables) y utilidades (ganancias o pérdidas). A su vez, dichos aspectos se desagregan en variables o constantes de tipo cuantitativas, como se puede observar en la tabla 3.

Cada actor ejecuta una diversidad de funciones tales como producción, distribución, comercialización y financiamiento, las cuales se identifican como las actividades del sistema (GORDON, 1980, pág. 69).

Dentro de la caracterización se encontrarán variables que harán el papel de variables de entrada (proveen de datos iniciales al sistema) y restricciones del sistema como: la tasa de producción, capacidades, precio de venta, costos unitarios, tiempo disponible, entre otras; que proveerán de los datos iniciales al modelo y serán aquellas más propensas de modificar al momento de generar los escenarios. Las variables de salida como son las utilidades por actor, nos darán las pistas para la construcción del modelo, estableciendo las variables intermedias o de proceso como son los ingresos, gastos y costos.

Un modelo puede incorporar aspectos lógicos, matemáticos y estructurales de un proceso (CARSON, 2004, pág. 9). Solo el conocimiento y comprensión en detalle de los actores permitirá vislumbrar las relaciones entre las variables que lo describen. Por ejemplo, la capacidad real de un productor, tendrá necesariamente

la restricción de la producción en el modelo impidiendo unos niveles de operación irreales en el sistema, que por consiguiente, falseen los valores de las variables de resultado. En el siguiente gráfico se puede observar este concepto (ver figura 10).

**Tabla 3. Ejemplo de variables / constantes que caracterizan a un actor en una cadena productiva**

<b>Aspecto General</b>	<b>Variables / Constantes</b>
<b>Producción, rendimientos y tasas de desperdicio</b>	Volumen Tiempos de ciclo Tasa de producción Rendimiento Tasa de desperdicio Tecnología
<b>Recursos disponibles y requeridos</b>	Mano de obra (directa e indirecta) Materia prima Tiempos requeridos Maquinaria Capital
<b>Capacidad</b>	Capacidad real e instalada Espacio y superficie disponible Otros recursos limitados
<b>Ingresos</b>	Precio de venta Aportes voluntarios Financiación Descuentos Condiciones del mercado
<b>Costos y gastos</b>	Mano de obra directa Materiales directos Costos indirectos de fabricación Gastos operacionales Impuestos Activos
<b>Utilidades</b>	Utilidad bruta Utilidad operacional Utilidad antes de impuestos Utilidad neta Flujos de efectivos

Fuente: Los autores

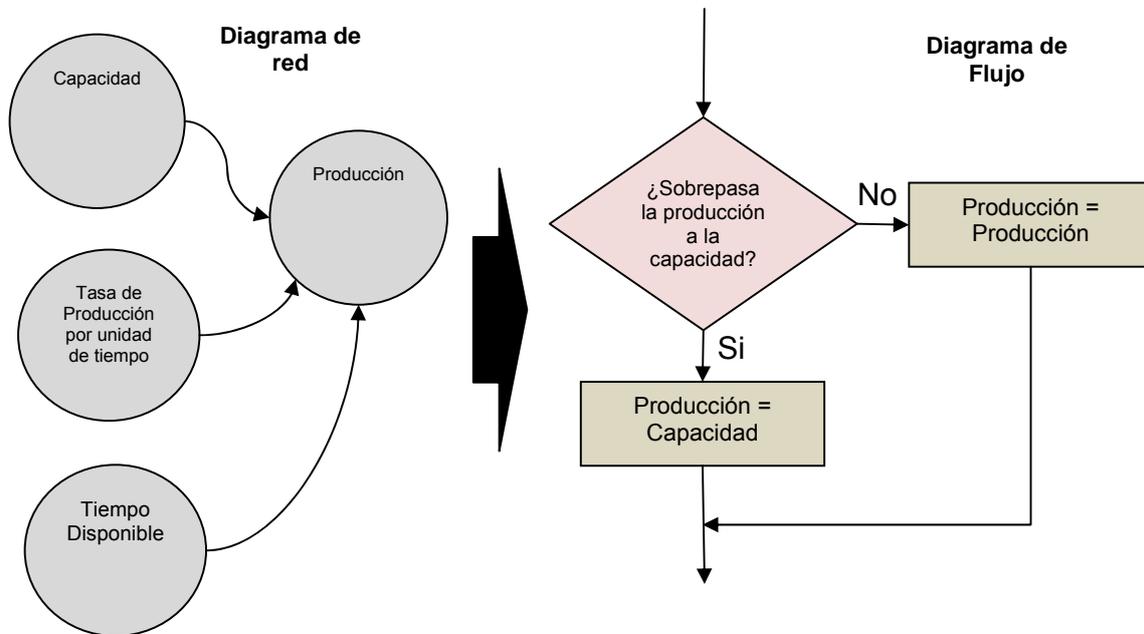
Es importante denotar que algunas de las variables de entrada podrían variar sus valores en razón del tiempo y afectar los resultados del modelo. Esta comprensión adicional implica la recolección de datos históricos, la exploración de eventos futuros que condicionen sus valores y/o la consulta de expertos para su validación.

El análisis de estos datos permitirá precisar el comportamiento de la variable y ajustarlo a una ecuación matemática para poder simular su valor en determinados periodos, validando su distribución mediante herramientas estadísticas como la prueba de bondad de ajuste (ROSS, 1999, pág. 169).

Las razones de estas variaciones son muchas: la estacionalidad y ciclos de venta, condiciones y tendencias del mercado, factor humano, paradas de planta, manejo de tolerancias, factores ambientales y sociales, decisiones políticas, entre otras. Este cierto grado de incertidumbre hace el modelo aún más realista, arrojando

valores que expresan condiciones eventuales y periódicas. La figura 11 representa algunos ejemplos de comportamientos asociados a la variable producción.

Figura 10. Restricción de la variable producción



Fuente: los autores

## 2.2 RELACIÓN ENTRE ACTORES

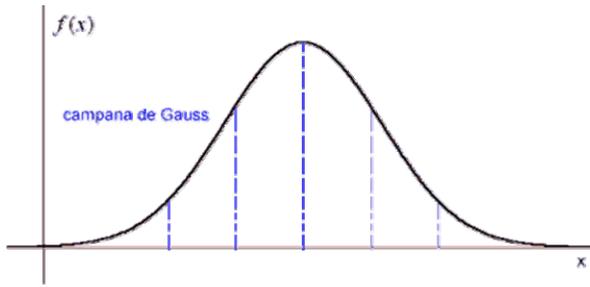
En este paso se establecerán cuales de las variables definidas por cada actor en el punto anterior, se relacionan con otros actores<sup>2</sup>. Es crear los enlaces en detalle que se mostraron en el diagrama de red global de la cadena. Los datos que se transfieren entre los actores no serán necesariamente variables de salida; pueden ser variables de proceso como la producción neta, recurso humano, ventas por periodo y rendimientos (pueden existir dos o más variables relacionadas entre actores).

Las relaciones podrían ser simples relaciones directas entre variables, identificando ciclos o retroalimentaciones, en las cuales las decisiones tomadas sobre las variables en un actor afectarían a otro, que a su vez, influirían sobre el actor original. Por ejemplo, un aumento en las cosechas disponibles para siembra incrementaría la producción de frutas y hortalizas por parte de los productores (si existen las condiciones y recursos adecuados), las cuales estarían a disposición del consumidor en mayor proporción en las plazas de mercado; si la producción sobrepasa la capacidad de los comerciantes, éstos se verían forzados a tomar

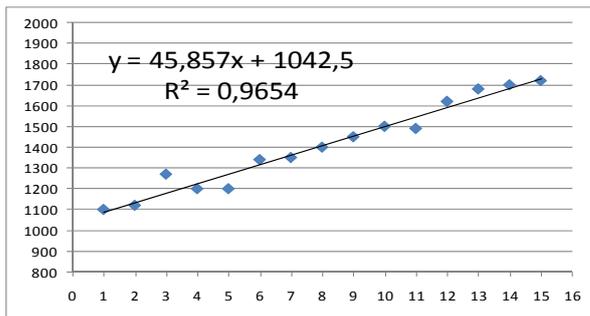
<sup>2</sup> Se considera como un traslado de datos entre los actores.

medidas como la disminución de la compra originando como consecuencia una restricción obligada en la producción de los productores.

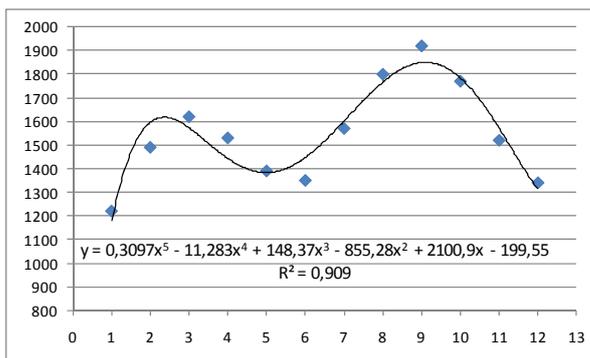
**Figura 11. Ejemplos de comportamientos asociados a la variable producción a partir del análisis de datos históricos**



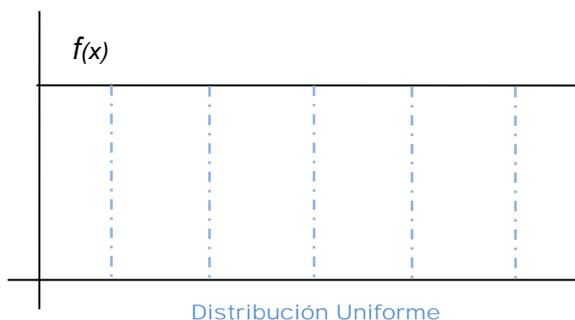
La variable producción tiene comportamiento normal orientando su valor a una media ( $\mu$ ) y desviación ( $\sigma$ ). Por ejemplo, si se tiene una producción de 1500 unidades mensuales y desviación de 200 unidades, los valores aleatorios generados para un año serían parecidos a: 1439, 1244, 1548, 1755, 1739, 1846, 1063, 1453, 1719, 1282, 1361 y 1161. Fuente especificada no válida.



La variable producción tiene una tendencia positiva en razón del tiempo que puede ser adecuada a una expresión algebraica y así proyectar la producción para periodos futuros. En la imagen se muestra una clara tendencia lineal, con correlación cercana a 1, cuya ecuación fue hallada empleando el método de los mínimos cuadrados.



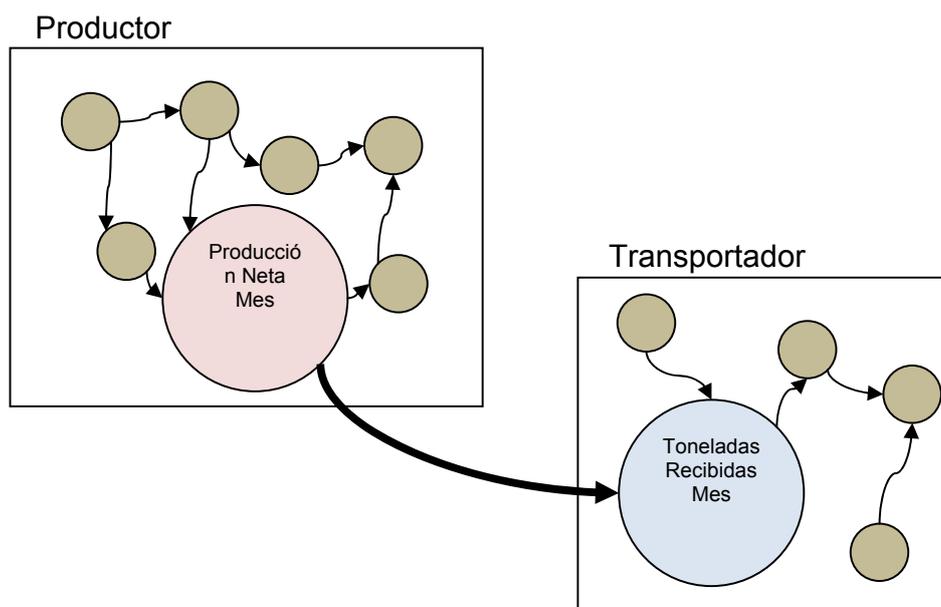
La variable producción presenta condiciones de estacionalidad, resultando en picos de producción en y niveles bajos en ciertos periodos del año. El resultado del análisis del ejemplo, dio como resultado una ecuación de quinto orden y correlación cercana a uno. Al reemplazar X por un mes se obtendrá una proyección de la producción.



La variable producción mantiene su valor en razón del tiempo. Una aproximación a esta distribución considerando condiciones de incertidumbre se aplicaría a una distribución de números aleatorios basado en un comportamiento Uniforme entre un rango de producción. Un ejemplo aleatorio para una producción entre 1500 y 2000 unidades mensuales sería: 1937, 1517, 1612, 1558, 1501, 1656, 1622, 1525, 1886, 1912, 1872 y 1514.

La producción neta de bienes de una empresa se equipara como variable de entrada (toneladas recibidas) para un transportador, el cual toma este valor y lo limita a su vez, por la capacidad de sus equipos para movilizar el producto (ver figura 12).

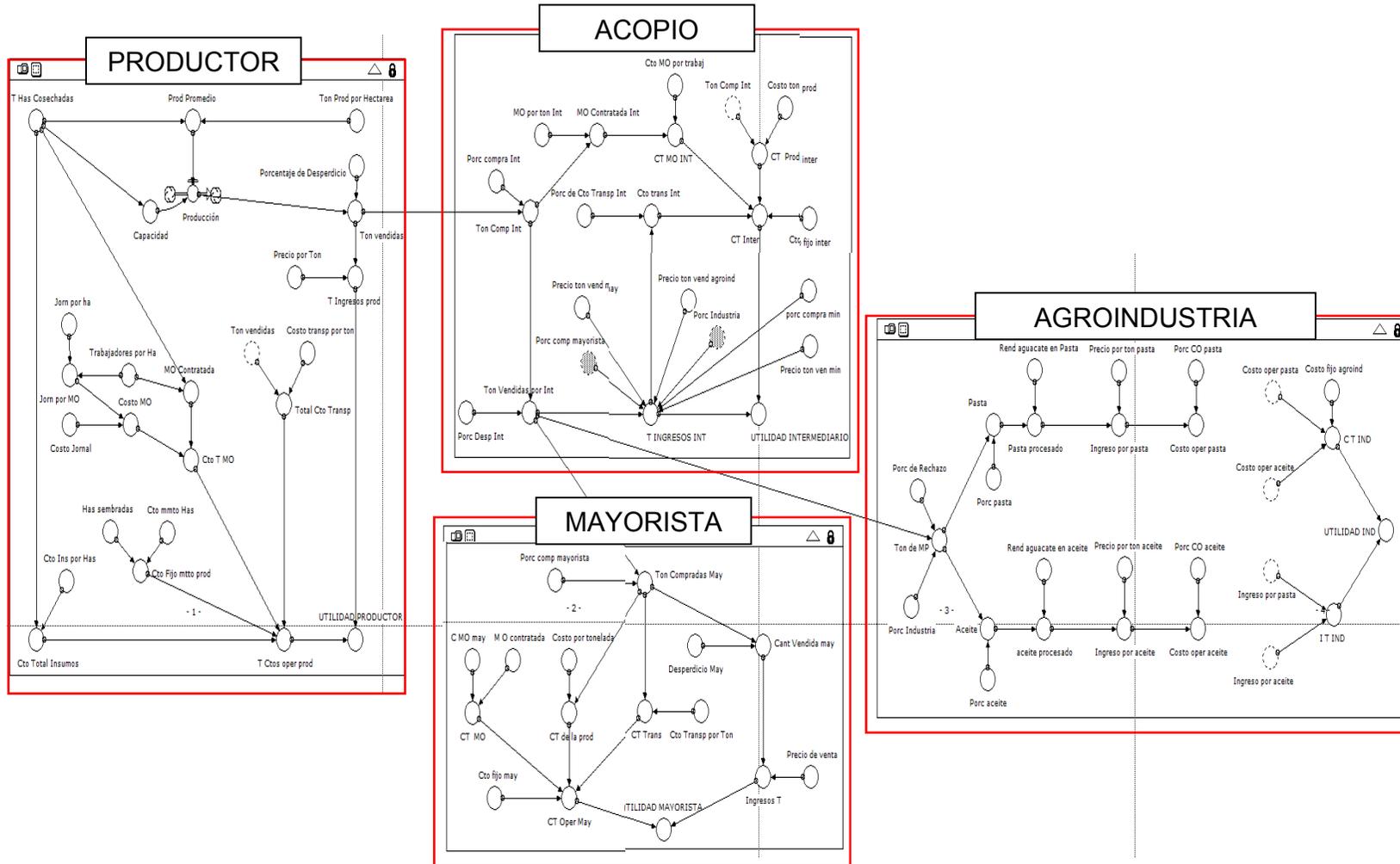
Figura 12. Ejemplo de conexión entre actores



El modelo admite la inclusión de actores que actualmente no existen en la cadena estudiada, pero que enriquecerán el análisis posterior de escenarios futuros, donde se podrá evaluar la conveniencia y factibilidad de su inclusión en el mundo real. Para no alterar los valores resultantes de la cadena actual, las expresiones que conectan a los actores reales hacia los nuevos proponentes deberán tener un condicionador o multiplicador que arroje un valor igual a cero<sup>3</sup>. La figura 13 muestra la red detallada elaborada en el software I Think para la cadena productiva del aguacate en el departamento de Bolívar, donde se incluyó el actor agroindustria para la producción de pasta y aceite (esta cadena no posee actualmente un componente agroindustrial en el departamento de Bolívar).

<sup>3</sup> Se altera temporalmente la expresión de conexión entre los actores para que de cómo resultado un valor cero, excluyendo el actor de los resultados la validación del modelo con el funcionamiento de la cadena real.

Figura 13. Modelo de red elaborado para la cadena productiva del aguacate en el departamento de Bolívar



Fuente: Deulofeu, Blanca Alicia y González, Joyce Ximena. Caracterización de la cadena productiva del Aguacate en el departamento de Bolívar-2005, mediante un modelo de simulación de redes

## 2.3 CREACIÓN Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Una vez asociados los actores, se arma una red compleja representante la cadena, que no es más que una fotografía de los procesos internos llevados a cabo en ella. Los factores externos como los ambientales, políticos, económicos, tecnológicos, se pueden incluir como afectantes (generadores de motricidad) de los valores de las variables de entrada y posiblemente modificadores de su comportamiento: una helada en el campo repercutirá la variable producción con una reducción de su valor, la adquisición de nueva tecnología implicaría una reducción en la tasa de desperdicios promedio, un aumento en la devaluación de la moneda podría afectar el precio de un producto de exportación.

La validación del modelo se puede hacer cotejando los resultados obtenidos de los actores (considerados como submodelos) en la simulación comparado con los datos reales de años anteriores y luego, integrando los actores para recrear el sistema completo que representa la cadena productiva.

Los errores en los resultados de la simulación pueden ser causados por los datos, el modelo conceptual, el programa computacional o la implementación a la computadora (SAGENT, 1998, pág. 125).

Simular un escenario es una respuesta a la pregunta “*que pasa si...*” ocurriese un cambio o ajuste en la cadena productiva, por ejemplo: la cadena productiva se afecta por un fenómeno; un nuevo actor, industria o gremio, surge en el modelo; se realizan variaciones en precios y costos; se diseña un nuevo producto; se reorientan los mercados o se crean nuevos canales de comercialización; entre otros. En el modelo de red se recomiendan proponer tres alternativas para la creación de escenarios:

- **Modificación de los valores de las variables de entrada.** Un escenario puede ser fundamentado en variaciones de los valores de las variables (e incluso, las expresiones aritmético-lógicas) que constituyen situaciones futuras factibles (cada modificación deberá estar sustentada en posibles causas razonables que podrían darse en la realidad). En la tabla 4 se muestra uno de los escenarios propuestos para la cadena productiva del mango donde se afectó la variable hectáreas cosechadas, aumentando o reduciendo su valor:

Tabla 4. Escenario propuesto para la cadena productiva del mango en el Departamento de Bolívar

Variación de las hectáreas cosechadas	
-	932
	962
	992
Real año 2006	1.022
+	1.052
	1.082
	1.112



Disminución de las hectáreas cosechadas



Aumento de las hectáreas cosechadas

Fuente: Los autores

- **Adición de nuevas variables.** Esto ocurre en caso de proponer o visualizar una modificación en los procesos que identifican a un actor, recrear un nuevo mercado, la aparición de un nuevo actor o cambio en las relaciones entre variables.
- **Modificación y adición de variables.** Comprende la creación de escenarios a partir de los dos puntos anteriores. Por ejemplo, la adhesión de un nuevo competidor en la cadena implicaría situar las variables que lo caracterizan en el modelo, que a su vez, afectarían los precios de los productos ofertados.

Al simular un escenario, las variables de salida del sistema se verán afectadas, las cuales a su vez, proveerán al estudio de información concerniente a las repercusiones que tienen dichas variaciones en los actores de la cadena. En la tabla 5 se muestra el escenario creado a partir del aumento o disminución de las hectáreas cosechadas y sus efectos en la utilidad de los distintos actores (simulación para un año) para la cadena productiva de la guanábana en el departamento de Bolívar.

Se ha prescindido de los valores absolutos y se ha optado por el empleo de porcentajes de variación, que se calculan a partir de la diferencia entre el valor resultante de la simulación y el valor real obtenido por datos de constatación de campo o datos históricos, de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de variación}_i = \frac{\text{dato Simulado}_i - \text{dato real}}{\text{dato real}}$$

Donde i está definida como un valor de una columna cualquiera de la tabla de resumen de variaciones.

A partir de este momento, se podrá emplear los datos arrojados por la simulación de los escenarios para elaborar un análisis del valor agregado.

Tabla 5. Resultados del escenario “variación de hectáreas cosechadas” para la cadena productiva de la guanábana en el Departamento de Bolívar

Variación	Hectáreas cosechadas	Producción productor (ton)	UTILIDAD		
			Productor	Mayorista	Minorista
Disminución (simulado)	-60%	-60%	-60,00%	-72,81%	-66,14%
	-40%	-40%	-40,00%	-48,54%	-44,09%
	-20%	-20%	-20,00%	-24,27%	-22,05%
<b>REAL</b>	<b>10</b>	<b>150</b>	<b>105.328.400<sup>4</sup></b>	<b>8.195.000<sup>5</sup></b>	<b>73.297.500<sup>6</sup></b>
Incremento (simulado)	20%	20%	20,00%	24,27%	22,05%
	40%	40%	40,00%	48,54%	44,09%
	60%	60%	60,00%	72,81%	66,14%

Fuente: Elles, Luís Alfredo y Jaimes Castaño, Yolanda. Caracterización de la cadena productiva de la guanábana en el departamento de Bolívar-2005, mediante un modelo de simulación de redes

En cada escenario elaborado, se identificaron las variables a alterar (en este caso, nodos), manteniendo las demás variables que intervienen sin modificación alguna. Estos resultados se analizan a través de dos indicadores de valor agregado como el *Margen Bruto de Comercialización* (MBC) y el *Margen Bruto de Comercialización por Actor* (MCA), buscando con ello determinar el poder económico presentado por cada uno de los actores del encadenamiento. *El margen Bruto de Comercialización* se define como la diferencia entre el precio pagado por el consumidor por el subproducto terminado y el precio que percibe el productor (IZQUIERDO, 2002, pág. 33). La forma de hallar este valor es a partir de la siguiente fórmula:

$$MBC = \frac{\text{Precio al consumidor} - \text{Precio al productor}}{\text{Precio al consumidor}} \times 100$$

Por su parte, el *Margen Bruto de Comercialización por Actor* (MCA) permite llegar a un análisis mucho más discriminado del valor agregado, a través del valor generado por cada actor de la cadena, que se calcula con la a través de la siguiente fórmula:

$$MBA = \frac{\text{Precio Venta} - \text{Precio de compra}}{\text{Precio de venta}} \times 100$$

<sup>4</sup> Valor que corresponde a la venta de las toneladas cosechadas de Guanábana en el Departamento de Bolívar (90 Tn)

<sup>5</sup> Valor que corresponde a la venta de las toneladas de Guanábana compradas por el Mayorista al productor. Este valor corresponde a un 10 % del neto que vende el productor.

<sup>6</sup> Valor que corresponde a la venta de las toneladas de Guanábana adquiridas por el minorista. Este valor corresponde a un 85 % del neto que le vende el productor y el mayorista.

En el cuadro siguiente se observa un resumen de los MBA hallados por cada actor de la cadena productiva del mango para el departamento de Bolívar.

**Tabla 6. Margen bruto de comercialización por actor (MBA) para la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar**

Actor	Precio de compra	Precio de Venta	MBA
Asociación	100.000	120.000	16.66
Mayorista	100.000	150.000	33.33
Agroindustria	120.000	3.465.220	96.53
Minorista	320.000	480.000	33.33

Fuente: Cálculo de autores

Como se puede observar en la tabla anterior, de los actores participantes en la cadena productiva del mango, la asociación presenta la menor proporción, ya que por cada peso que recibe en su proceso de venta, sólo 0.1666 centavos son entradas de dinero generadas por el proceso de intermediación. Por otro lado, quien más recibe ganancias en esta cadena productiva es la agroindustria, puesto que por cada peso recibido, 96.5 centavos son ingresos captados del proceso.

A partir de los valores de la tabla de variaciones, y con el ánimo de contar con un indicador que informe acerca de cómo se ven afectadas las variables (dependientes) por la variación de otras variables (independientes o de entrada), se calculará la razón de elasticidad a través de la siguiente fórmula (FRANK, 2001, pág. 226):

$$\text{Elasticidad}_n = \frac{\Delta\% \text{variable dependiente}_n}{\Delta\% \text{variable independiente}}$$

Donde n representa la variable dependiente tomada en consideración.

El valor de la elasticidad suele estar acompañado de dos interpretaciones totalmente complementarias: la primera está relacionada con el signo que acompaña al resultado de la elasticidad y la segunda se centra en la explicación que tiene el hecho que dicho resultado, en términos absolutos, sea mayor, igual o menor a la unidad.

Con respecto a la primera interpretación, la elasticidad puede ser positiva o negativa:

- Si la **elasticidad es positiva**, existe una relación directamente proporcional entre a variable dependiente y la variable independiente. Dicho de otra forma, cada vez que se incremente la variable independiente, la variable dependiente también lo hará y viceversa.
- Si la **elasticidad es Negativa**, existe una relación inversamente proporcional entre a variable dependiente y la variable independiente, es decir, cada vez que incremente la variable independiente, la variable dependiente disminuirá y viceversa.

De acuerdo a la segunda interpretación, la elasticidad, en términos absolutos, puede ser mayor, menor o igual a la unidad:

- Si  $|\text{Elasticidad}| > 1$ , entonces la elasticidad es elástica, lo que quiere decir que cuando la variable independiente incrementa en 1%, la variable dependiente lo hace en una proporción mayor.
- Si  $|\text{Elasticidad}| = 1$ , entonces la elasticidad es unitaria, lo que quiere decir que cuando la variable independiente incrementa en 1%, la variable dependiente lo hace en la misma proporción.
- Si  $|\text{Elasticidad}| < 1$ , entonces la elasticidad es inelástica, lo que quiere decir que cuando la variable independiente incrementa en 1%, la variable dependiente lo hace en una proporción menor.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados de la elasticidad realizada para el escenario en el que se aumenta y disminuyen las hectáreas cosechadas, y las consecuencias en términos de elasticidad en los actores de la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar.

**Tabla 7. Cuadro de elasticidades a partir de la variación de las hectáreas cosechadas para la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar para cada actor**

Variación	Producción productor	UTILIDAD			
		Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria
Disminución / Aumento de las hectáreas cosechadas	1	1,41	1,49	1,05	1,07

Fuente: Cálculo de autores

En este ejemplo, cada una de las elasticidades (producción del productor, utilidad del productor, del mayorista, de la agroindustria y de la asociación) se comporta de forma directamente proporcional con la variación de las hectáreas cosechadas. Por otro lado, todas las elasticidades tienen comportamiento elástico, presentando un mayor nivel de elasticidad la variable utilidad del productor.

## 2.4 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE CADENAS PRODUCTIVAS

La simulación por medio de modelos de redes permite, no sólo la recreación de escenarios, sino que, además, involucra una caracterización más detallada de los actores que participan en una cadena productiva, una ventaja inherente a los estudios de la prospectiva estratégica (AMEZQUITA, VERGARA S., & MAZA, 2006, pág. 21). Hay que aclarar que la simulación no es una herramienta de pronóstico (PINILLA, 2005), sino más bien, una herramienta para la creación y validación de escenarios (ver tabla 8).

**Tabla 8. Comparativo entre el método de escenarios y simulación**

<b>PROSPECTIVA</b>	<b>SIMULACIÓN</b>
Estudio de la problemática.	Definición del sistema.
Búsqueda de variables claves (aplicando matriz de impactos cruzados).	Se definen las variables que componen el modelo de simulación. Construcción del modelo. Se establecen la relación entre variables.
Orientar el campo de los posibles y reducir la incertidumbre.	Validar el modelo con ayuda de expertos.
Establecer listado de hipótesis.	Comprobar con el modelo simulado.
Elaborar escenarios.	Se describen los pasos para alcanzar el estado futuro, observando y analizando los estados de las variables antes, durante y después de finalizada la simulación

Fuente: Los autores

El examen de los escenarios a través del análisis del valor agregado e indicadores de elasticidad por actor, ayudará en la identificación de aquellas alternativas de desarrollo que mayor propendan al beneficio común de los participantes de la cadena, justificando las estrategias y actividades que conlleven a convertirlas en una realidad.

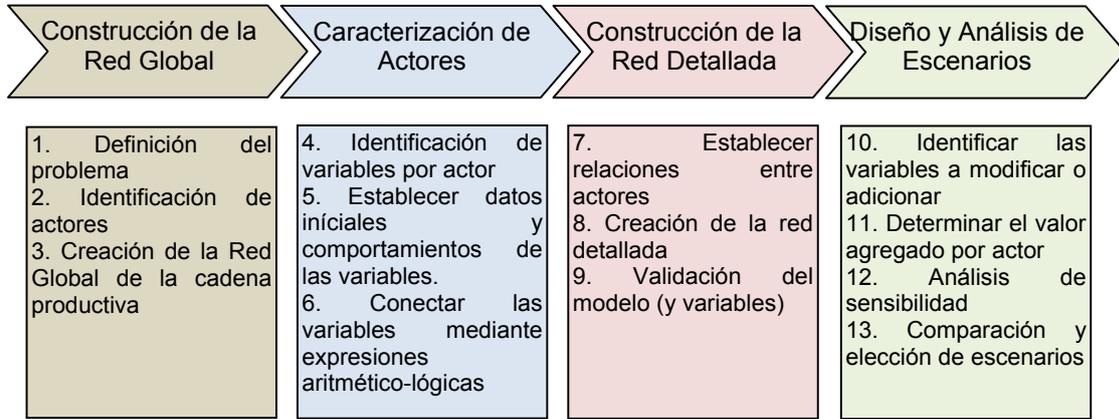
La metodología propuesta en el proyecto “Caracterización de las cadenas hortofrutícolas en el departamento de Bolívar mediante un modelo de simulación de redes” puede ser ampliada y generalizada para su posterior aplicación en cualquier tipo de cadena productiva.

Los pasos a seguir para realizar el modelo de una cadena productiva involucran:

- Creación de la red global de la cadena, donde se identifican los actores y sus posibles relaciones.
- Caracterización de los actores, modelados a través de variables interconectadas.
- Creación de red detallada, donde se especifican las relaciones entre actores.
- Diseño y análisis de escenarios, incurriendo en la simulación del modelo a partir de la modificación de valores y/o adicción de variables.

La siguiente ilustración resume las etapas explicadas anteriormente para la construcción de una red en acuerdo a los pasos descritos en el capítulo 1 donde se refiere la aplicación del método de Dinámica de Sistemas para el modelamiento de sistemas sociales.

**Figura 14. Etapas para la construcción de un modelo de red**



Fuente: Los autores

## CAPITULO 3: CONSTRUCCIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA PASO A PASO

A continuación, se expone la metodología empleada para la caracterización de cadenas productivas mediante el método de dinámica de sistemas paso a paso, aplicando un ejemplo completo empleando el software **STELLA** o **I THINK** (en su versión 5).

### 3.1 EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO

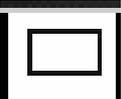
En este estudio se empleó la herramienta informática **I THINK** o **STELLA** (similar al software **VENSIM**) para la construcción de las cadenas productivas y su posterior simulación. **I THINK** es un software utilizado para simular todo tipo de modelos en tiempo real a través del concepto de redes dinámicas. A continuación se hará una introducción breve al manejo del software, con el fin de entender el modelo de simulación resultante para las cadenas analizadas.

El programa consta de tres secciones: una interfaz del usuario, un área de construcción gráfica y un área para ecuaciones. Comenzaremos hablando del área de construcción gráfica, la cual permitirá la programación de modelos mediante una serie de símbolos muy intuitivos.

**I THINK** maneja dos componentes básicos: *los vectores* y *los nodos*.

	<b>Los vectores (Connector):</b> permiten relacionar diferentes nodos, indicando la secuencia del flujo de información a través del modelo. Se identifican mediante una flecha.
---	---

Los nodos representan las actividades dentro del modelo de redes. **I THINK** maneja tres tipos de nodos: **Almacenamiento (Stock)**, **Flujo (Flow)** y **Convertidores (Converter)**.

	<b>Los nodos de almacenamiento (Stock):</b> se encargan de acumular datos (unidades, productos, personas, horas, etc.). Se representan mediante un cuadrado.
---	--

	<b>Los nodos de flujo (Flow):</b> generan los datos que alimentan a la simulación. Por ejemplo, pueden simular las compras de un cierto producto durante un mes.
---	--

	<b>Los nodos convertidores (Converter):</b> hacen el papel de funciones aritmético lógicas, las cuales procesan los datos manejados por el modelo. También desempeñan valores
---	---

constantes. Se representa por un círculo.

### 3.1.1 UN EJEMPLO SENCILLO: CALCULANDO LOS INGRESOS MENSUALES

Como introducción al manejo del simulador, se realizarán una serie de ejemplos con el fin de ilustrar al lector en la construcción de modelos de redes dinámicas:

#### Ejemplo 1:

La empresa ABC vende todos los días exactamente 15 artículos X por un valor de \$1.000 pesos. ¿Cuáles son los ingresos por concepto de ventas percibidos durante el mes de enero (trabaje con 30 días)?

Se está ante un modelo matemático de tipo determinista, donde los valores de las variables se conocen con absoluta certeza. La demanda corresponde a un nodo de flujo, ya que el sistema será alimentado con un valor constante de 15, 31 veces durante la ejecución de la simulación. Se procede a crear el nodo y se anota debajo de él la palabra demanda:

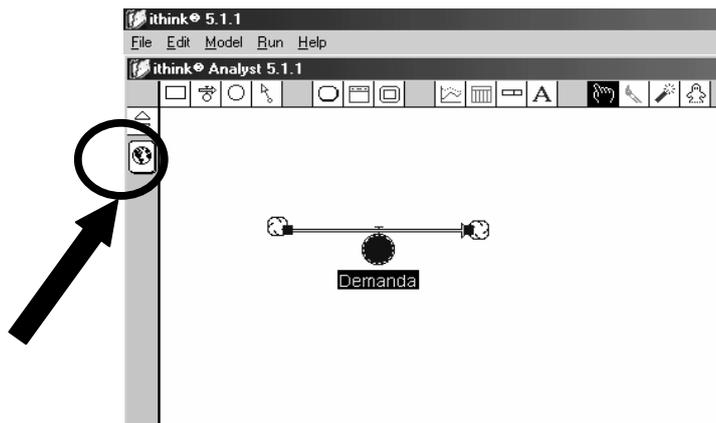


Figura 15. Desarrollo del Ejemplo 1 (capítulo 3)

Para indicarle la tarea que debe hacer, pulse sobre el mapamundi que se encuentra en la parte izquierda de la **ZONA DE TRABAJO** hasta que aparezca un **X<sup>2</sup>**. El nodo deberá parecerse al siguiente:

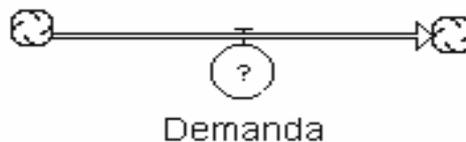


Figura 16. Creación del nodo Demanda

Para editar el nodo, deberá pulsar dos veces sobre él con el botón izquierdo del mouse, mostrando la siguiente ventana de edición:

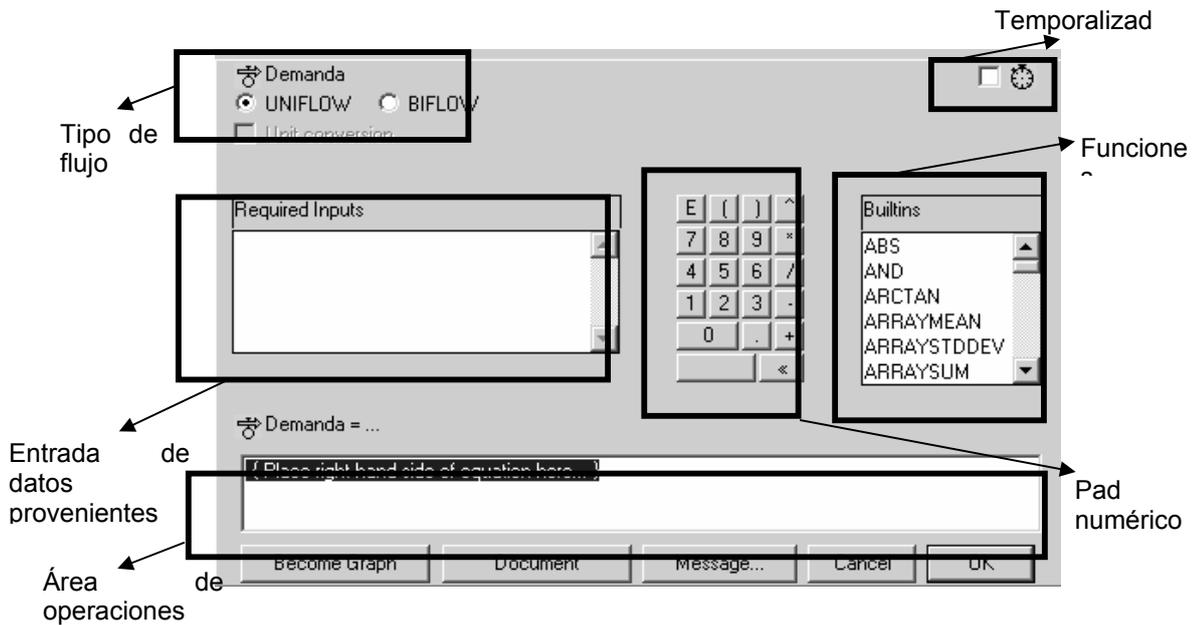


Figura 17. Ventana de edición de variables

Observe que en la esquina superior izquierda de la venta muestra los dos tipos de nodos tipo flujo manejados por I THINK: **Unidireccional (Uniflow)** y **Bidireccional (Biflow)**. En este caso la dirección correrá en una dirección (como dato de entrada para el cálculo del ingreso).

En la esquina superior derecha se encuentra una casilla (**CheckBox**) junto a un reloj. Esta opción permite que la entrada de datos se haga a través del tiempo. Como en el ejemplo se habla de ventas diarias durante un mes, será necesario marcar esta opción.

Al final de la ventana topará con una caja de texto que permite modificar los valores de entrada de los nodos, realizar operaciones o establecer funciones sobre las variables:



Figura 18. Cuadro de edición de variables

Por el momento se debe escribir el valor de la demanda diaria (15). La ventana final deberá ser:

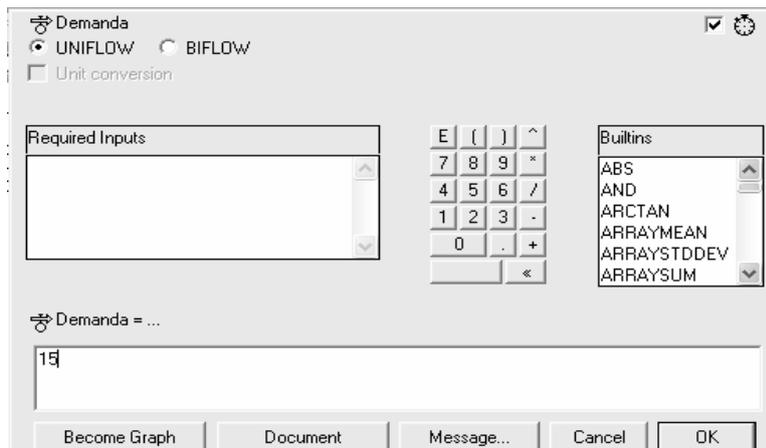


Figura 19. Valor constante del nodo Demanda

Recuerde que la simulación requiere de espacio temporal de un mes, por tanto, se deberá emplear un **nodo de almacenamiento (Stock)** que permita ir acumulando las ventas diarias. Para conectar estos dos nodos debe pulsar en el icono correspondiente a al **nodo de almacenamiento** (el cual se denominará como Ventas Acumuladas) y ubicarlo al final del **nodo de flujo (Flow)**:

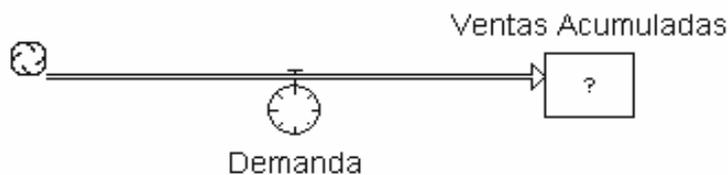


Figura 20. Creación de un nodo de Almacenamiento

Se programan las Ventas Acumuladas pulsando dos veces seguidas con el botón izquierdo del Mouse sobre este icono.

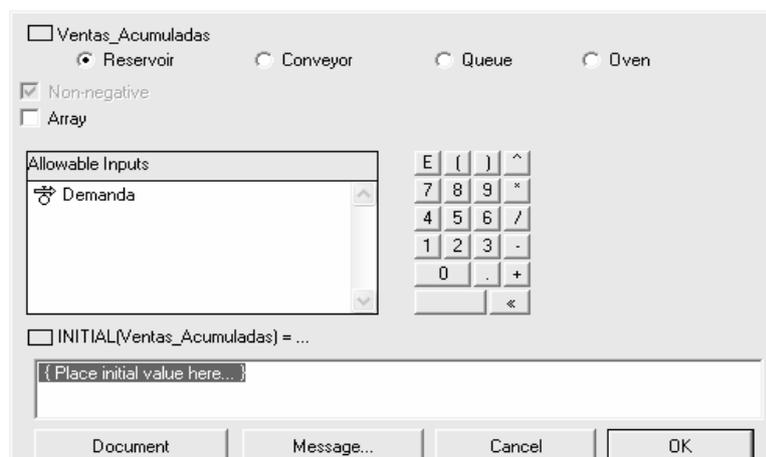


Figura 21. Edición del nodo de Almacenamiento

Existen cuatro tipos de nodos de almacenamiento:

- **Reserva (Reservoir):** Acumulador sencillo de datos.
- **Acumulador temporal (Conveyor):** Mantiene los datos almacenados durante un tiempo determinado.
- **Cola (Queue):** Mantiene los datos almacenados hasta el momento que sean solicitados.
- **Horno (Oven):** Acumula los datos por un periodo de tiempo, luego los expulsa conjuntamente.

Se elige un almacenador tipo **Reserva (Reservoir)** - esta opción se encuentra preseleccionada. Coloque como valor inicial 0, ya que no se mantienen los registros de ventas de meses anteriores. Note que los datos serán tomados del nodo Demanda, el cual aparece seleccionado en el área de datos de entradas.

Se representa el precio de los artículos como un valor constante mediante un **nodo convertidor**.

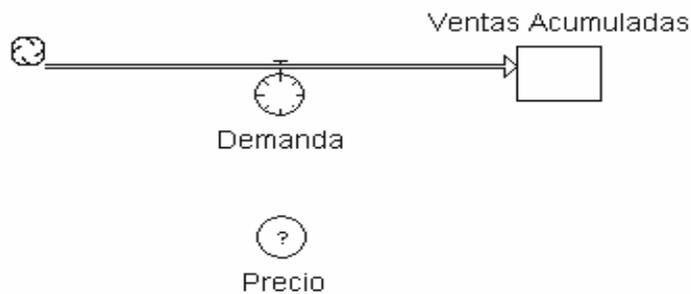


Figura 22. Adición de la variable Precio

Para introducir el valor del precio, hay que pulsar dos veces sobre este nodo y anotar como valor inicial 1000.

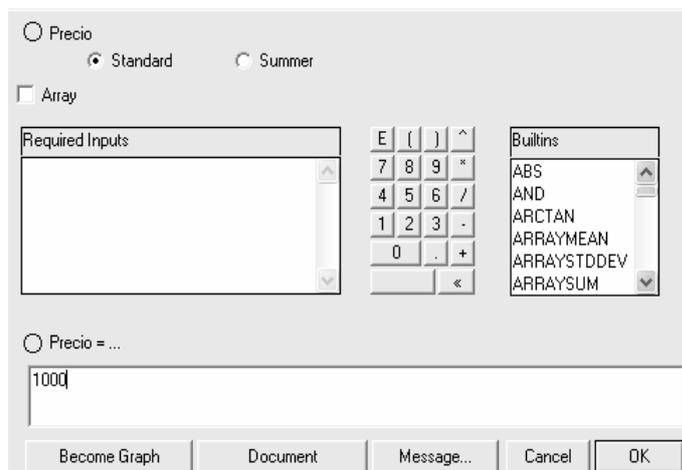
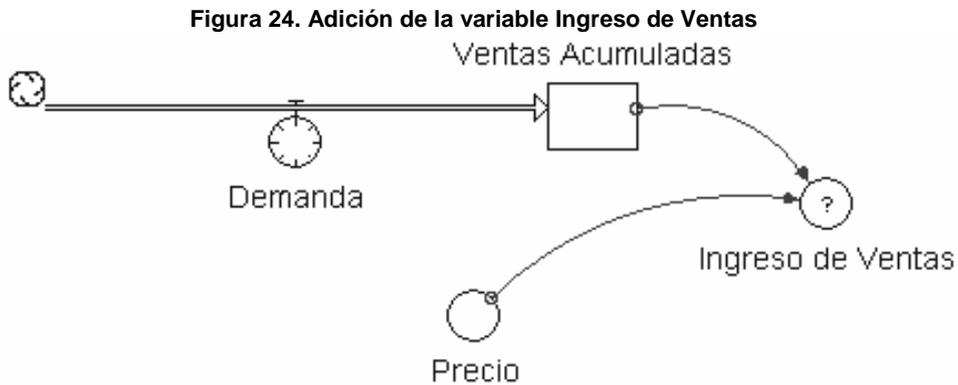
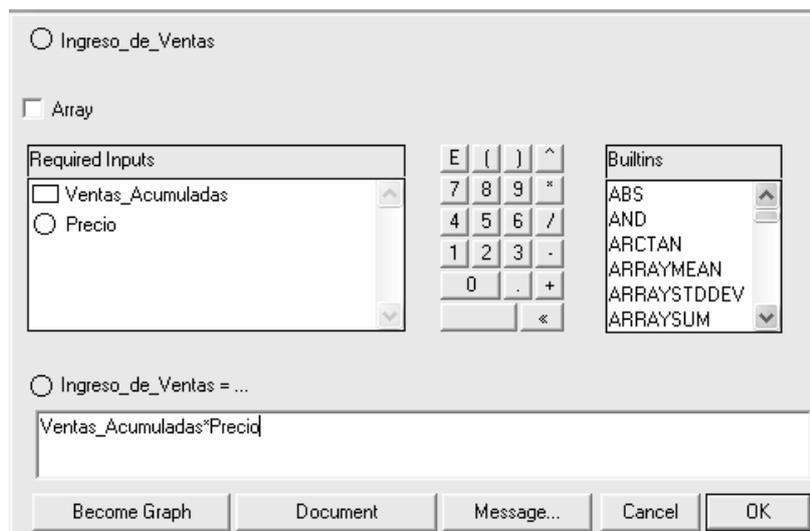


Figura 23. Valor constante del nodo Precio

Por último se representa la variable ingreso de ventas con un **nodo convertidor (Converter)**, requiriendo dos datos: el Precio y las Ventas Acumuladas. Para este efecto recurrirá a los vectores para indicar el flujo de datos:



Al realizar la operación hay que programar el nodo Ingresos de Ventas de la siguiente forma:



**Figura 25. Edición del nodo Ingreso de Ventas**

Para completar la función simplemente pulse sobre el nodo primer Ventas Acumuladas, luego agregue el operador \* y pulse sobre el otro nodo (Precio).

Antes de correr el modelo, es necesario explicitar el espacio temporal pulsando sobre menú **Ejecutar (Run)** y luego en la opción **Especificar Tiempo... (Time Specs..)**:

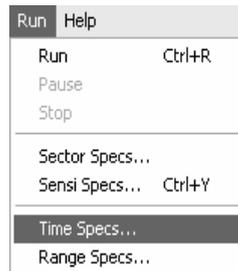


Figura 26. Opción Time Specs o Especificar Tiempo

Se indica al programa que se ejecutaran treinta iteraciones, desde el día 1 (**From: 1**) al día número 30 (**To: 31**). Las iteraciones serán tomadas por día completo (**DT: 1**).

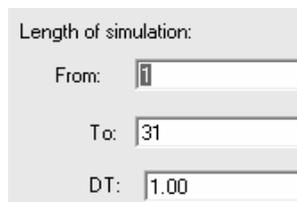


Figura 27. Se establece el intervalo (en este caso equivale a un mes de 30 días

La unidad de tiempo será **Días (Days)**.

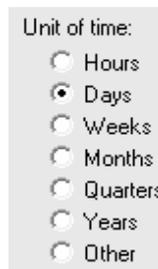


Figura 28. Especificación de la Unidad de Tiempo

Pulse **OK** para dar entrada al nuevo espacio temporal. El último paso será mostrar los resultados del modelo día a día con lo cual I Think provee dos formas de mostrar los valores de las variables: **Tablas (Table Pad)** o **Gráficos (Sketchable Graph)**.

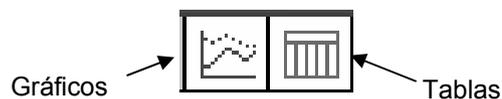


Figura 29. Botones Gráficos y Tablas

### 3.1.2 MOSTRAR DATOS MEDIANTE EL USO DE TABLAS

Pulse sobre el botón correspondiente a la *Tabla (Table Pad)* para generar una nueva ventana:

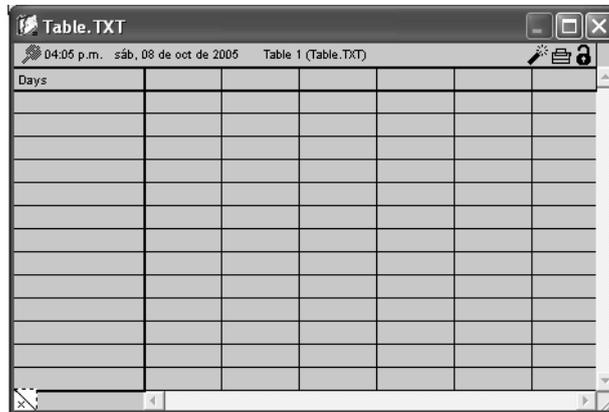


Figura 30. Table Pad

La primera columna (**Days**) mostrará los días (número de iteraciones). Las otras columnas corresponderán a los valores de las variables (**Nodos**) para cada uno de los 30 días programados. Para tal efecto pulse en la primera columna vacía con un doble clic del Mouse:

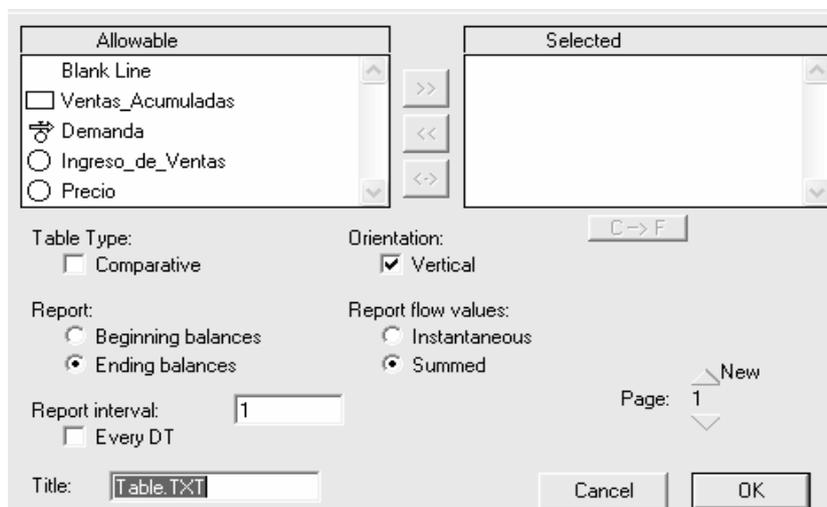


Figura 31. Edición de tablas

En el área de la izquierda se observan los cuatro nodos del modelo (Ventas\_Acumuladas, Demanda, Ingresos\_De\_Ventas y Precio). En este ejemplo se mostrarán solo el valor de las Ventas Acumuladas y el Ingreso de Ventas.

Seleccione la primera variable y pulse el botón **>>**. De igual forma realice el mismo paso con el nodo correspondiente a los Ingresos de Ventas.

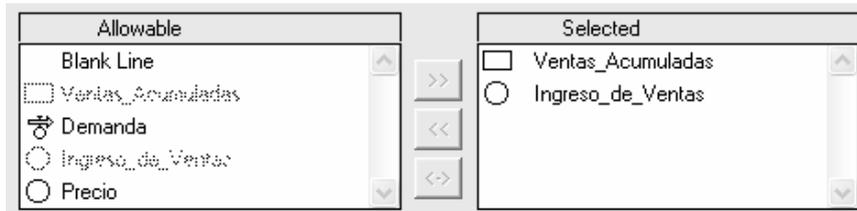


Figura 32. Selección de variables a mostrar en una tabla

Ajuste la ventana **Tabla** y ejecute la simulación pulsando sobre el menú **Ejecutar (Run)** y luego en **Ejecutar (Run)** o simplemente la combinación de teclas **Ctrl+R**:

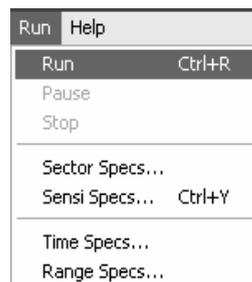


Figura 33. Menú Run. Ejecución de una simulación

Los resultados deberán aparecer como sigue:

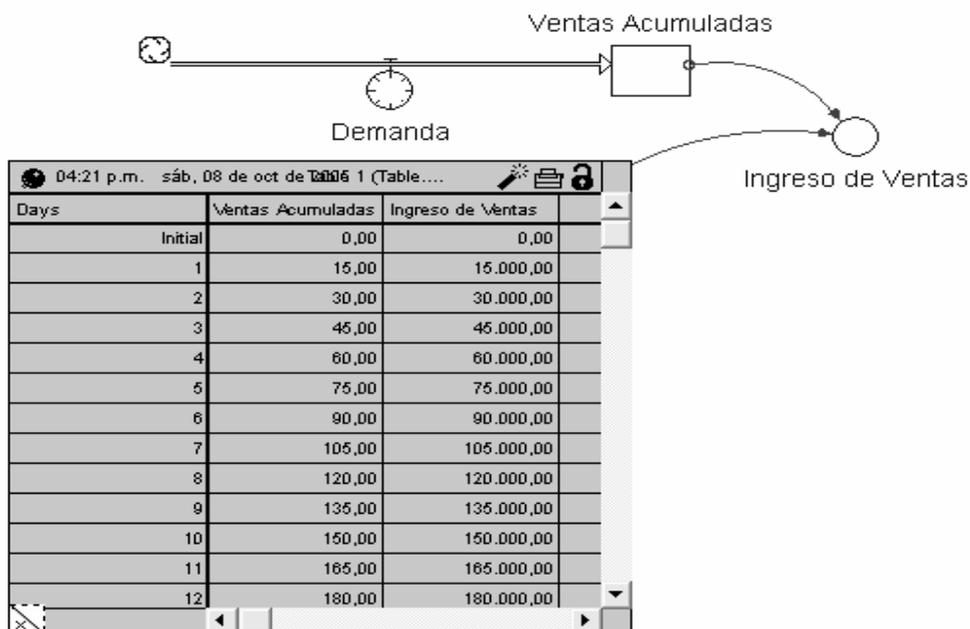
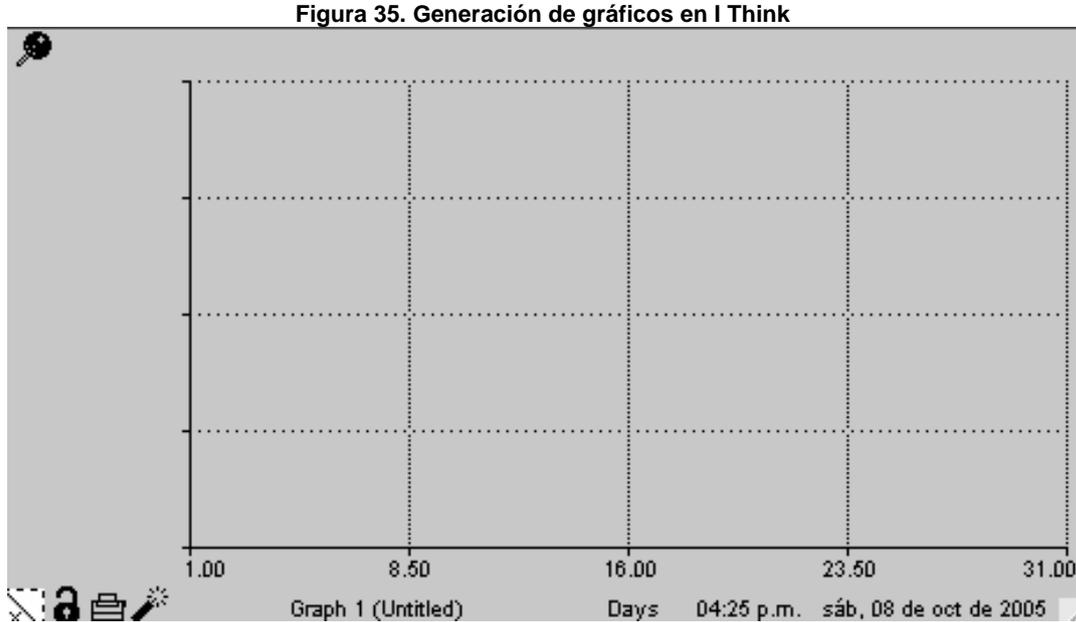


Figura 34. Vista completa del ejemplo 1

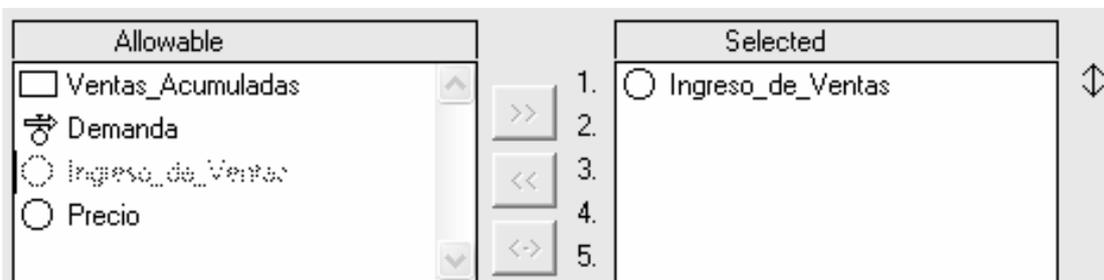
Los Ingresos de Ventas se muestran en la columna respectiva.

### 3.1.3 MOSTRAR DATOS MEDIANTE EL USO DE GRÁFICOS

Pulse sobre el botón correspondiente a *Gráfico (Sketchable Graph)* para generar una nueva ventana:



En el eje horizontal (X) se observan los días que serán simulados. Para configurar el otro eje pulse dos veces sobre esta ventana:



**Figura 36. Selección de variables a mostrar en un gráfico**

Para este ejemplo se creará un gráfico que muestre solo los Ingresos de Ventas. Al ejecutar la simulación nótese en el gráfico una línea recta con pendiente positiva que representa a los Ingresos de Venta como resultado de la multiplicación entre las Ventas Acumuladas (las cuales se incrementan en 15 unidades por día) y el Precio de Venta, cuyo valor es una constante

De igual forma se podrían mostrar los resultados de las otras variables sugiriendo el procedimiento anterior.

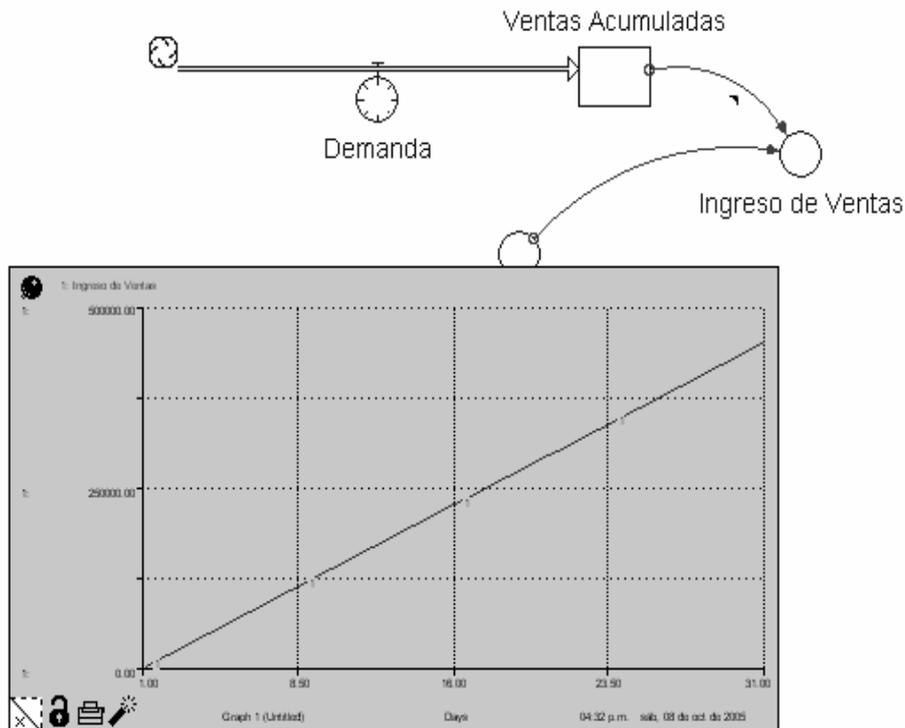


Figura 37. Gráfico sobre los Ingresos de Ventas

### 3.1.4 INCLUYENDO COSTOS VARIABLES Y FIJOS AL MODELO DE EJEMPLO

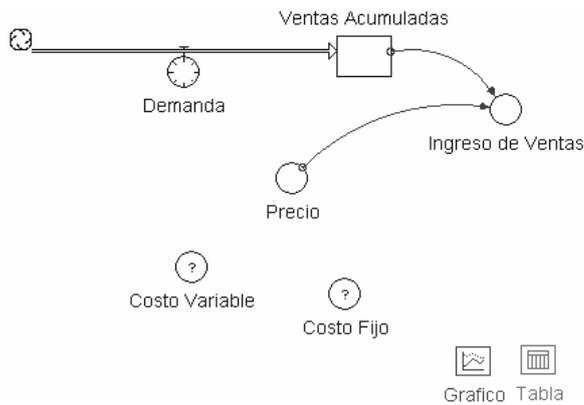
El ejemplo anterior (Ejemplo 1) se ampliará un poco para incluir costos variables y costos fijos.

Se diseñará un nuevo modelo a partir de los datos suministrados en el siguiente ejemplo:

#### Ejemplo 2:

La empresa ABC vende todos los días exactamente 15 artículos X por un valor de \$1.000 pesos. Se conoce también que los costos variables unitarios son de \$700 y existen unos costos fijos diarios de \$3.000 ¿Cuales son los ingresos por concepto de ventas percibidos durante el mes de enero (trabaje con 30 días)?

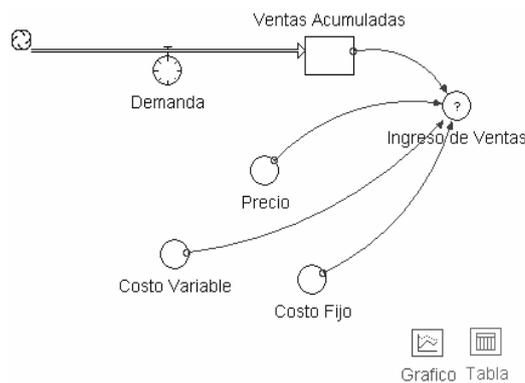
Para tal efecto incluiremos dos nuevos nodos: Costos Variables Unitarios (\$700 por unidad) y Costos Fijos (\$3.000 diarios).



**Figura 38. Ejemplo 2 con la inclusión de costos variables y costos fijos.**

Ambos valores son constantes: los costos variables equivalen a \$700 y los costos fijos a \$3.000 (para la programación pulse dos veces con el Mouse en cada uno de ellos y agregue el valor de los costos en la casilla valor inicial – área de operaciones).

Agregue los vectores para conectar los nuevos nodos al Ingreso de Ventas:



**Figura 39. Conexión entre Costos Variables, Costos Fijos e Ingreso de Ventas**

Se modifica el contenido del nodo Ingreso de Ventas modificando la fórmula como sigue:

$$\text{Ingreso\_de\_Ventas} = \text{Ventas\_Acumuladas} * (\text{Precio} - \text{Costo\_Variable}) - \text{Costo\_Fijo}$$



**Figura 40. Calculo del Ingreso de Ventas**

Ejecutemos la simulación observando los datos en la tabla:

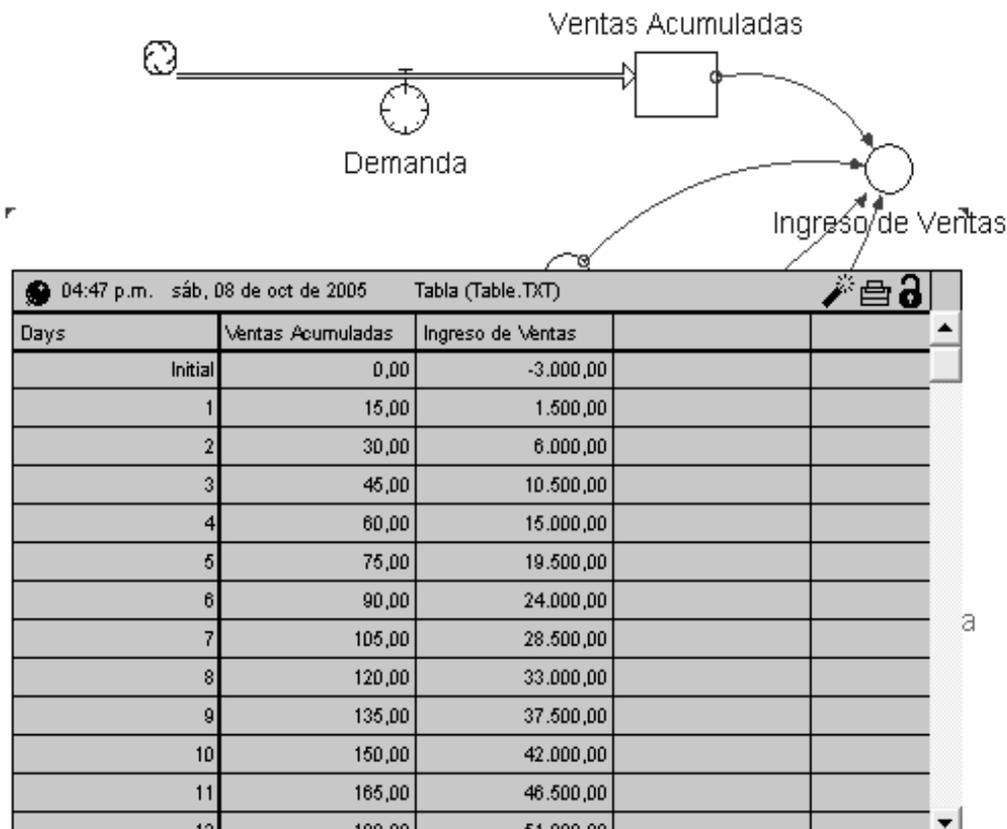


Figura 41. Resultados de la simulación Ejemplo 2

Como puede observar los ingresos de ventas son afectados por los costos. De \$15.000 registrados en el primer ejemplo pasaron a \$1.500 en el segundo ejemplo.

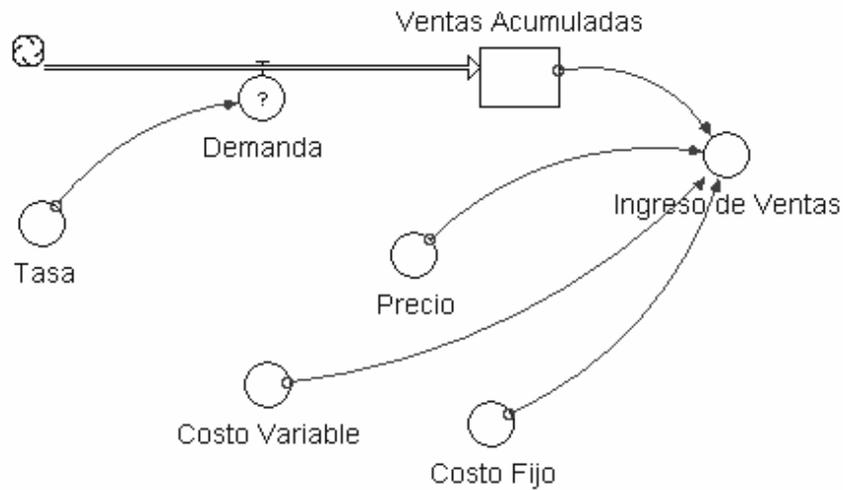
### 3.1.5 INCREMENTANDO LA DEMANDA A UNA TASA FIJA.

#### Ejemplo 3:

La empresa ABC vende el primer día del mes de enero 15 artículos, incrementándose a partir del segundo día en un 15%. Cada artículo se vende por un valor de \$1.000 pesos. Se conoce también que los costos variables unitarios son de \$700 y existen unos costos fijos diarios de \$3.000 ¿Cuales son los ingresos por concepto de ventas percibidos durante el mes de enero (trabaje con 30 días)?

El primer paso es agregar un nuevo nodo que representa la tasa que incrementará la demanda (15%) y la cual se conectará al nodo Demanda:

Figura 42. Inclusión del nodo Tasa



Observe que el nodo Demanda aparece ahora marcado con una incógnita, debido a que es necesario relacionar en su fórmula el nuevo nodo (Tasa). Coloque el valor 0.15 en el nodo Tasa.

Para poder incrementar la demanda diariamente, se aprovechará el **nodo Almacenamiento (Stock)** y estableceremos un **Vector (Connector)** hacia Demanda:

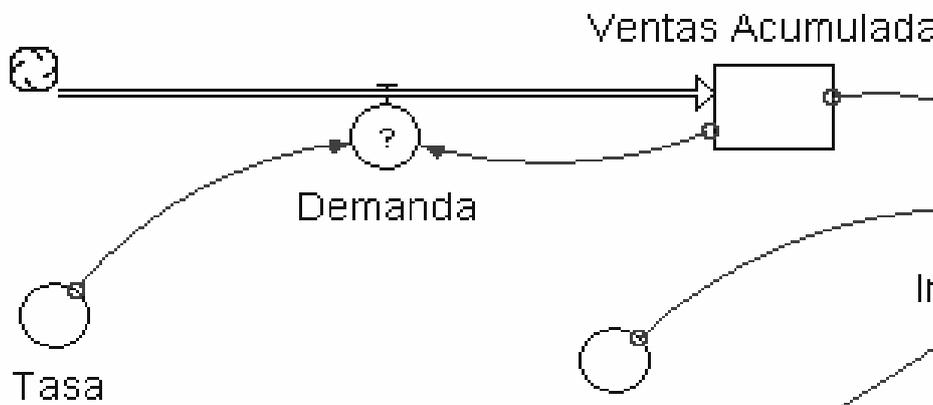


Figura 43. Incremento porcentual de la demanda

Luego se editará el nodo Demanda sumando a 15, el producto de Tasa y Ventas Acumuladas:



Figura 44. Calculo de la Demanda

Ejecute nuevamente la simulación y analicemos los resultados (a la **Tabla** se le agrego la columna Demanda para mostrar el incremento diario del 15%):

Days	Ventas Acumuladas	Ingreso de Ventas	Demanda
Initial	0,00	-3.000,00	
1	15,00	1.500,00	15,00
2	32,25	6.675,00	17,25
3	52,09	12.626,25	19,84
4	74,90	19.470,19	22,81
5	101,14	27.340,72	26,24
6	131,31	36.391,82	30,17
7	166,00	46.800,60	34,70
8	205,90	58.770,69	39,90
9	251,79	72.536,29	45,89
10	304,56	88.366,73	52,77
11	365,24	106.571,74	60,68
12	435,03	127.507,50	69,79

Figura 45. Resultados de la simulación del Ejemplo 3

Por ejemplo, la demanda para los tres primeros días se calculó de la siguiente forma:

Demanda día 1 = 15 unidades

Demanda día 2 =  $15 + 15 \cdot 0,15 = 17,25$  Unidades

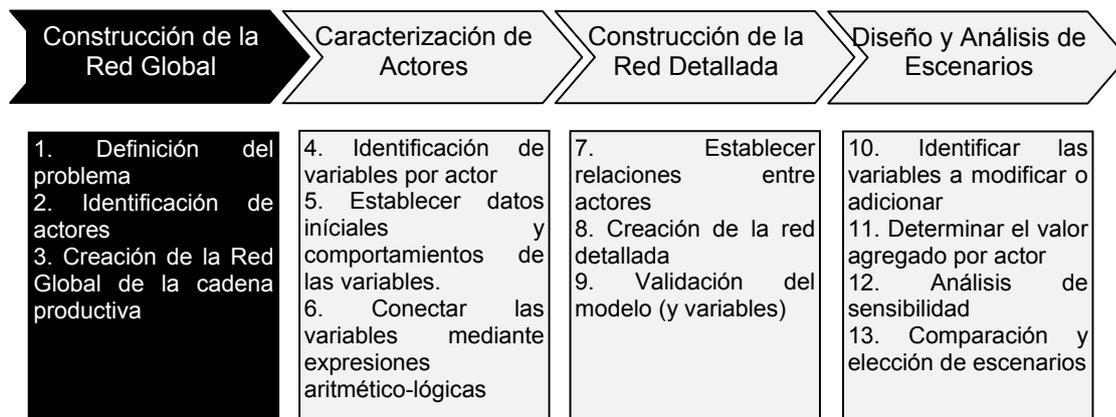
Demanda día 3 =  $17,25 + 17,25 \cdot 0,15 = 19,84$  Unidades

### 3.2 EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA PASO A PASO

A continuación se explica la construcción de una cadena productiva a partir de la caracterización de los actores que participan en ella empleando la metodología dada en el capítulo 2.

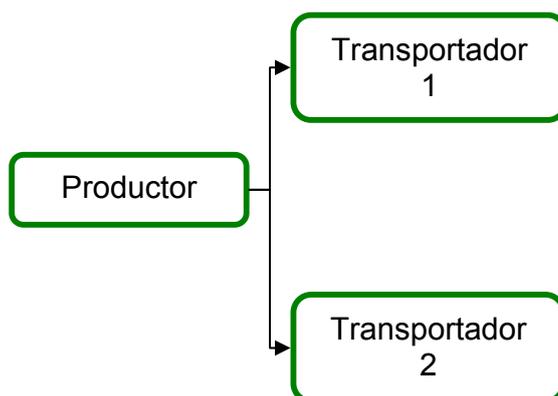
#### 3.2.1 PASO 1: LA RED GLOBAL

Figura 46. Paso 1: Construcción de la Red Global



Para efectos del ejercicio se expone un ejemplo simplificado de una pequeña cadena productiva limitada solo por tres actores: un productor y dos transportadores, cuya red global se muestra a continuación.

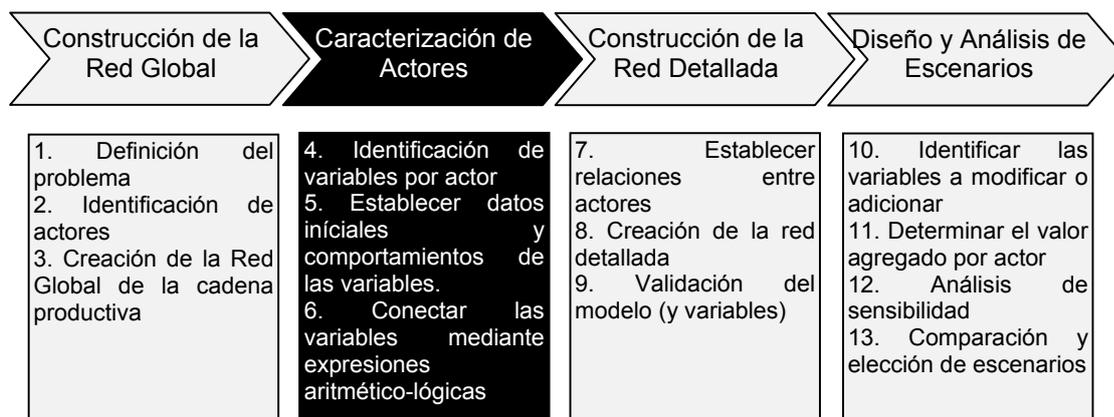
Figura 47. Red global de una cadena productiva tomada como ejemplo



Las relaciones establecidas estarían dadas en una sola dirección, donde el productor envía suministros a los mayoristas y/o almacenes a través de los transportadores. Podría existir una retroalimentación de información dada en la capacidad de transporte de mercancías, marcando un aviso al productor para limitar la producción de insumos.

### 3.2.2 PASO 2: CARACTERIZACIÓN DE LOS ACTORES

Figura 48. Paso 2: Caracterización de los actores



Para crear un modelo matemático que pueda ser simulado por **I THINK** o **STELLA**, se debe establecer como primera medida, las variables de entrada y constantes presentes en el sistema. Comience el modelo con la definición de las variables que caracterizan al único productor considerado en el estudio del sistema y luego los dos transportadores (estas variables están resumidas en las tablas 9, 10 y 11):

**Tabla 9. Variables que caracterizan al Productor**  
**PRODUCTOR**

Variables / constantes	Definición	Nombre de la variable
Promedio de toneladas producidas mensualmente	El productor 1 produce 75 toneladas mensualmente. Por datos históricos se comprueba este valor y se determina que la producción tiene comportamiento normal con desviación de 5 toneladas mes	<i>Producción y promedio producción</i>
Porcentaje de toneladas desechadas mensualmente	10% de la producción se desperdicia	<i>Porcentaje desechos</i>
Mano de obra empleada por tonelada producida	El productor emplea 2 personas por tonelada producida	<i>MO x tonelada</i>
Costo mano de obra directa	\$ 420.000 mensual / trabajador	<i>Costo x MO</i>
Gastos operacionales totales por tonelada producida	\$ 1'000.000 mensual / tonelada	<i>Gastos Op x tonelada</i>
Capacidad máxima	Por el terreno se pueden producir 200 toneladas máximas mensuales	<i>Capacidad</i>
Valor de la tonelada	\$8'000.000 / tonelada	<i>Precio x tonelada</i>

**Tabla 10. Variables que caracterizan al Transportador 1**

**TRANSPORTADOR 1**

<b>Variables / constantes</b>	<b>Definición</b>	<b>Nombre de la variable</b>
Capacidad máxima	El transportador puede movilizar máximo 40 toneladas mes	<i>Capacidad T 1</i>
Porcentaje de toneladas transportada mes	Transporta el 40% de las toneladas del productor	<i>Porcentaje toneladas</i>
Porcentaje de toneladas desechadas mensualmente	5% de la producción se desperdicia	<i>Porcentaje desechos T 1</i>
Mano de obra empleada por tonelada producida	El productor emplea 2 personas por cada 2 toneladas producida	<i>MO x tonelada T 1</i>
Costo mano de obra directa	\$ 420.000 mensual / trabajador	<i>Costo x MO T 1</i>
Precio por transportar una tonelada	\$ 4'000.000 / tonelada	<i>Precio x tonelada T 1</i>
Gastos operacionales totales por tonelada producida	\$ 2'000.000 mensual / tonelada	<i>Gastos Op x tonelada T 1</i>

**Tabla 11. Variables que caracterizan al Transportador 2**

**TRANSPORTADOR 2**

<b>Variables / constantes</b>	<b>Definición</b>	<b>Nombre de la variable</b>
Capacidad máxima	El transportador puede movilizar máximo 120 toneladas mes	<i>Capacidad T 2</i>
Porcentaje de toneladas transportada mes	Transporta el 60% de las toneladas del productor	<i>Porcentaje toneladas 2</i>
Porcentaje de toneladas desechadas mensualmente	2% de la producción se desperdicia	<i>Porcentaje desechos T 2</i>
Mano de obra empleada por tonelada producida	El productor emplea 2 personas por cada 2 toneladas producida	<i>MO x tonelada T 2</i>
Costo mano de obra directa	\$ 420.000 mensual / trabajador	<i>Costo x MO T 2</i>
Precio por transportar una tonelada	\$ 4'000.000 / tonelada	<i>Precio x tonelada T 2</i>
Gastos operacionales totales por tonelada producida	\$ 1'500.000 mensual / tonelada	<i>Gastos Op x tonelada T 2</i>

Coloque las variables y constantes representadas por nodos para el Productor.

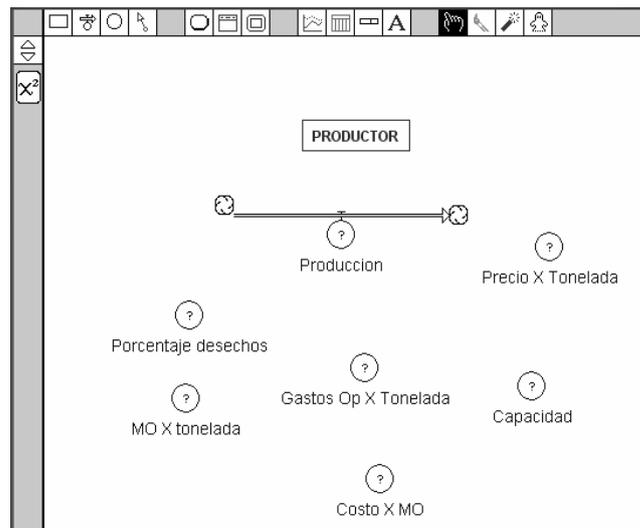


Figura 49. Representación de los Nodos para el Productor

Las toneladas producidas se detallan en el nodo **Producción** con la función **NORMAL**.

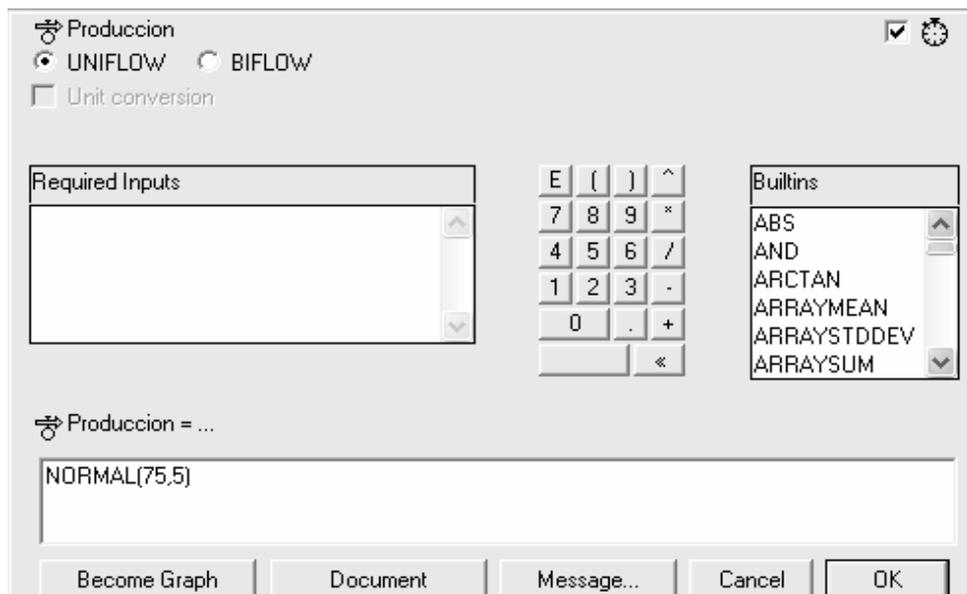


Figura 50. Ventana de edición del nodo Producción

Los otros nodos corresponden a valores constantes. Existen también algunas variables intermedias (de proceso) que se deben definir en este instante:

Tabla 12. Conjunto de variables adicionales  
**PRODUCTOR**

Variables / constantes	Definición	Nombre de la variable
Mano de obra contratada	Toneladas producidas x tasa de empleo	<i>Mano de obra contratada</i>
Toneladas vendidas	Toneladas producidas - Toneladas producidas x porcentaje de desecho	<i>Toneladas vendidas</i>
Costo total mano de obra directa	Mano de obra contratada x costo mano de obra	<i>Costo total mano de obra</i>
Ingresos totales	Toneladas vendidas x precio	<i>Ingresos totales</i>
Utilidad total	Ingresos totales – (costo total mano de obra + gasto operacionales x toneladas producidas)	<i>Utilidad total</i>

El nuevo modelo quedaría:

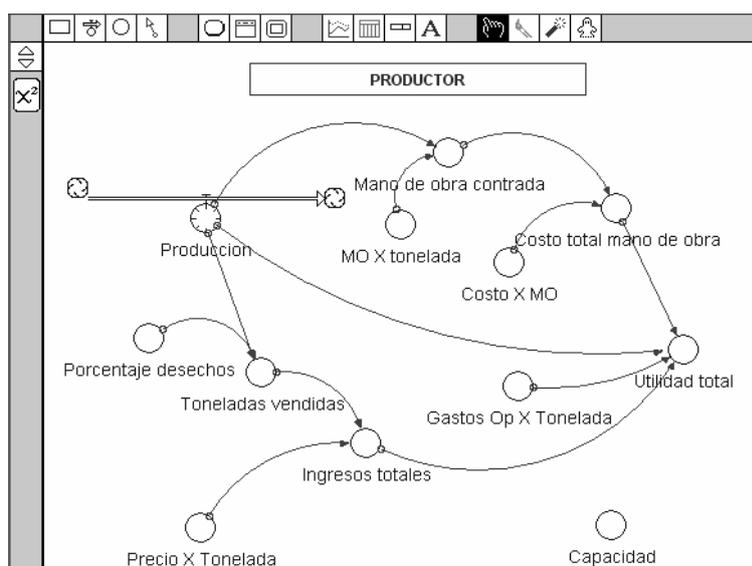


Figura 51. Modelo de redes para el Productor sin incluir Capacidad

Observe que existe una restricción dada por la constante capacidad, el productor no puede pasar de las 200 toneladas máximas. Para activar la capacidad se modifica el nodo **Producción** conectando el nodo **Capacidad** y agregando las funciones **IF, THEN, ELSE** (SI – Condicional) y un nuevo nodo que contendrá la tasa **Promedio de Producción** (que es igual a 75).

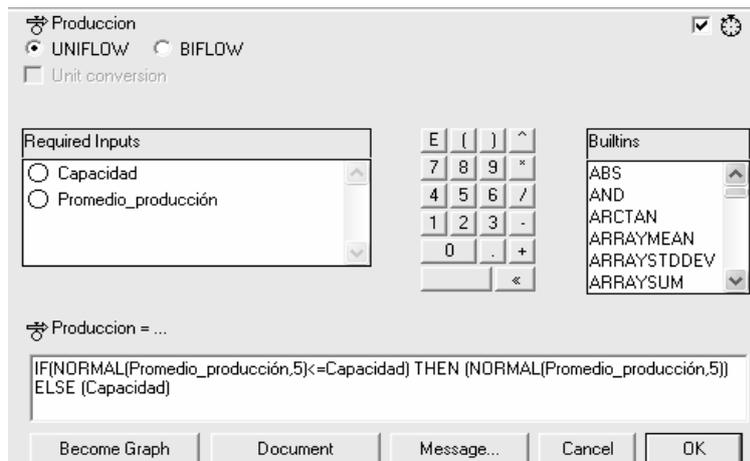


Figura 52. Condicional de Capacidad para el nodo Producción

Preste atención en detalle la sentencia anterior: Si la producción es menor a 200, se mantendrá la producción dada por la función normal:

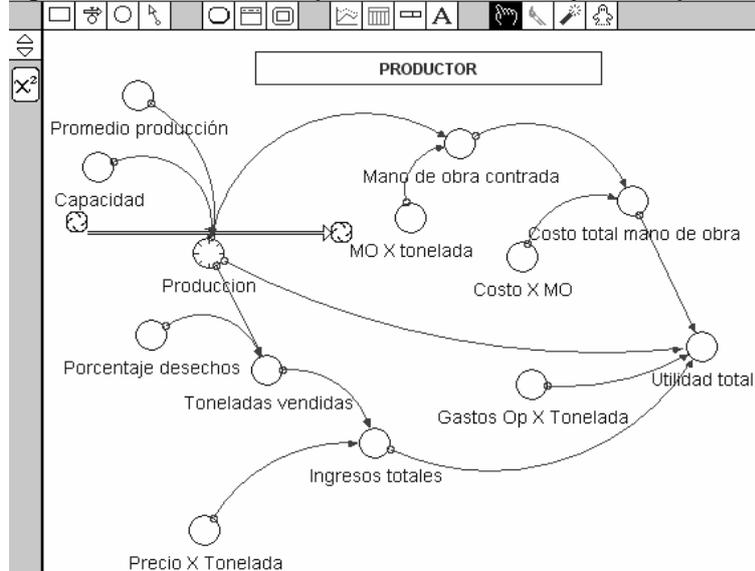
**IF(NORMAL(Promedio\_producción,5)<=Capacidad) THEN  
(NORMAL(Promedio\_producción,5))**

En el caso de que se pase la condición (se produce más de la capacidad), la producción estará limitada a 200 toneladas:

**ELSE(Capacidad)**

El modelo completo para el productor muestra un total de 13 nodos.

Figura 53. Modelo de redes para el Productor incluyendo Capacidad



Se puede agrupar las variables con un marco (**Sector Frame**).

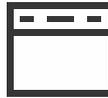


Figura 54. Botón para agrupar variables (Sector Frame)

El marco debe abarcar todas las variables. Al pulsar sobre el triángulo ubicado en la esquina superior derecha podrá ocultar el modelo.

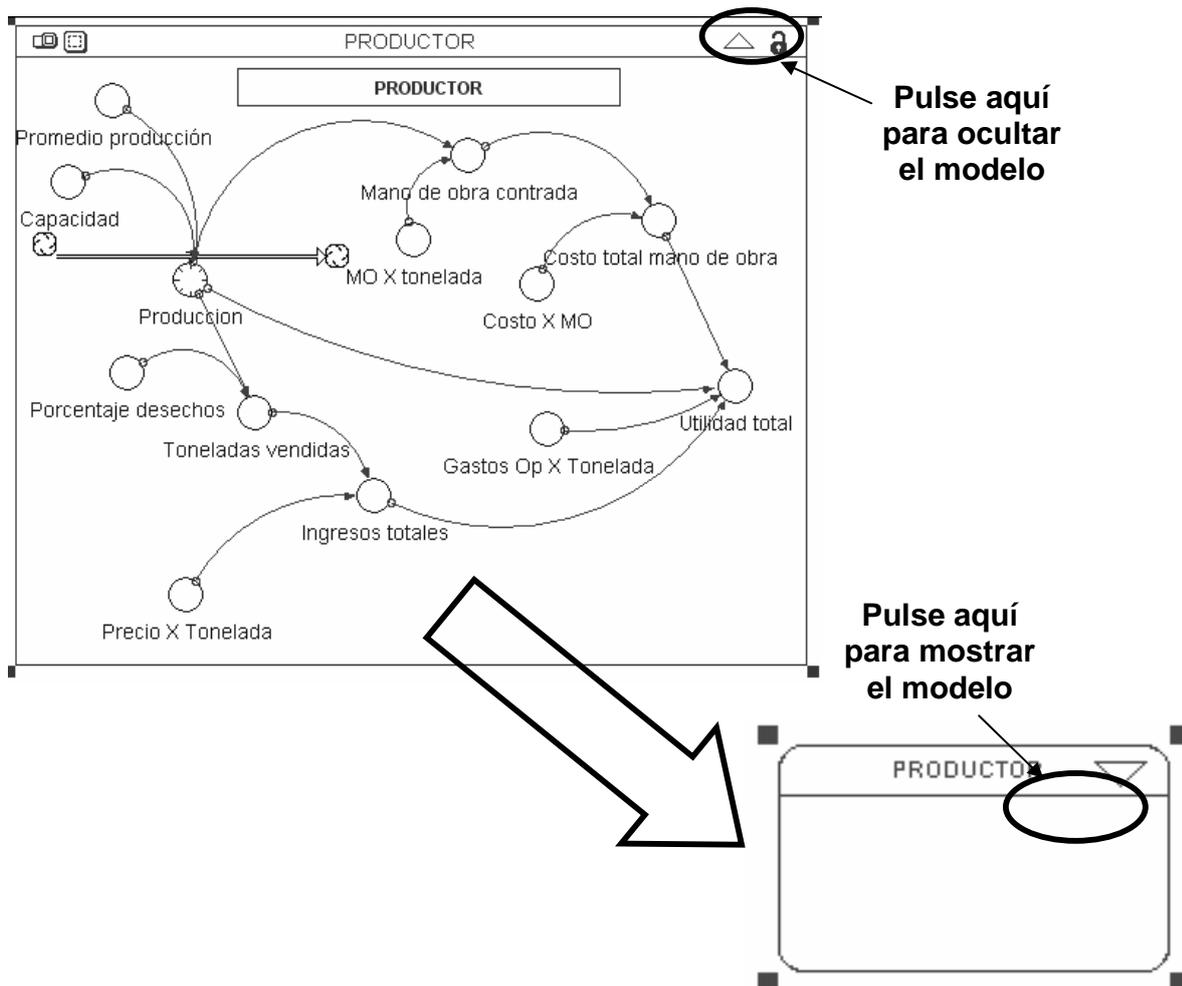


Figura 55. Agrupación de variables mediante un marco

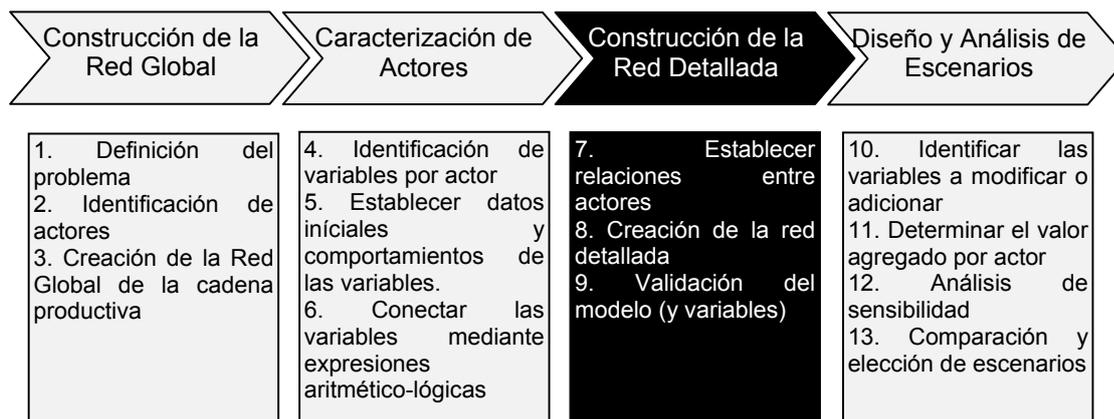
Continúe el ejemplo ubicando las variables definidas para el transportador 1 (T1).

Figura 56. Nodos para el Transportador 1



### 3.2.3 PASO 3: CONSTRUCCIÓN DE LA RED DETALLADA

Figura 57. Paso 1: Construcción de la Red Detallada



Las variables de proceso expuestas para ambos transportadores son:

Tabla 13. Variables de proceso para los Transportadores  
**TRANSPORTADOR 1**

Variables / constantes	Definición	Nombre de la variable
Mano de obra contratada	Toneladas transportadas x tasa de empleo	<i>Mano de obra contratada T 1 (T 2)</i>
Toneladas transportadas	Porcentaje toneladas por toneladas vendidas (por el productor)	<i>Toneladas transportadas T 1 (T 2)</i>
Toneladas transportadas con éxito	Toneladas transportadas - toneladas transportadas x porcentaje de desecho	<i>Toneladas Trans éxito T 1 (T 2)</i>
Costo total mano de obra directa	Mano de obra contratada x costo mano de obra	<i>Costo total mano de obra T 1 (T 2)</i>

Variables / constantes	Definición	Nombre de la variable
Ingresos totales	Toneladas transportadas con éxito x precio	<i>Ingresos totales T 1 (T 2)</i>
Utilidad transportador	Ingresos totales – (costo total mano de obra + gasto operacionales x toneladas transportadas)	<i>Utilidad transportador 1 (2)</i>

Observe que las toneladas transportadas trabajan con una variable definida para el productor (nodo **toneladas vendidas**).

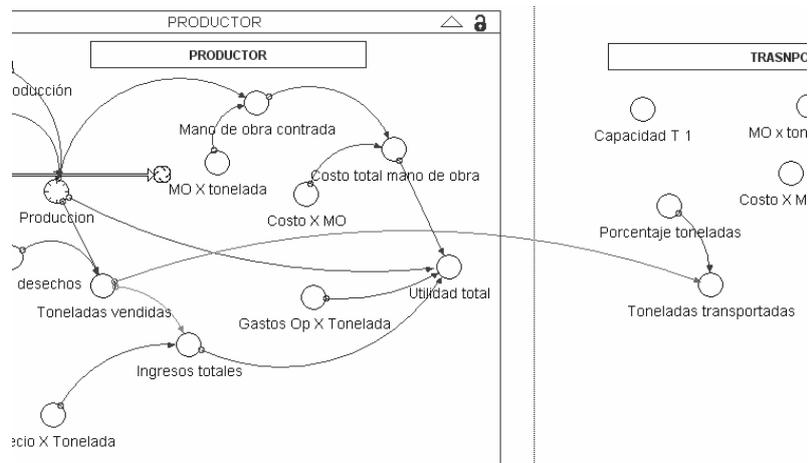


Figura 58. Conexión entre Productor y Transportador 1

El resto del modelo para el transportador 1 se muestra a continuación:

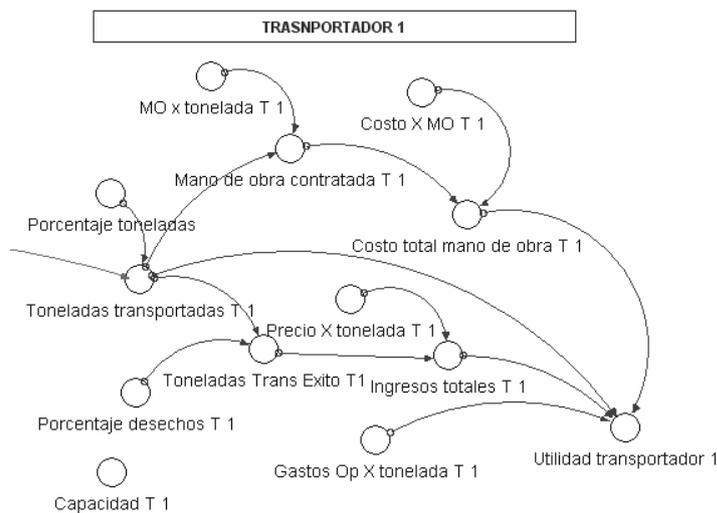
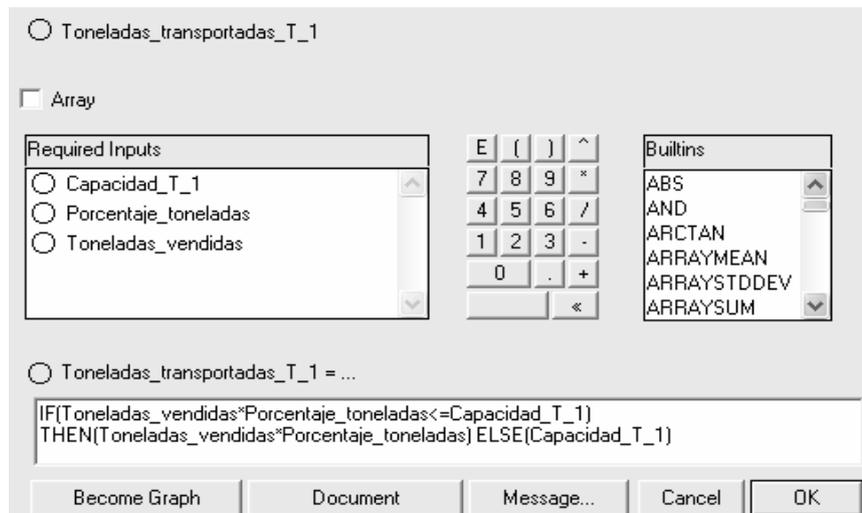


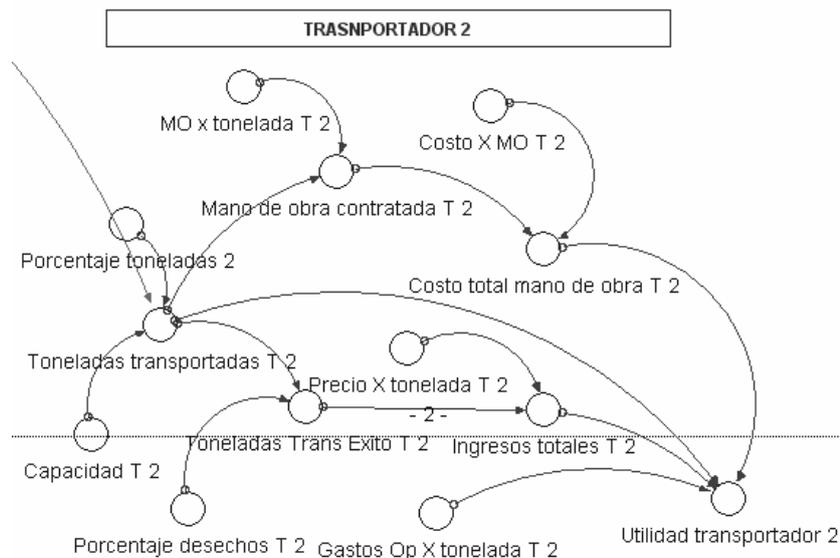
Figura 59. Modelo de redes para el Transportador 1 sin incluir Capacidad

El transportador 1 tiene además una restricción que le impide transportar más de 40 toneladas por mes.



**Figura 60. Edición del Nodo Toneladas Transportadas**

Para el transportado 2 se mantienen los mismos nodos, cambiando solo los valores constantes. Recuerde agrupar con marcos cada modelo.



**Figura 61. Modelo de redes para el Transportador 1 incluyendo Capacidad**

El modelo con las variables ocultas debería verse como sigue en la figura 62.

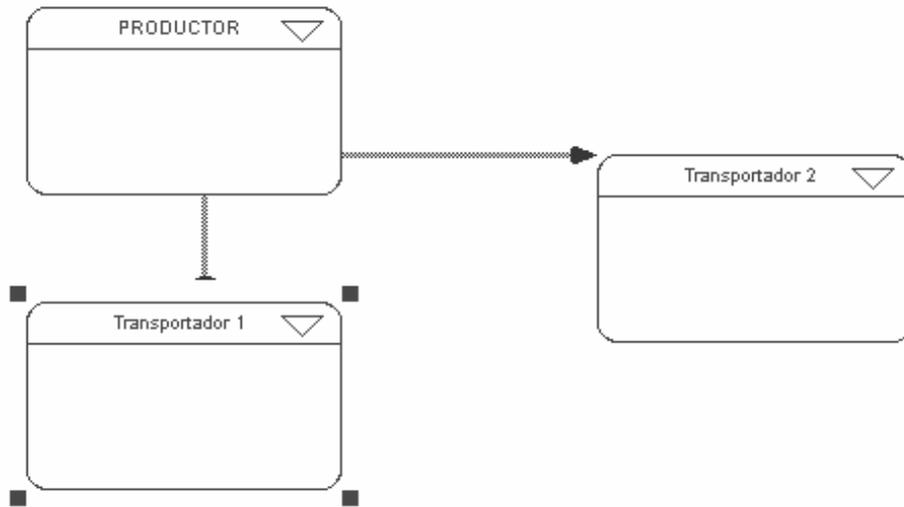


Figura 62. Representación del modelo de redes simplificado.

El modelo completo se muestra a continuación:

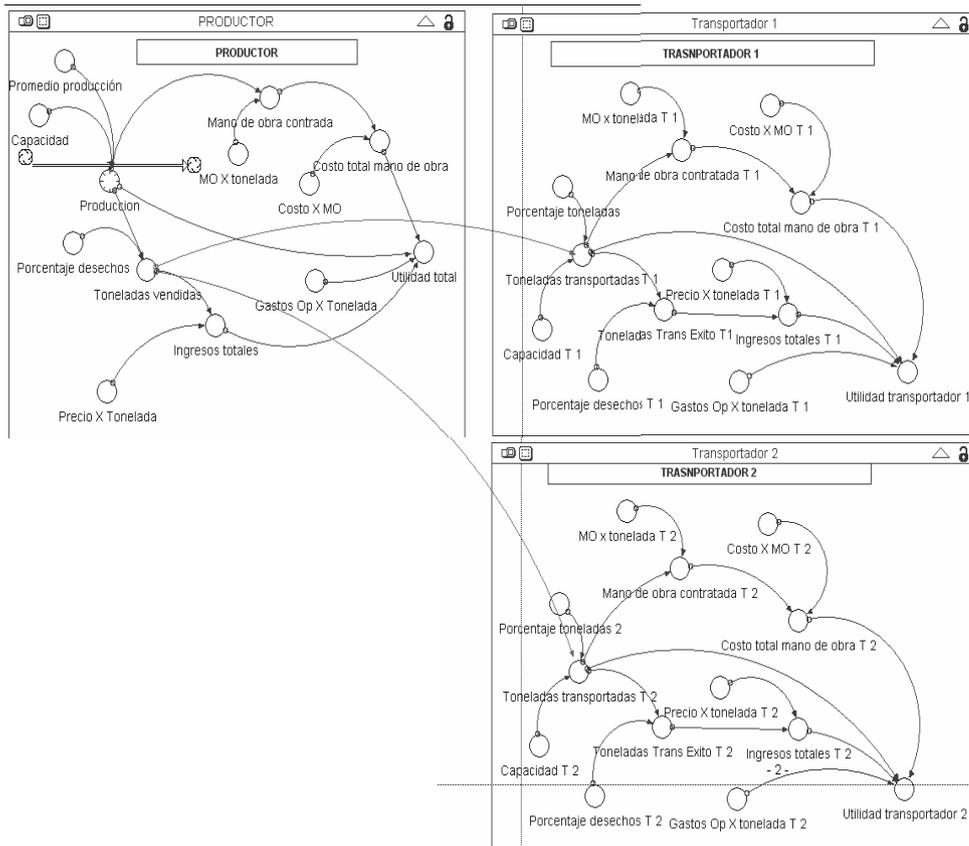
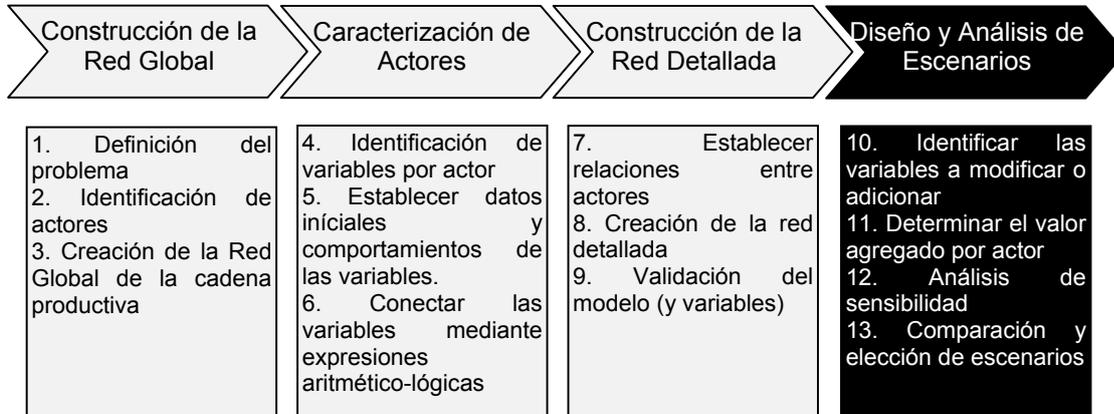


Figura 63. Modelo de redes completo para la cadena productiva del ejemplo

### 3.2.3 PASO 4: SIMULACIÓN DEL MODELO

Figura 64. Paso 1: Construcción de la Red Global



Simule el modelo por un periodo de 12 meses.

Figura 65. Especificaciones del tiempo para la simulación de la cadena productiva

TIME SPECS

Length of simulation: From: 1 To: 13 DT: 1 | DT as fraction  Pause interval: INF

Unit of time:  Hours  Days  Weeks  Months  Quarters  Years  Other

Run Mode:  Normal  Cycle-time

Interaction Mode:  Normal  Flight Sim

Integration Method:  Euler's Method  Runge-Kutta 2  Runge-Kutta 4

Sim Speed: 0 real secs = 1 unit time

Min run length: 0 secs

Cancel OK

Si se quiere ver los resultados para las variables utilidad, añada una tabla activando los nodos que contienen la utilidad para el productor y transportadores, y ejecute la simulación. Las siguientes tablas se realizaron bajo la semilla (*seed*) 150, agregada a la función normal del nodo de flujo **producción**.

Figura 66. Resultados de la simulación: variables de utilidad

Months	Utilidad total	Utilidad transportador 1	Utilidad transportador 2
Initial	386.142.126,99	24.897.522,22	61.465.757,97
1	407.013.401,85	26.243.252,18	64.788.028,82
2	403.433.349,31	26.012.418,94	64.218.159,26
3	415.615.884,08	26.797.919,69	66.157.364,24
4	392.030.963,26	25.277.220,32	62.403.137,66
5	414.185.485,00	26.705.690,97	65.929.674,59
6	402.323.889,85	25.940.883,64	64.041.556,50
7	402.437.812,83	25.948.229,13	64.059.690,65
8	350.354.361,69	22.590.012,57	55.769.093,54
9	391.975.735,95	25.273.659,39	62.394.346,63
10	416.855.459,63	26.877.844,56	66.354.678,76
11	393.816.422,52	25.392.342,47	62.687.345,47
12	389.129.673,11	25.090.152,06	61.941.312,89

La producción vendida y las unidades transportadas con éxito son:

Figura 67. Resultados de la simulación: toneladas vendidas y transportadas con éxito

Months	Toneladas vendidas	Toneladas Trans Exito T1	Toneladas Trans Exito T 2
Initial	64,84	24,64	38,12
1	68,34	25,97	40,18
2	67,74	25,74	39,83
3	69,79	26,52	41,03
4	65,83	25,01	38,71
5	69,55	26,43	40,89
6	67,55	25,67	39,72
7	67,57	25,68	39,73
8	58,83	22,35	34,59
9	65,82	25,01	38,70
10	69,99	26,60	41,16
11	66,13	25,13	38,88
12	65,34	24,83	38,42

La mano de obra contratada por el productor y transportadores son (puede activar la función **INT** para trabajar con unidades enteras para estos nodos):

Months	Mano de obra contratada	Mano de obra contratada	Mano de obra contratada
Initial	144,08	51,87	77,80
1	151,87	54,67	82,01
2	150,53	54,19	81,29
3	155,08	55,83	83,74
4	146,28	52,66	78,99
5	154,55	55,64	83,46
6	150,12	54,04	81,07
7	150,16	54,06	81,09
8	130,73	47,06	70,59
9	146,26	52,65	78,98
10	155,54	56,00	83,99
11	146,95	52,90	79,35
12	146,20	52,27	78,41

Figura 68. Resultados de la simulación: mano de obra contratada

La producción mensual para los 12 meses de un año es:

Months	Produccion
Initial	
1	72,04
2	75,94
3	75,27
4	77,54
5	73,14
6	77,27
7	75,06
8	75,08
9	65,36
10	73,13
11	77,77
12	73,47

Figura 69. Resultados de la simulación: producción mensual

## CAPITULO 4: CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL MANGO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CADENA

Debido a las distintas variedades de mango, es pertinente resaltar que para el análisis de la cadena productiva del mango en el Departamento de Bolívar, la clase de mango objeto de estudio ha sido el mango común, también conocido como mango de puerco, hilaza o Magdalena River, ya que esta es la que presenta mayor participación en cuanto a producción y demanda agroindustrial en los cultivos de esta región<sup>7</sup>.

En Bolívar, la producción del mango se ha centrado principalmente en los municipios de Arjona, Mahates, Maria La Baja, Santa Catalina y Santa Rosa, aunque el número de productores no sea tan elevado, la diferencia en cuanto a hectáreas cultivadas y cosechadas es notoria respecto a los demás municipios.

El siguiente gráfico de red muestra la cadena productiva del mango, en la cual se visualizan todos los actores que pertenecen a dicho eslabonamiento y sus relaciones comerciales. Las asociaciones poseen un alto grado de importancia, puesto que compran el 60% del total de la producción del productor

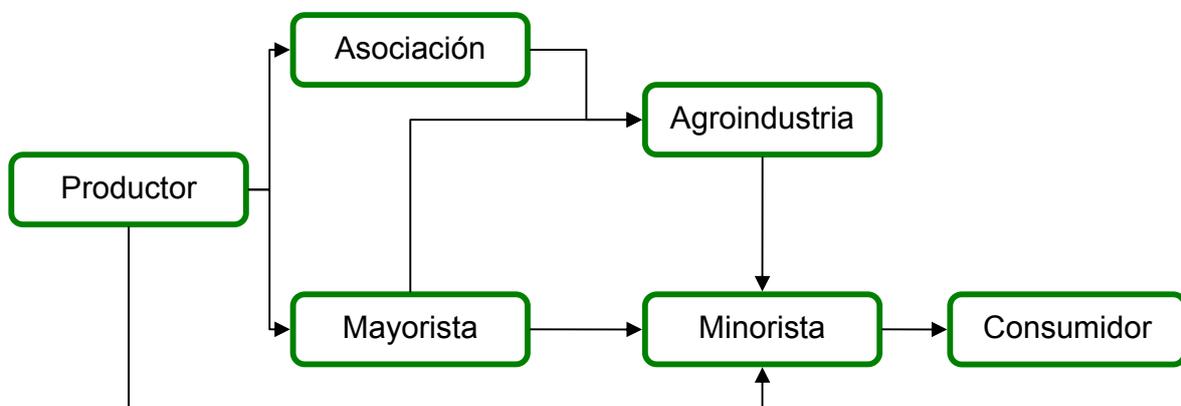


Figura 70. Red de la Cadena Productiva del Mango

Fuente: Maza Ávila, Francisco Javier y Babilonia, Rigobet. Caracterización de la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar-2005, mediante un modelo de simulación de redes

El productor suministra también a los mayoristas y minoristas (estos últimos hacen la venta directa al consumidor final de fruta fresca), pero no distribuye directamente al agroindustrial, actor que compra empleando como intermediario a la asociación y el mayorista.

<sup>7</sup> Información suministrada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolívar.

La agroindustria vende los productos procesados al minorista, quien lo lleva al consumo individual.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ACTORES

El diagrama de redes para la cadena productiva del mango está compuesto por el productor, las asociaciones o cooperativas, mayorista, minorista y procesador industrial. A continuación se muestran las variables empleadas para el diagrama de redes (cada una de ellas definida como constante mediante un valor o fijo, o variable, empleando una fórmula de relación).

**Tabla 14.** Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Productores

Nombre variable	Abreviatura	Valor / Formula
Hectáreas cosechadas	Total N° Has	1.022
Toneladas por hectárea	Ton Ha	Distribución Normal (15,3)
Producción promedio	Prod. Prom.	Total N° has * Ton Ha
Capacidad	Capacidad	Total N° has * 17
Producción	Producción	Si la producción promedio es menor p igual a la capacidad, producción = prod prom, sino es igual a la capacidad
Porcentaje de desperdicio del productor	Porc desperdicio productor	40%
Jornal por hectárea	Jornal por Ha	7
Mano de obra por hectárea	MO por Ha	2
Jornal por mano de obra	Jornal por MO	Jornal por ha/MO por ha
Costo del jornal	Costo Jornal	12.000
Costo de mano de obra	Costo MO	Costo Jornal * Jornal por MO
Mano de obra contratada	MO Contratada	MO por ha * Total N° Has
Costo total mano de obra	CT M de O	Costo MO * MO Contratada
Gasto operacional por hectárea	GO Por Ha	200.000
Hectáreas sembradas	Has sembradas	1.232
Gasto operativo	Gasto Operativo	GO por ha * Has sembradas
Costo de insumos por hectárea	Costo Ins por Ha	18.000
Costo total insumos	CT Insumos	Costo ins por ha * Total N° Has
Costo total del productor	CT Productor	CT Insumos + CT M de O + Gasto Operativo
Toneladas vendidas	Ton Vendidas	Producción * ( 1 – Porc Desperdicio Productor)
Precio por tonelada	Precio por Ton	100.000
Ingreso total del productor	Ingreso Productor	Precio por Ton*Ton vendidas
Utilidad del productor	Utilidad Productor	Ingreso Productor – CT Productor

**Tabla 15.** Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango:  
Asociación

<b>Nombre variable</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor / Formula</b>
Porcentaje de compra asociación	Porc compra aso	60%
Toneladas compradas por la asociación	Ton Comp Aso	Ton vendidas * Porc compra aso
Mano de obra por tonelada	MO por Ton	2
Mano de obra contratada	Mano Obra Contratada	MO por ton * Ton Comp Aso
Costo unitario de mano de obra	CU Mano de Obra	228
Costo total de mano de obra	CT MO	CU Mano Obra * Mano Obra Contratada
Porcentaje de desperdicio de la asociación	Porc Desperdicio Asociación	5%
Toneladas transportadas con éxito	Ton Trans Éxito	Ton Comp Aso * ( 1 – Porc Desp Asociación)
Precio por tonelada vendida	Precio por Ton Vendida	120.000
Ingreso total asociación	IT Asociación	Precio por ton vendida * Ton Transp. Éxito
Porcentaje de gasto operacional asociación	Porc GO Aso	10%
Gasto operacional	GO Asociación	IT Asociación * Porc de GO Aso
Costo por tonelada de producción	Costo Ton Prod	100.000
Costo total asociación	CT Asociación	Costo ton proa * Ton Comp Aso
Costo Fijo Asociación	CF Asociación	4.000.000
Utilidad de la Asociación	Utilidad Asociación	IT Asociación - (CTMO + GO Asociación + CF Asociación+ CT Asociación)

**Tabla 16.** Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango:  
Mayorista

<b>Nombre variable</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor / Formula</b>
Porcentaje de compra mayorista	Porc compra may	35%
Toneladas compradas mayorista	Ton Comp May	Ton vendidas * Porc compra may
Costo de transporte por tonelada	Costo Transp. Por Ton	40.000
Costo por tonelada de mango	Costo por Tonelada	100.000
Costo total de transporte	CT Transporte	Costo Transp. por Ton * Ton Comp May
Costo total de producción	CT Prod	Ton Comp May * Costo por tonelada

Nombre variable	Abreviatura	Valor / Formula
Costo de la mano de obra	CMO	391
Mano de obra por tonelada	MO Ton.	2
Mano de obra Contratada	MO Cont.	MO_Ton*Ton_Comp_May
Costo total de la mano de obra	CTMO	C M O * Ton Comp May
Costo total del mayorista	CT Mayorista	CT Prod + CT MO + CT Transporte
Desperdicio del mayorista	Desperdicio Mayorista	5%
Cantidad vendida por los mayoristas	Cantidad Vendida	Ton Comp May * ( 1 – Desperdicio Mayorista)
Precio de venta agroindustria	Precio de Venta Agro	160.000
Precio de venta minorista	Precio de ventas min	320000
Costo Fijo mayorista	CF mayorista	4.000.000
Ingresos Totales mayorista	IT Mayorista	Cantidad Vendida * Precio de venta agro * 0.9 + Cantidad Vendida * Precio de venta min * 0.1
Utilidad del mayorista	Utilidad Mayorista	IT Mayorista – CT Mayorista – CF mayorista

**Tabla 17.** Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Procesador Industrial

Nombre variable	Abreviatura	Valor / Formula
Porcentaje de compra industria asociación	Porc compra ind. asso	100%
Porcentaje de compra industria mayorista	Porc compra ind. may	85%
Desperdicio en la industria	Desperdicio Ind.	2%
Toneladas de materia prima	Ton de MP	(Cantidad Vendida * Porc compra ind may + Ton Transp. Éxito * Porc compra ind asso) * ( 1 – Desperdicio Ind)
Porcentaje de mango para pulpa	Porc Pulpa	60%
Mango para pulpa	Pulpa	Porc pulpa * Ton de MP
Rendimiento de mango en pulpa	Rend Mango en Pulpa	59%
Pulpa procesada	Pulpa Procesada	Pulpa * Rend mango en pulpa
Precio por tonelada de pulpa	Precio por Ton Pulpa	4.403.000
Ingreso por pulpa	Ingreso por Pulpa	Precio por ton pulpa * Pulpa procesada
Porcentaje de costo operacional de pulpa	Porc CO Pulpa	80%
Costo y gasto operacional en pulpa	Cto y Gto Oper Pulpa	Ingreso por pulpa * Porc CO pulpa
Porcentaje de mango para	Porc Jugo	25%

Nombre variable	Abreviatura	Valor / Formula
jugo		
Mango para jugo	Jugo	Porc jugo * Ton de MP
Rendimiento de mango en jugo	Rend Mango en Jugo	59%
Jugo procesada	Jugo Procesado	Jugo * Rend mango en jugo
Precio por tonelada de jugo	Precio por Ton Jugo	910.000
Ingreso por jugo	Ingreso por Jugo	Precio por ton jugo * Jugo procesado
Porcentaje de costo operacional de jugo	Porc CO Jugo	80%
Costo y gasto operacional en jugo	Cto y Gto Oper Jugo	Ingreso por jugo * Porc CO jugo
Porcentaje de mango para néctar	Porc Néctar	10%
Mango para jugo	Néctar	Porc néctar * Ton de MP
Rendimiento de mango en néctar	Rend Mango en Néctar	59%
Néctar procesada	Néctar Procesado	Néctar * Rend mango en néctar
Precio por tonelada de néctar	Precio por Ton Néctar	2.419.200
Ingreso por néctar	Ingreso por Néctar	Precio por ton néctar * Néctar procesado
Porcentaje de costo operacional de néctar	Porc CO Néctar	80%
Costo y gasto operacional en néctar	Cto y Gto Oper Néctar	Ingreso por néctar * Porc CO néctar
Porcentaje de mango para compota	Porc Compota	5%
Mango para jugo	Compota	Porc compota * Ton de MP
Rendimiento de mango en compota	Rend Mango en Compota	59%
Compota procesada	Compota Procesada	Compota * Rend mango en compota
Precio por tonelada de compota	Precio por Ton Compota	7.000.000
Ingreso por compota	Ingreso por Compota	Precio por ton compota * Compota procesada
Porcentaje de costo operacional de compota	Porc CO Compota	80%
Costo y gasto operacional en compota	Cto y Gto Oper Compota	Ingreso por compota * Porc CO compota
Costo y gasto operacional de la industria	Cto y Gto Oper Ind.	$\Sigma$ ( Cto y Gto Oper Subproducto)
Ingreso total industrial	Ingreso Total Ind.	$\Sigma$ ( Ingreso por Subproducto)
Costo fijo agroindustria	CF Agroindustria	296.979.070
Utilidad de la industria	Utilidad Industria	Ingreso Total Ind. - Cto y Gto Oper Ind.

**Tabla 18.** Resumen de las variables del modelo de simulación de redes para la cadena productiva del mango: Minorista

Nombre variable	Abreviatura	Valor / Formula
Porcentaje de compra a productor	Porc compra min 1	5%
Porcentaje de compra a mayorista	Porc compra min 2	15%
Toneladas de mango fresco compradas	Ton compradas en fresco min	Ton vendidas * Porc compra min 1 + Cantidad Vendida * Porc compra min 2
Porcentaje de desperdicio del minorista	Porc desperdicio min	5%
Mango fresco vendido	Mango fresco vendido	Porc Desperdicio min * Ton Compradas en fresco Min

### 4.3 MODELO DE RED

La red completa de relaciones se muestra con las siguientes ilustraciones.

**Figura 71. Cadena productiva del mango: nodo productor**

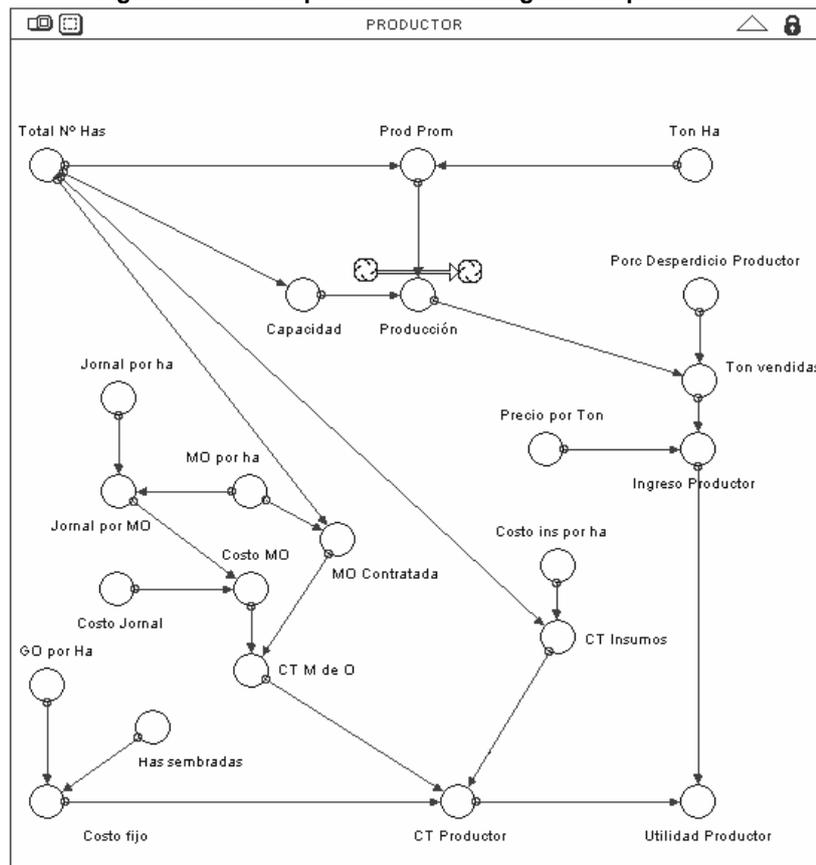


Figura 72. Cadena productiva del mango: nodo asociación

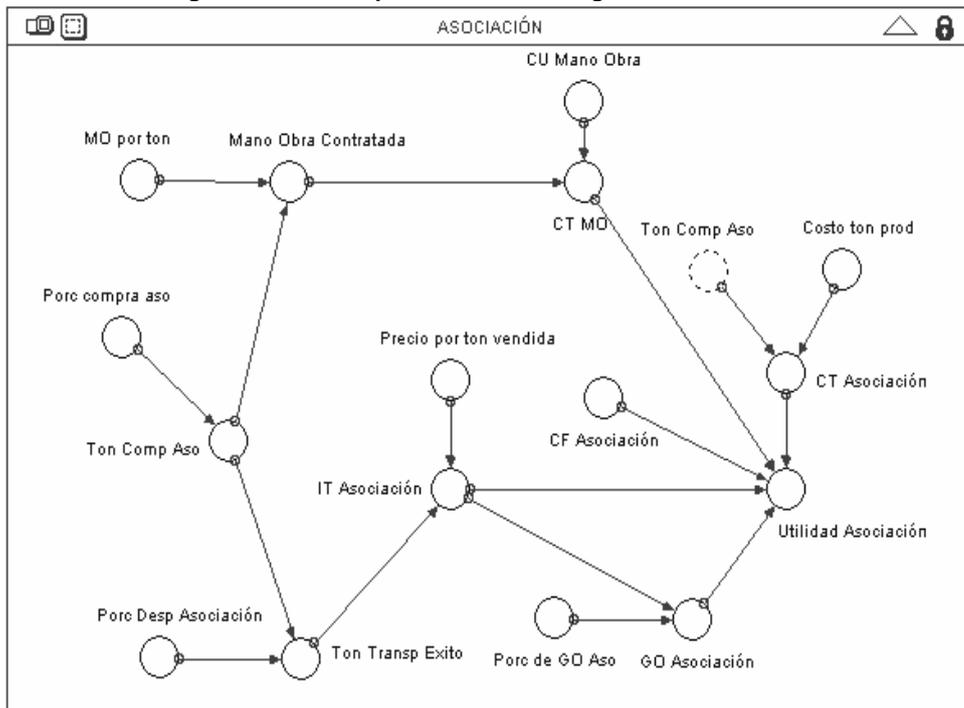
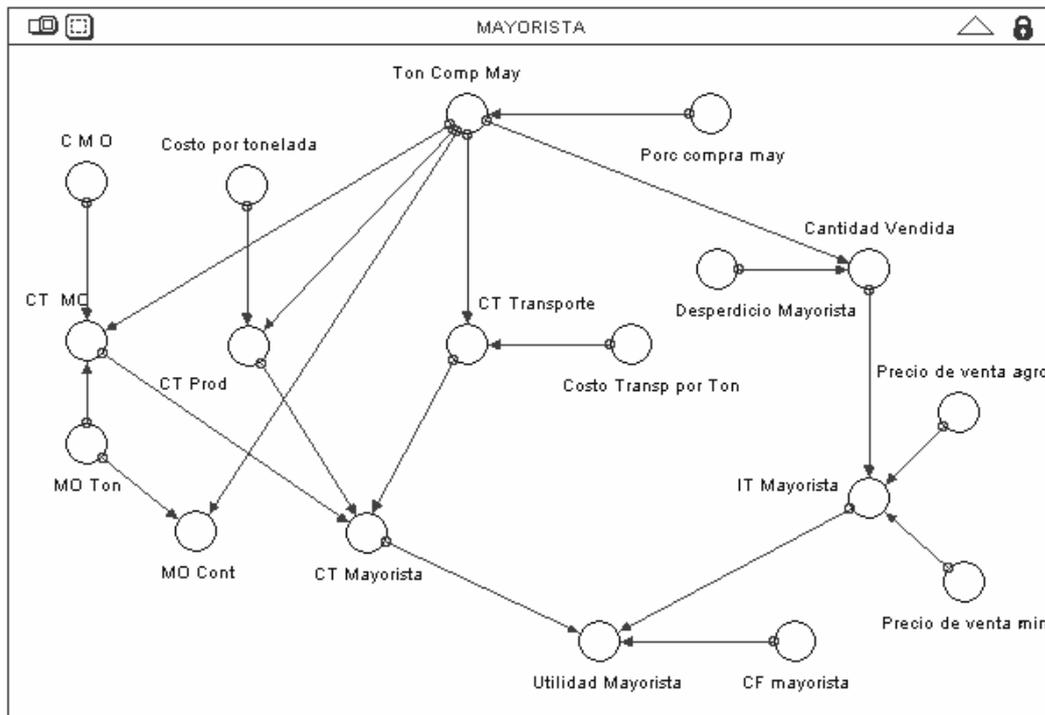
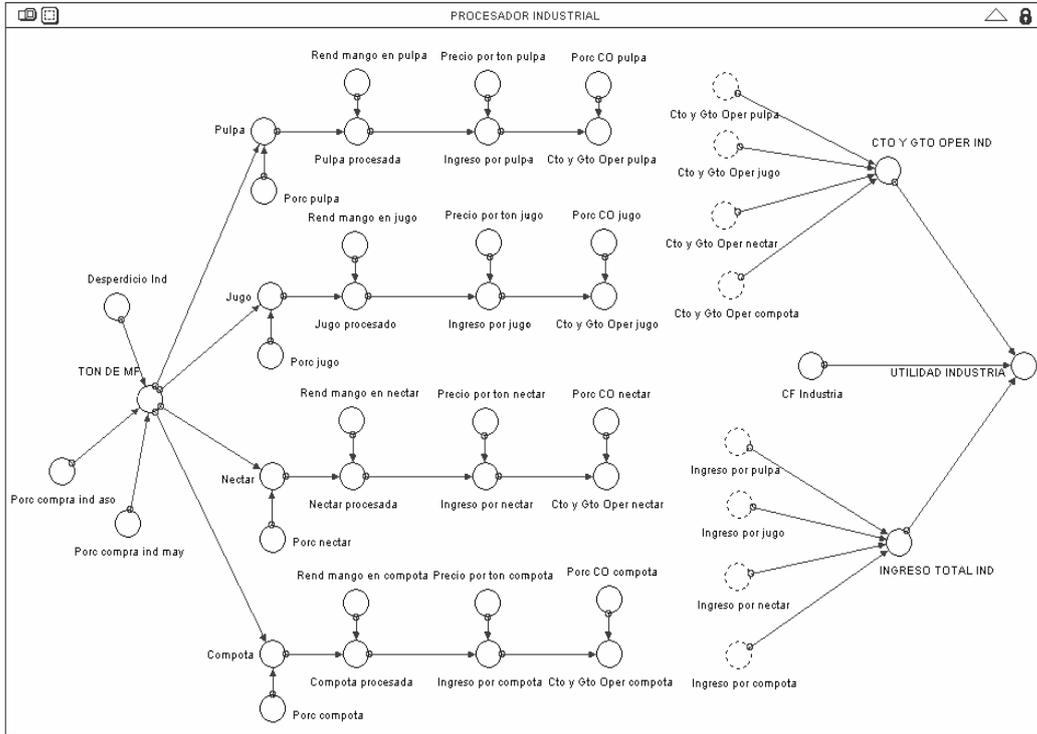


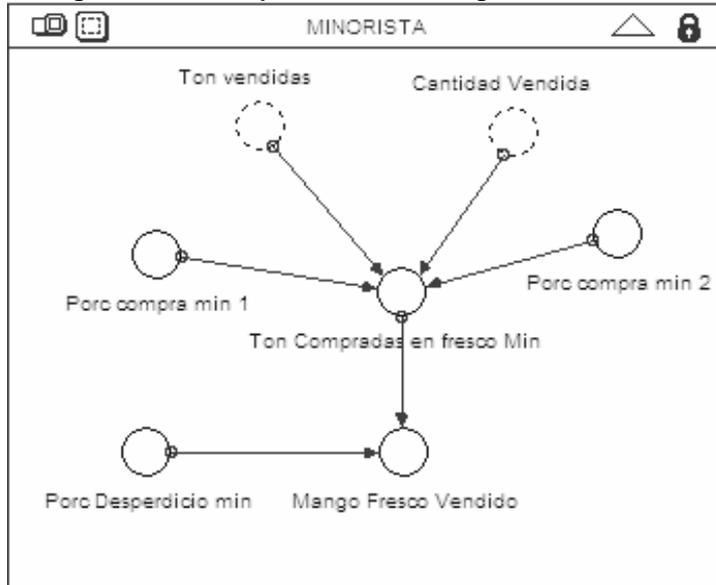
Figura 73. Cadena productiva del mango: nodo mayorista



**Figura 74. Cadena productiva del mango: nodo procesador industrial**

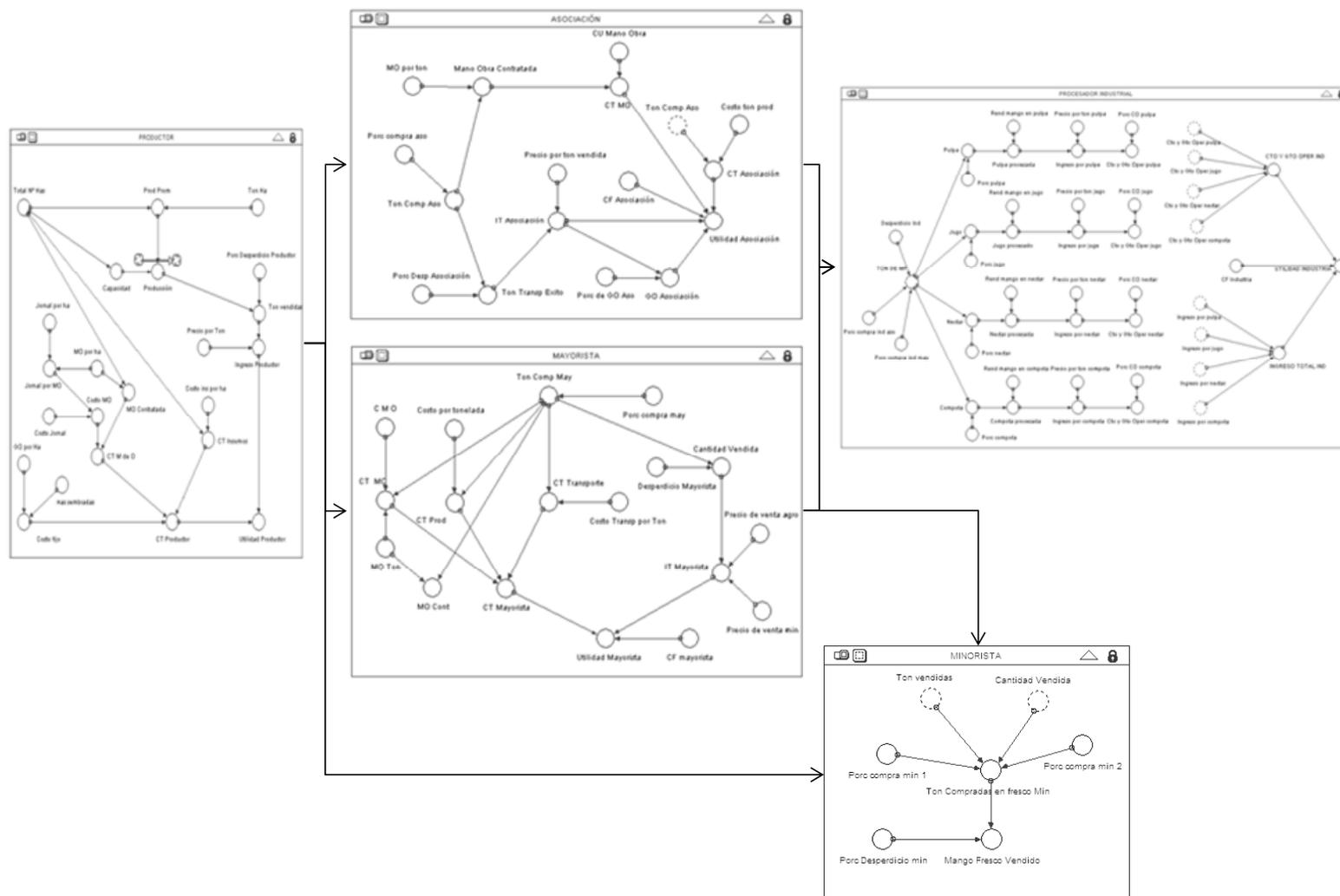


**Figura 75. Cadena productiva del mango: nodo minorista**



La conexiones entre actores se establecieron a través de nodos fantasmas (se diferencian por estar demarcadas por pequeñas líneas espaciadas entre sí), que posibilitan el traslado de datos. La red completa se muestra en la siguiente página.

Figura 76. Red detallada para la cadena productiva del mango en el sur de Bolívar





#### 4.4 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Una vez simulada la cadena productiva se obtienen datos de resultados bases para el cálculo del Margen Bruto de Comercialización (MBC), donde se toma el precio pagado por tonelada al productor, que para este caso es de \$100.000/Ton. Para el precio pagado por el consumidor, se presenta una disyuntiva, puesto que el consumidor adquiere varios subproductos derivados del mango, y una diminuta proporción para el consumo en fresco. Para facilitar su cálculo, se toma entonces como precio pagado por el consumidor, el precio ponderado de cada uno de los subproductos del mango, como se muestra a continuación:

Tabla 19. Precio ponderado consumidor (Cadena Productiva del Mango)

SUBPRODUCTO	%	Precio (\$/Ton)	Ponderación
Pulpa	60%	4.403.000	2.641.800,00
Jugo	25%	910.000	227.500,00
Néctar	10%	2.419.200	241.920,00
Compota	5%	7.080.000	354.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>3.465.220,00</b>

Fuente: Cálculo de autores

Según los cálculos, el precio pagado por el consumidor asciende a \$ 3.465220/Ton. Entonces, el margen Bruto de Comercialización será:

$$\text{MBC} = \frac{\$3.465.220/\text{ton} - \$100.000/\text{ton}}{\$3.465.220/\text{ton}} * 100$$

$$\text{MBC} = 97.11$$

Este indicador muestra que, por cada peso que paga el consumidor, 97 centavos son ingresos del proceso de intermediación, las cuales se distribuyen entre la cadena productiva. Este margen resulta sorprendentemente alto, e indica que la cadena productiva del mango es lo suficientemente competitiva como para insistir en su consolidación.

También podríamos realizar este análisis sólo con el producto en fresco, para ello tomaremos el precio por tonelada pagada por el consumidor, que asciende a \$480.000/Ton. Calculando de nuevo, tenemos que:

$$\text{MBC} = \frac{\$480.000/\text{ton} - \$100.000/\text{ton}}{\$480.000/\text{ton}} * 100$$

$$\text{MBC} = 79.16$$

En este resultado se tiene que por cada peso que paga el consumidor, 79 centavos son ingresos del proceso de intermediación, las cuales se distribuyen entre la cadena productiva. Ambos valores son altos, sin embargo genera mayor valor agregado el mango procesado que el mango en fresco.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los MBA (Margen Bruto de Comercialización por Actor) hallados por cada actor de la cadena productiva del mango:

Tabla 20. Márgenes Bruto de Comercialización por Actores de la cadena productiva del mango

Actor	Precio de compra	Precio de Venta	MBA
Asociación	100.000	120.000	16.66
Mayorista	100.000	150.000	33.33
Agroindustria	120.000	3.465.220	96.53
Minorista	320.000	480.000	33.33

Fuente: Cálculo de autores

Como se puede observar en la tabla anterior, de los actores participantes en la cadena productiva del mango, la asociación es la que genera el más bajo valor agregado, ya que por cada peso que recibe en su proceso de venta, sólo 0.1666 centavos son entradas de dinero generadas por el proceso de intermediación. Por otro lado, quien más recibe ganancias en la cadena productiva es la agroindustria, puesto que por cada peso recibido, 96.5 centavos son ingresos captados del proceso.

Los datos anteriores presentan información adicional sobre la cadena productiva estudiada y permiten interpretar mucho mejor el análisis de escenarios futuros. Aunque son muchos los escenarios que pueden resultar de la combinación de variables, en este documento se proponen cinco escenarios, tres referidos al productor, dos a la agroindustria y uno a los intermediarios (mayorista y asociación), acompañados cada uno de sus respectivos análisis.

#### 4.4.1 AUMENTO Y DISMINUCIÓN DE LAS HECTÁREAS COSECHADAS

En este escenario, se considerará el aumento y la disminución de las hectáreas de mango cosechadas en el departamento, lo cual puede resultar, en el caso de un incremento, a un incentivo por parte del gobierno local o de alguna ONG al cultivo del mango, mientras que la disminución puede obedecer a un incremento en las enfermedades que afectan el cultivo; luego se medirá su influencia en las variables de producción y del nivel de utilidad del productor, la asociación, el mayorista y el procesador industrial.

Se tomará como valor inicial de las hectáreas cosechadas, el valor de 1.022 Ha que, según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural del departamento de Bolívar representa el valor real para el año 2004 y a partir de este valor, se realizan aumentos y disminuciones constantes de 30 hectáreas.

Tabla 21. Valores parámetros para la simulación

Hectáreas cosechadas	1.022
variación hectáreas	30
Rendimiento	17.000

Fuente: Cálculo de autores

El resumen de la simulación se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 22. Incrementos y disminuciones de las hectáreas cosechadas para la cadena productiva del mango

Incrementos	Disminuciones
1.052	992
1.082	962
1.112	932

Fuente: Cálculo de autores

Tabla 23. Resumen de la variación de las hectáreas cosechadas en la cadena productiva del mango

Variación	Hectáreas cosechadas	Producción productor	UTILIDAD				
			Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria	
-	932	-8,81%	-8,81%	-12,41%	-13,08%	-9,23%	-9,40%
	962	-5,87%	-5,87%	-8,28%	-8,72%	-6,15%	-6,26%
	992	-2,94%	-2,94%	-4,14%	-4,36%	-3,08%	-3,13%
<b>Real</b>	<b>1.022</b>	<b>-</b>	<b>17.374</b>	<b>601.306.240</b>	<b>8.245.888</b>	<b>84.020.175</b>	<b>4.432.355.016</b>
+	1.052	2,94%	2,94%	4,14%	4,36%	3,08%	3,13%
	1.082	5,87%	5,87%	8,28%	8,72%	6,15%	6,26%
	1.112	8,81%	8,81%	12,41%	13,08%	9,23%	9,40%

Fuente: Cálculo de autores

Como puede observar en la tabla anterior, se ha prescindido de los valores absolutos y se optado por el empleo de porcentajes de variación, que se calculan a partir del valor real obtenido por las encuestas y de las cifras de entidades oficiales.

Por ejemplo, para hallar el valor de 8.81% (última casilla de la columna de hectáreas cosechadas), se ha tomado el tercer valor de los incrementos que corresponde a 1.112 ha y se ha calculado de la siguiente forma<sup>8</sup>:

$$\text{Porcentaje de variación}_3 = \frac{1.112 - 1.102}{1.022}$$

$$\text{Porcentaje de variación}_3 = 8.81\%$$

<sup>8</sup> El cálculo de este valor se presenta a forma de ejemplo, sin embargo, a partir de los siguientes escenarios de simulación se prescinde de estos cálculos y se seguidamente se da a conocer la tabla de porcentajes de variación.

A partir de los valores de la tabla de variaciones, y con el ánimo de contar con un indicador que informe acerca de cómo se ven afectadas las variables dependientes (aquellas que se presentarán variaciones en el modelo, tales como la producción del productor, la utilidad del productor, del mayorista, de la asociación y de la agroindustria en este escenario), ante una variación de variables independientes (hectáreas cosechadas), se calculará la razón de elasticidad

Por ejemplo, para hallar la elasticidad de la utilidad del productor, basta con tomar de la tabla de porcentajes los valores correspondientes a la variación de la utilidad del productor y la variación de las hectáreas cosechadas (ambas de  $-2.94\%$ ).

Aplicando la fórmula:

$$\text{Elasticidad de utilidad del productor} = \frac{-2.94\%}{-2.94\%} = 1$$

En donde el valor de elasticidad de 1 indica que 1) cada vez que incrementen las hectáreas de mango cosechadas, la utilidad del productor también lo hace (puesto que el signo es positivo) y 2) En términos absolutos, ante un aumento y/o disminución de las hectáreas de mango cosechadas en el departamento de Bolívar, se obtiene como resultado un incremento y/o disminución, en la misma proporción, de la utilidad del productor (elasticidad unitaria)<sup>9</sup>.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados de la elasticidad para cada una de las variables consideradas.

**Tabla 24. Elasticidades de las variables dependientes con respecto a las hectáreas cosechadas**

Variación	Producción productor	UTILIDAD			
		Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria
Disminución	1	1,41	1,49	1,05	1,07
	1	1,41	1,49	1,05	1,07
	1	1,41	1,49	1,05	1,07
Incremento	1	1,41	1,49	1,05	1,07
	1	1,41	1,49	1,05	1,07
	1	1,41	1,49	1,05	1,07

Fuente: Cálculo de autores

Observe que cada una de las elasticidades (producción del productor, utilidad del productor, del mayorista, de la agroindustria y de la asociación) se comporta de forma directamente proporcional con la variación de las hectáreas cosechadas. Por otro lado, todas las elasticidades tienen comportamiento elástico, presentando un mayor nivel de elasticidad la variable utilidad del productor.

<sup>9</sup> A partir de este escenario y en todos los demás, se presentará el análisis de elasticidad siguiendo las indicaciones antes mencionadas.

#### 4.4.2 AUMENTO Y DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO POR HECTÁREA

En este escenario se considera el aumento y la disminución del rendimiento en toneladas del mango por hectárea cosechada. Estos incrementos pueden deberse a mejoras en las técnicas de cultivo del mango (tecnificación del cultivo) gracias a capacitaciones a los agricultores en:

- Siembra tecnificada
- Selección de terrenos
- Utilización de fertilizantes
- Mantenimiento (poda y recorte)

Las disminuciones pueden presentarse por no aplicar tratamiento del cultivo y además por descuido en el control de plagas que afecten la producción.

Se tomará como valor inicial de las rendimientos por cultivo, el valor de 17Ton/ha, valor real para el año 2004 y a partir de este, se realizan aumentos y disminuciones constantes del rendimiento en un porcentaje del 10%.

Tabla 25. Valores parámetros para la simulación

<b>Rendimiento (prod./Ha)</b>	<b>17</b>
<b>Variación</b>	<b>10%</b>

En las siguientes tablas, se muestra el resumen de la simulación.

Tabla 26. Incrementos y disminuciones de los rendimientos (Ton/ha) en la cadena productiva del mango

<b>Incrementos</b>	<b>Disminuciones</b>
<b>18.7</b>	<b>15.3</b>
<b>20.4</b>	<b>13.6</b>
<b>22.1</b>	<b>11.9</b>

Al igual que en el escenario anterior, se halla la tabla de porcentaje de variación, quedando de la siguiente manera:

Tabla 27. Resumen de la variación de los rendimientos (Ton/ha) en la cadena productiva del mango

<b>Variación</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Producción productor</b>	<b>UTILIDAD</b>				
			<b>Productor</b>	<b>Asociación</b>	<b>Mayorista</b>	<b>Agroindustria</b>	
<b>-</b>	11.9	-30%	-30,0%	-45,2%	-43%	-31%	-32%
	13.6	-20%	-20,0%	-30,1%	-29%	-21%	-21%
	15.3	-10%	-10,0%	-15,1%	-14%	-10%	-11%
<b>Real</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>17.374</b>	<b>691.796.000</b>	<b>9.409.948</b>	<b>92.387.130</b>	<b>4.881.912.449</b>
<b>+</b>	18.7	10%	10,0%	15,1%	14%	10%	11%
	20.4	20%	20,0%	30,1%	29%	21%	21%
	22.1	30%	30,0%	45,2%	43%	31%	32%

Calculando la tabla de elasticidades, teniendo en cuenta que la variable independiente en este caso corresponde al rendimiento por hectárea y las dependientes son la producción del productor, y las utilidades del productor, el mayorista, la asociación y la agroindustria, el resultado es el siguiente:

**Tabla 28. Elasticidades de las variables dependientes con respecto a los rendimientos (Ton/ha) en la cadena productiva del mango**

Variación	Producción productor	UTILIDAD			
		Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria
Disminución	1	1,51	1,43	1,04	1,06
	1	1,51	1,43	1,04	1,06
	1	1,51	1,43	1,04	1,06
Incremento	1	1,51	1,43	1,04	1,06
	1	1,51	1,43	1,04	1,06
	1	1,51	1,43	1,04	1,06

Como se puede observar en la tabla, la variable que mayor elasticidad presenta es la utilidad del productor, ya que cuando aumenta o disminuye el rendimiento por hectárea en 1%, la utilidad del productor aumenta o disminuye en una proporción mayor (1.51%). Las variables de producción del productor reporta una elasticidad unitaria, es decir, cuando se incrementa el rendimiento en 1%, su valor también lo hacen en el mismo porcentaje.

#### 4.4.3 AUMENTO Y DISMINUCIÓN DEL DESPERDICIO

En este escenario, ahora se considera el aumento y la disminución del porcentaje de desperdicio en toneladas del mango por hectárea cosechada. Las disminuciones en el porcentaje de desperdicio, al igual que en el caso anterior, pueden obedecer a incrementos en la tecnificación del mango, así como a la mejora de las vías de acceso a las zonas de producción. El aumento puede presentarse en el caso de descuido de los cultivos y/o empeoramiento de las vías de acceso a causa de lluvias, por ejemplo.

Se tomará como valor inicial de porcentaje de desperdicio el valor de 40%, resultado de las encuestas realizadas a productores, y a partir de este porcentaje, se realizan aumentos y disminuciones constantes 10% en el desperdicio.

**Tabla 29. Valores parámetros para la simulación: Incrementos y disminuciones del desperdicio del productor en la cadena productiva del mango**

<b>Desperdicio</b>	<b>40%</b>
<b>Variación</b>	<b>10%</b>

En las siguientes tablas, se muestra el resumen de la simulación.

**Tabla 30. Incrementos y disminuciones del desperdicio del productor en la cadena productiva del mango**

Incrementos	Disminuciones
50%	30%
60%	20%
70%	10%

Fuente: Cálculo de autores

**Tabla 31. Resumen de la variación del desperdicio del productor**

Variación	Desperdicio	Producción vendida productor	UTILIDAD				
			Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria	
-	10%	-75%	50,0%	75,3%	71,3%	52,2%	53,0%
	20%	-50%	33,3%	50,2%	47,5%	34,8%	35,4%
	30%	-25%	16,7%	25,1%	23,8%	17,4%	17,7%
<b>Real</b>	<b>40%</b>	<b>-</b>	<b>10.424</b>	<b>601.306.240</b>	<b>8.245.888</b>	<b>84.020.175</b>	<b>4.432.355.016</b>
+	50%	25%	-16,7%	-25,1%	-23,8%	-17,4%	-17,7%
	60%	50%	-33,3%	-50,2%	-47,5%	-34,8%	-35,4%
	70%	75%	-50,0%	-75,3%	-71,3%	-52,2%	-53,0%

Fuente: Cálculo de autores

Ahora se calcula la tabla de elasticidades teniendo en cuenta que para este escenario, la variable independiente es el porcentaje de desperdicio del productor, y las dependientes son la producción vendida por del productor, y las utilidades del productor, el mayorista, la asociación y la agroindustria:

**Tabla 32. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al porcentaje de desperdicios del productor**

Variación	Producción vendida productor	UTILIDAD			
		Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria
Disminución	-0,7	-1	-0,95	-0,70	-0,71
	-0,7	-1	-0,95	-0,70	-0,71
	-0,7	-1	-0,95	-0,70	-0,71
Incremento	-0,7	-1	-0,95	-0,70	-0,71
	-0,7	-1	-0,95	-0,70	-0,71
	-0,7	-1	-0,95	-0,70	-0,71

Fuente: Cálculo de autores

La tabla anterior muestra un comportamiento diferente que los anteriores, ya que los valores de las elasticidades son negativos, esto indica una relación inversamente proporcional entre las variables dependientes y la independiente<sup>10</sup>. Según estos datos, la variable dependiente que más se afecta con las variaciones en los porcentajes de desperdicio del productor es la utilidad del productor, ya que,

<sup>10</sup> Existe una relación inversamente proporcional entre dos variables, cuando al aumentar una de ellas, la otra disminuye.

cuando disminuye el porcentaje de desperdicio en un 1%, la utilidad del productor se incrementa en 1%, y viceversa. Las restantes variables presentan un comportamiento inelástico, pero por debajo de la antes analizada.

Hasta ahora se han analizado tres escenarios, en los que se ha variado las hectáreas cosechadas, el rendimiento por hectárea y el desperdicio, y en cada uno de ellos se han analizado los impactos que éstos han causado en la utilidad de cada actor de la cadena productiva. En la siguiente tabla se aprecia las elasticidades por cada escenario simulado, destacándose que la variación de las hectáreas cosechadas como del rendimiento tienen un impacto muy similar sobre las utilidades de productor, asociación, mayorista y agroindustria, sin embargo, dicho impacto es superior al causado por la variación de los desperdicios.

**Tabla 33. Elasticidades vs. Escenarios simulados productor en la cadena productiva del mango**

Tipo de variación/escenarios	UTILIDAD			
	Productor	Asociación	Mayorista	Agroindustria
Hectáreas cosechadas	1,41	1,49	1,05	1,07
Rendimiento (Ton/Ha)	1,51	1,43	1,04	1,06
Desperdicio	-1	-0,95	-0,70	-0,71

Fuente: Cálculo de autores

#### 4.4.4 AUMENTO EN EL PORCENTAJE DE COMPRA DEL MAYORISTA

Hasta ahora no se ha tenido en cuenta el efecto que en el empleo puede presentarse el variar alguna de las variables de las que éste depende. Para este caso, se ha diseñado un escenario en el que se aumenta el porcentaje de compra por parte del mayorista, disminuyendo el porcentaje que adquiere la asociación (que según las encuestas realizadas a productores, es quien compra mayor cantidad de producto a los productores). El porcentaje de compra de los minoristas no se varía<sup>11</sup>. La razón del incremento en el porcentaje de compra, es la mayor presencia de los mayoristas, que disminuya el poder de compra de las asociaciones. Las demás variables permanecerán constantes.

**Tabla 34. Valores parámetros para la simulación: Incrementos de los porcentajes de compra del mayorista en la cadena productiva del mango**

Porcentaje Compra Asociación	60%
Porcentaje Compra Mayorista	35%
Porcentaje Compra Minorista	5%

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los incrementos efectuados al porcentaje de compra del mayorista, acompañado de la disminución en el porcentaje de compra de la asociación:

<sup>11</sup> Pudo haberse aumentado el porcentaje de compra de la asociación, sin presentarse ninguna variación en el análisis final.

Tabla 35. Incrementos de los porcentajes de compra del mayorista en la cadena productiva del mango

Porcentaje Compra Asociación	Porcentaje Compra Mayorista
55%	40%
50%	45%
45%	50%

Cabe anotar que en este caso sólo se simulara las variaciones en los porcentajes de compra de los mayoristas y de la asociación, por lo tanto, el porcentaje de compra del minorista permanece constante e igual a 5% del total de la producción vendida por el productor. Las tablas de resumen de los aumentos en el porcentaje de compra del mayorista y la elasticidad se muestran a continuación:

Tabla 36. Resumen de los incrementos de los porcentajes de compra del mayorista en la cadena productiva del mango

Variación	Porcentaje Compra Mayorista	Empleados Asociación	Empleados Mayorista	Utilidad Asociación	Utilidad Mayorista	Utilidad Total	
Real	35%	-	11.423,40	6.663,65	12.245.887,89	88.020.175,05	100.266.063
+	40%	14,3%	-8,3%	14,3%	-12,4%	15,0%	12,5%
	45%	28,6%	-16,7%	28,6%	-24,8%	29,9%	25,0%
	50%	42,9%	-25,0%	42,9%	-37,1%	44,9%	37,6%

Tabla 37. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al porcentaje de compra del mayorista en la cadena productiva del mango

Variación	Empleados Asociación	Empleados Mayorista	Utilidad Asociación	Utilidad Mayorista	Utilidad Total
Incremento	-0,583	1	-0,866	1,048	0,877
	-0,583	1	-0,866	1,048	0,877
	-0,583	1	-0,866	1,048	0,877

Como puede comprobarse en la tabla anterior, las variables de empleo y utilidad de la asociación, presentan dos cualidades importantes: primero que responden en un proporción inversa a los incrementos de la compra de producción del mayorista, y segundo, su elasticidad es inelástica: al aumentar el porcentaje de compra del mayorista en un 1%, estas variables disminuyen en un porcentaje inferior a dicho incremento (-0.583% y -0,866%, respectivamente). Cabe resaltar que, aunque la suma de las utilidades del mayorista y del asociado aumenta, la proporción de incremento es inferior al incremento en el porcentaje de compra del mayorista.

#### 4.4.5 VARIACIONES EN EL PORCENTAJE DE DESTINACIÓN DEL MANGO EN FRESCO A LA TRANSFORMACIÓN EN PULPA, JUGO Y COMPOTA

En este escenario se mostrarán incrementos en la destinación del mango en fresco en la industria a la obtención de pulpa de mango. Se utilizará un incremento del 5%. Para ello es necesario disminuir el mismo nivel a uno o varios de los subproductos contemplados en el modelo, los cuales son el jugo, el néctar y la compota de mango. Se iniciará mostrando la distribución actual del mango en fresco para la obtención de estos subproductos:

Tabla 38. Valores parámetros para la simulación: Incrementos de los porcentajes de pulpa de mango

<b>Porcentaje Pulpa</b>	<b>60%</b>
<b>Porcentaje Jugo</b>	<b>25%</b>
<b>Porcentaje Néctar</b>	<b>10%</b>
<b>Porcentaje Compota</b>	<b>5%</b>

En este escenario, se incrementará el porcentaje de destinación de mango en fresco para obtención de pulpa en un 5% y se disminuirá el porcentaje destinado a jugo en 5%, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 39. Incrementos de los porcentajes de destinación de mango en fresco para obtención de pulpa

<b>Porcentaje aumento Pulpa</b>	<b>Porcentaje disminución Jugo</b>
60%	25%
65%	20%
70%	15%
75%	10%

Analizando este escenario en el simulador, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 40. Resumen del incremento de los porcentajes de mango en fresco para obtención de pulpa

	<b>Variación</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Utilidad Pulpa</b>	<b>Utilidad Jugo</b>	<b>Utilidad Total</b>
<b>Real</b>	<b>60%</b>	-	<b>3.427.342.593</b>	<b>236.247.353</b>	<b>4.432.355.016</b>
<b>+</b>	65%	8,3%	8,3%	-20,0%	5,4%
	70%	16,7%	16,7%	-40,0%	10,8%
	75%	25,0%	25,0%	-60,0%	16,1%

Tabla 41. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al incremento de los porcentajes de mango en la obtención de pulpa

	<b>Porcentaje</b>	<b>Utilidad Pulpa</b>	<b>Utilidad Jugo</b>	<b>Utilidad Total</b>
<b>Incremento</b>		1	-2,40	0,65
		1	-2,40	0,65
		1	-2,40	0,65

Como se observa, al incrementar el porcentaje de toneladas de mango para la obtención de pulpa, se presenta una disminución en el nivel de utilidad recibida

por parte del jugo (con valor de elasticidad de  $-2.4$ ), sin embargo la utilidad total de la industria (que es igual la sumatoria de las utilidades por cada subproducto) reporta un conducta directamente proporcional al incremento de pulpa obtenida, aunque su elasticidad es de comportamiento inelástico.

Otro escenario que se someterá al análisis es aquel en el que se incrementa el porcentaje de mango en fresco para obtener compota, disminuyendo en la misma proporción el destinado a la obtención de pulpa. Resulta importante analizar este escenario, ya que la pulpa y la compota son los subproductos con el mayor valor por tonelada. La disminución se mantendrá en el 5%. En la siguiente tabla se resumen los resultados:

**Tabla 42. Incrementos de los porcentajes de destinación de mango en fresco para obtención de compota**

Porcentaje disminución Pulpa	Porcentaje aumento Compota
60%	5%
55%	10%
50%	15%
45%	20%

Siguiendo los mismos pasos en las simulaciones anteriores, a continuación presentamos las tablas de porcentajes de variación y de elasticidades.

**Tabla 43. Resumen del incremento de los porcentajes de mango en fresco para obtención de compota**

Variación	Porcentaje	Utilidad Pulpa	Utilidad Compota	Utilidad Total	
Real	5%	-	3.427.342.593	468.290.433	4.432.355.016
+	10%	100%	-8,3%	100,0%	4,1%
	15%	200%	-16,7%	200,0%	8,2%
	20%	300%	-25,0%	300,0%	12,4%

Fuente: Cálculo de autores

**Tabla 44. Elasticidades de las variables dependientes con respecto al incremento de los porcentajes de mango en la obtención de compota**

Variación	Utilidad Pulpa	Utilidad Compota	Utilidad Total
Disminución	-0,083	1	0,041
	-0,083	1	0,041
	-0,083	1	0,041

Fuente: Cálculo de autores

Se puede observar que al incrementar el porcentaje de mango para la obtención de compota en 1%, la utilidad de la pulpa se reduce 0.083%; sin embargo, la utilidad se incrementa en 0.041%. Esto se debe a que la elasticidad de la utilidad de la compota es unitaria e incrementa en la misma proporción en que aumenta el porcentaje de destino de mango a la producción de compota.

En la tabla siguiente se resume los resultados obtenidos con respecto a la variable utilidad de la industria, ante el incremento del porcentaje de mango fresco en la obtención de pulpa y compota.

**Tabla 45. Elasticidades vs. Escenarios simulados agroindustria en la cadena productiva del mango**

Tipo de variación/escenarios			Utilidad Pulpa	Utilidad Jugo	Utilidad Néctar	Utilidad Compota	Utilidad Total
Porcentaje mango	pulpa de		1,00	-2,40	0	0	0,65
Porcentaje mango	compota de		-0,08	0	0	1,0	0,041

Fuente: Cálculo de autores

Según los resultados, obtiene un mayor peso sobre la utilidad de la agroindustria la variación en el porcentaje de mango en fresco para la obtención de pulpa que el destino de la misma proporción en obtención de compota. Sin embargo, ambos valores afectan positivamente la utilidad.

Cabe anotar que dichos análisis no son los únicos que pueden realizarse en este encadenamiento productivo, sin embargo estos se consideran los más apropiados a la información suministrada por cada actor. Se abre la posibilidad para otros estudios similares la indagación de otras formas de modelamiento, de modo que sirvan como complemento a la información aquí plateada.

#### 4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN

A continuación se establecen las conclusiones relacionadas a la cadena productiva del mango en el Departamento de Bolívar tomadas de la caracterización de los actores, la simulación del modelo y del análisis de escenarios:

En el departamento de Bolívar, la clase de mango que se cultiva para efectos de industrialización es el mango Magdalena River, más conocido como mango de hilaza o de puerco, el cual se paga al productor a un precio de \$2500 la canastilla de 25 Kg., (es decir, \$100 el kilogramo), lo que no es atractivo para ellos.

El cultivo de mango ha sido tradicionalmente relegado a un segundo lugar en el orden de prioridad por parte de los cultivadores. Sólo a partir del año 2000 y en apenas 5 municipios del departamento, se ha reportado información acerca del trato tecnificado del mango, cuyos resultados sólo se verán a partir el año 2009, aproximadamente.

La mayoría de las personas que cultivan mango en el departamento, no sembraron los árboles con el objetivo de explotarlos comercialmente. De hecho, la mayoría de los cultivos crecieron de forma silvestre y datan de hace más de 30

años de vida, tiempo por el cual han pasado por un alto descuido por parte de los cultivadores. De otra parte, los cultivos de mango se encuentran ubicados en áreas lejanas del casco urbano, con vías de acceso en estado deplorable, contribuyendo al incremento de las pérdidas en época de cosecha.

Las asociaciones de cultivadores de mango y otras frutas, han surgido como una fuente importante de reactivación de la venta de mango en el departamento, por encima de los mayoristas; algo que corrobora esta información es el hecho que en tiempo de cosecha, las asociaciones aglomeran cerca del 60% de la producción total de mango. Entre una de las ventajas que brinda la asociación a los cultivadores, son las capacitaciones para la tecnificación y manejo poscosecha del mango, así como un nivel competitivo de precio de compra de la producción.

El sector de la agroindustria en el departamento de Bolívar aún se encuentra rezagada, ya que del total de la producción de mango casi el 85% tiene como destino la industria del departamento del Atlántico y Antioquia, mientras que sólo un 15% aproximadamente se destina a la industria bolivarenses. Sin embargo, es este el actor al interior de la cadena productiva que genera el mayor valor agregado, es por ello que sugiere estudiar este comportamiento más detallado y realizar estudios de factibilidad para la implementación de un mayor número de plantas procesadoras de frutas, de forma que los productores hagan parte de las mismas para que se puedan beneficiar de las altas ganancias que estas arrojan.

El consumidor final le da mayor valor a los subproductos obtenidos del mango de hilaza que a su consumo en fresco, razón por la cual se puede explicar el hecho que sólo el 5% de la producción se destina a su venta en fresco.

Existen una serie de productos alternativos del mango llamados a ser responsables de la consolidación de la cadena productiva, y que merecen la pena estudiar su factibilidad para su desarrollo dentro de la industria bolivarenses y nacional.

En cuanto al análisis de los escenarios de simulación aquí presentados, vale la pena resaltar que, en el nodo de productor, resulta más importante centrar los esfuerzos en lograr un aumento de los rendimientos y/o de las hectáreas cosechadas, puesto que permitiría incrementar las utilidades en cada uno de los actores en una proporción mayoral incremento de las mismas.

Por parte del mayorista, es importante señalar que centrar sus esfuerzos en incrementar la cuota de producción comprada les genera un incremento en una proporción mayor de sus utilidades, lo mismo sucede para la asociación, por lo tanto se espera que ellos mantengan una guerra por alcanzar una cuota de mercado más alta.

Por parte de la agroindustria, cabe resaltar que destinar mayor cantidad de mango en fresco para la obtención de pulpa de mango les resulta más rentable que destinarla a la producción de una mayor cantidad de compota, es por ello que se

recomienda a la agroindustria que siga en su proceso de incremento de la producción de pulpa de mango.

En el mundo existen aproximadamente 3.600.000 hectáreas cultivadas, dentro de las cuales se destaca la India con la mayor cantidad de hectáreas la mayoría tecnificadas, así como China y Tailandia. Sin embargo, por la cercanía al mercado más grande del mundo, EE.UU., se puede presentar la oportunidad de exportarse pulpa, siempre y cuando se impulse la siembra tecnificada.

El mango fresco tiene pocas oportunidades de venta en el exterior, ya que no cumplen con los requisitos fitosanitarios exigidos internacionalmente, condición que se busca solventar ahora que Colombia está consolidando la constitución del Tratado de Libre Comercio con los EE.UU. (TLC).

La agroindustria debe ser más equitativa en los precios pagados a los productores, porque en estos momentos está limitando el crecimiento de éstos. Se plantea como solución el establecimiento de pequeñas plantas despulpadoras, para la producción de jugos y pulpas por parte de los productores.

# ÍNDICE

<b>A</b>	<b>G</b>
actor, 21, 24	gráficos, 43
acumulador, 16	
acumulador temporal, 41	<b>H</b>
almacenamiento, 37, 40, 50	horno, 41
análisis de escenarios, 30	
análisis de influencia, 14	<b>I</b>
	I THINK, 21, 28, 37, 53
<b>B</b>	identificación de variables, 15
bidireccional, 39	if, then, else, 56
biflow, 39	
	<b>J</b>
<b>C</b>	Jay W. Forrester, 13
cadena productiva del mango, 66, 86	
cadenas productivas, 23	<b>L</b>
	Los ciclos positivos, 17
<b>Ch</b>	
CheckBox, 39	<b>M</b>
	Margen Bruto de Comercialización, 32, 75
<b>C</b>	Margen Bruto de comercialización por Actor, 32
ciclos cerrados, 17	Margen Bruto de Comercialización por Actor, 76
ciclos negativos, 18	Método de escenarios, 19
cola, 41	modelación, 13
connector, 50	modelador, 13
converter, 16, 37	modelos de redes, 34
convertidor, 41	
convertidores, 16, 37	<b>O</b>
conveyor, 41	oven, 41
<b>D</b>	<b>P</b>
decision, 16	planificación estratégica, 23
decisión, 16	prospectiva, 18
determinista, 38	prospectiva estratégica, 19
dinámica de sistema, 13	
	<b>Q</b>
<b>E</b>	queue, 41
ejecutar, 42	
elasticidad, 33, 78	<b>R</b>
escenario, 30, 31	red global, 52
especificar tiempo, 42	RELACIÓN ENTRE ACTORES, 26
estudios prospectivos, 22	relaciones entre variables, 16
	relaciones positivas, 16
<b>F</b>	
flow, 16, 37, 40	
flujo, 16, 37, 40	

reserva, 41  
reservoir, 41  
retroalimentaciones, 17, 26  
run, 42

## **S**

simulación, 23  
simulación del modelo, 15  
sistema, 53  
sketchable graph, 43  
STELLA, 37, 53  
stock, 16, 37, 40, 50

## **T**

tablas, 43

table pad, 43  
time specs, 42  
tipos de escenarios, 20  
tipos de variables, 16

## **U**

unidireccional, 39  
uniflow, 39

## **V**

validación de escenarios, 34  
validación del modelo, 30  
vector, 50  
VENSIM, 21

## BIBLIOGRAFÍA

- AMEZQUITA, J. A., VERGARA S., J. C., & MAZA, F. (2006). Cadenas productivas frutícolas en el departamento de Bolívar. *Tecnos Ingenierías* , 2 (2), 20-22.
- BAENA PAZ, G. (2006). ¿Qué es el método de escenarios? (N. F. México, Ed.) *Estudios Prospectivos. Revista Prospectiva Ya* , No. 1, 17-22.
- CARSON, J. S. (2004). Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference* (pág. 9). Estados Unidos: Brooks Automation.
- COSS BU, R. (2002). *Simulación: Un enfoque practico*. México: Limusa Noriega editores.
- FORRESTER, J. (1992). La Dinámica de Sistemas y el Aprendizaje del Alumno en la educación escolar. *Sloan School of Management, Traducción al español por el Grupo de Dinámica de Sistemas del ITESM*, , 8.
- FORRESTER, J. W. (1995). The beginning of System Dynamics. *The Mckinsey Quarterly* (4), 5-16.
- FRANK, R. (2001). *Microeconomía y Conducta* (Cuarta Edición ed.). Bogotá: Mc Graw Hill.
- GODET, M. (2000). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica* ( Cuaderno No. 5. Cuarta edición ed.). Francia: Cuadernos Lips.
- GORDON, G. (1980). *Simulación de Sistemas*. México: Diana.
- GUZMAN, M. V. (2006). *La Planeación Prospectiva Estratégica: Antecedentes y Situación actual*. México: Ciclo de Conferencias: "Prospectiva: Construyendo Futuros". Universidad Nacional Autónoma de México.
- High Performance System, Inc. (2003). *Technical Documentation for the I Think STELLA software*. Estados Unidos: High Performance System, Inc.
- IZQUIERDO, E. (2002). *Mercadeo Agroindustrial*. Tegucigalpa: INFOP.
- MANCILLA HERRERA, A. M. (1999). Simulación: Herramienta para el estudio de sistemas reales. *Ingeniería y Desarrollo* (6), 105.
- MARTÍNEZ, I. (1987). *Algunas técnicas útiles en la prospectiva*. México: Centro de Estudios Prospectivos A.C. y Fundación Barros Sierra.
- MIKLOS, T., & TELLO, M. E. (2004). *Planeación prospectiva: Una estrategia para el diseño del futuro*. México: Limusa Noriega editores.
- 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.
- PINILLA, V. (2005). *Simulación: Introducción teórica y aplicaciones en administración*. Bogotá: Ediciones Uniandes.
- RAÚL B., E. (2006). ¿Por qué investigar el futuro? *Revista Prospectiva Ya* , No. 1, 5-16.
- RICHMOND, B. (1998). *Ithink user manual*. . New York: ISEE Systems.
- RICHMOND, B. (1991). Systems Thinking: Four Key Questions. *High Performance Systems* , 1-8.
- ROSS, S. M. (1999). *Simulación* (Segunda Edición ed.). México: Prentice Hall.

- SAGENT, R. G. (1998). Verification and validation of simulation models. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference* (págs. 125-126). New York: Syracuse University.
- SHANNON E, R. (2001). Introduction to the Art and Science of Simulation. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference* (pág. 8). Texas: Texas A&M University.
- STERMAN, J. D. (2001). System Dynamics Modeling: Tools for learning in a Complex World. *California Management Review* , 43 (4), 8-25.
- WYATT, S. (2005). The potential of system dynamics. *leading edge, The NHS Confederation* , 1-5.