

SIMULACION DE CADENAS DE ABASTECIMIENTO "VERDES": CASO AJI ROCOTO (*Capsicum pubescens*)

Diana Paola Sánchez Silva, Ing

Consultora, Supply Chain Simulation Systems, Bogotá, Colombia
paolasanchez@schainsystems.com/diana_paolasanchez@hotmail.com

Enrique Romero Motta, Ing

Consultor, Supply Chain Simulation Systems, Bogotá, Colombia
eromero@schainsystems.com/eromero@etb.net.co

RESUMEN

La investigación en áreas relacionadas con el análisis de cadenas de abastecimiento ha crecido en esta década en Colombia, especialmente en los negocios de consumo masivo y manufacturero. Pero el área agrícola y agroindustrial tiene pocos desarrollos. El concepto de "cadenas verdes" es nuevo en el país con pocos casos de aplicación documentados y centrados en productos convencionales como café y cacao. En este artículo se presenta un caso específico de cadena de abastecimiento verde: La cadena del Ají Rocoto (*Capsicum pubescens*), diseñada en el simulador SCMS 2.0. Esta iniciativa pertenece a un proyecto en ejecución actualmente.

PALABRAS CLAVES

Agricultura Orgánica, Simulación, Cadena de abastecimiento, Modelo Híbrido, Logística

INTRODUCCION

La simulación es cada vez más una técnica de análisis que se va abriendo camino como una alternativa nueva que complementa los procesos de diseño e implementación de modelos de negocios complejos y ayuda en el rediseño y adecuación a las nuevas condiciones de los sistemas ya existentes. Uno de los modelos de negocio que presenta características complejas de variabilidad dados los múltiples factores que la componen es el negocio agroindustrial. Actualmente en Colombia las cadenas agroindustriales presentan un gran potencial de desarrollo bajo estos esquemas considerando las características topográficas y el tipo de economía del país. Adicionalmente los nuevos conceptos como el de cadenas verdes o logística verde, empiezan a redireccionar la manera de hacer negocios en este campo. En este artículo se presenta un modelo de cadena de abastecimiento verde para el Ají Rocoto (*Capsicum pubescens*), utilizando el simulador SCMS (Supply Chain Modeling System)¹ y un simulador de sistemas dinámicos de apoyo dado el interés que genera dicha cadena al tratarse de un producto no convencional con mayores factores de variación tanto interna como externa permitiendo evaluar diferentes alternativas de simulación. Se presenta la metodología aplicada y los resultados tanto esperados como obtenidos de esta iniciativa que actualmente se encuentra en ejecución. De antemano agradecemos la colaboración del Biólogo Alvaro Fajardo Triana, uno de las grandes impulsores de este tipo de iniciativas en la región andina colombiana.

¹ www.schainsystems.com

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En análisis de cadenas de abastecimiento, es importante recordar que los objetivos de los modelos de planeación no son únicamente fortalecer los eslabones de manera aislada si no de crear un entorno lo suficientemente competitivo para que sus beneficios sean transmitidos al cliente final. En las cadenas agroindustriales y agrícolas es muy común que se piense que los grandes “ganadores” de la gestión de la cadena son los comercializadores. Al comparar el precio que estos le pagan por un determinado producto al agricultor y los precios que los consumidores le pagan a este por el mismo, se pueden observar muchas veces una ganancia importante por parte de los comercializadores. Pero se debe analizar un poco más al detalle este tipo de percepciones. Adicionalmente el manejo de productos perecederos desde el punto de vista logístico puede resultar algo complicado. La definición clásica de cadenas verdes señala como cadenas de este tipo aquellas que operan bajo el marco de esquema ambiental como base de su funcionamiento. Las cadenas verdes cuentan con varios beneficios para sus participantes, por ejemplo:

- Relaciones de Integración entre áreas que se beneficien de relaciones con proveedores tales como Compras, Producción, Distribución, Investigación de Mercados, etc.
- Soporte de los directivos en iniciativas ambientales de cadena.
- Incorporación de elementos ambientales en los procesos de la empresa.

Todos estos beneficios se pueden reunir en crear un ambiente de sostenibilidad para toda la cadena. Pero la sostenibilidad puede ser altamente compleja y variar de empresa a empresa, en especial si se está considerando una cadena exportadora. La sostenibilidad como elemento esencial en el diseño de estrategias de cadena de abastecimiento debe necesariamente estar acompañada de beneficios económicos importantes. Una sostenibilidad ambiental en cadenas no necesariamente agrícolas trae como beneficios reducciones en desperdicios, ahorros en consumo de recursos tales como energía y agua entre otros. Pero la implementación de este tipo de sistemas viene acompañada de relaciones fuertes con proveedores, posibilidad de diversificar el riesgo con proveedores alternativos, desarrollos ambientales en todos los puntos de la cadena que permitan como mínimo la integración vertical de la misma entre otros. Las cadenas ecológicas cuyo negocio central depende del manejo del producto orgánico a lo largo de la misma deben ajustar sus estrategias de planeación teniendo en cuenta las características propias de desarrollo de producto y la etapa del ciclo de vida en que se encuentra el mismo.

Recientemente se elaboran algunos estudios relacionados con el análisis de cadenas orgánicas en Dinamarca (desarrollado por Paul Klyde Real) para dos productos diferentes, estudiando impactos en varios niveles de análisis. Se propone un análisis económico en el flujo de productos desde el cultivo hasta el consumidor, para ello se recurre a tres niveles de análisis: La relación de fincas/cultivos o agremiaciones de cultivadores como primer nivel en el cual el tiempo biológico o natural y las características sociales del sector son la base de este eslabón. Como segundo nivel se encuentra la estructura de consumo o de cadena y por último el marco institucional de referencia en cada región y en el país. En la figura 1 se resume el análisis de cadena propuesto por Klyde Real.

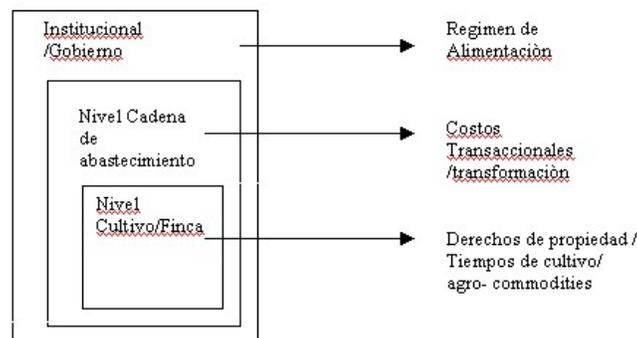


Figura 1. Modelo Teórico y Analítico (análisis de cadenas orgánicas- Paul Klyde)

En nuestro análisis hemos tomado algunos elementos de los expuestos anteriormente, de cada uno de los niveles (Figura 1). Otro elemento de vital importancia es el elemento de costo. Los costos logísticos de esta cadena en particular se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Costo de producción (Cultivo)
- Costo de envase inicial de producto
- Costo de Manipulación
- Costo de Transporte
- Costo de pérdida de producto
- Costo de Almacenamiento
- Costo de producción (procesamiento ajíes)

Esta clasificación de costos se presenta a lo largo de la cadena. Aunque el costo del envase podría pertenecer a un centro de costos de producción, para el cultivo este costo incluye no solo el empaque y/o embalaje sino también la preparación, selección y clasificación del producto.

CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA

La cadena a estudiar, es la cadena orgánica del ají rocoto (*Capsicum pubescens*). Este producto no convencional en el modelo agronomico colombiano reviste interesantes características como alternativa de desarrollo económico para la región andina. La cadena objeto de estudio consta de cuatro eslabones claramente definidos por un sistema de integración vertical desde el cultivo hasta los puntos de ventas locales bajo un esquema completamente orgánico.

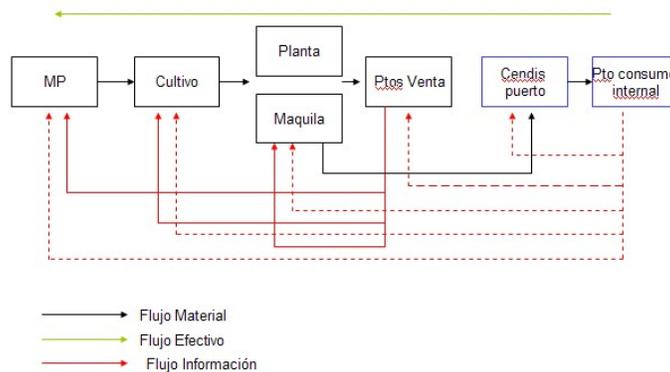


Figura2. Cadena Agregada (Con Exportaciones)

En la figura 2 se muestra la cadena con sus respectivos flujos de efectivo, información y material. En negro se encuentran los eslabones actuales y en azul los eslabones próximos a incluirse en la cadena (cadena exportadora). Cada eslabón tiene proveedores de soporte no mostrados en la gráfica. Esto es, Proveedores de empaque, embalaje, biofertilizantes, etc.

Se cuenta con 10 referencias agregadas en 4 grupos de producto relacionados en la Tabla 1.

Tabla 1. Referencias y Grupos de Productos

GRUPO	REFERENCIA
Salsas Frutas	Salsa Ají Uchuva
Salsas Frutas	Salsa Ají Mora
Salsas Frutas	Salsa Ají Feijoa
Salsas	Salsa Ají Concentrado
Encurtidos	Encurtido Ají/Verduras
Encurtidos	Encurtido Ají
Encurtidos	Encurtido Aceite/Ají seco
Deshidratados	Ají de Hierbas
Deshidratados	Ají Seco
Fruto Fresco	Ají Manzano

El modelo presenta dos grandes nichos de mercado definidos. Primero el grupo Fruto Fresco se distribuye directamente a los puntos de consumo representados por restaurantes gourmet. Los grupos de Salsas, Salsas de frutas, encurtidos y deshidratados se distribuyen mediante canales tradicionales en varios puntos de venta. Actualmente el 70% de la producción es dedicada a las salsas de fruta, salsas y encurtidos. El 20% se comercializa como Ají fresco y se tiene un margen de 10% como amortiguador o desperdicio. Se cuenta con una red de proveedores de elementos orgánicos que alimenta el eslabón de producción. De igual manera existe una clasificación ABC de inventario de acuerdo a la rotación de cada grupo. Para esto es muy importante identificar aquellos elementos que generan un desequilibrio en las cadenas agroindustriales tradicionales, pues en un esquema orgánico se podrían acentuar estas características y presentar un desbalanceo en los costos logísticos deteriorando la competitividad de la misma. Básicamente se pretende diseñar las estrategias de planeación en todos los puntos de la cadena creando un sistema inicialmente de integración vertical, que brinde un nivel de servicio sostenible en el tiempo, garantizando alternativas de negocio nuevas con productos no convencionales orgánicos en la región andina de Colombia como punto de partida. El modelo de planeación táctica obedece a los principios de modelación de cadenas explicados por Jeremy Shapiro en varios de sus trabajos. Para ello es necesario identificar la problemática de la cadena actual. No existen políticas establecidas de manejo de inventario y de reacción ante faltantes en los puntos de venta. Como se mencionó anteriormente existen diferentes puntos de venta y también se quieren implementar nuevos, tal como se muestra en la figura 3. La problemática de la cadena se puede resumir en 6 áreas a saber:

- Planeación de la Demanda Local e Internacional
- Planeación estratégica y táctica de la Cadena (rediseño de la red)
- Variación del SKU en cada eslabón de la cadena y variedad de SKU's en los puntos de venta
- Asignación de productos a puntos de venta e intermedios
- Planeación de Compras (especialmente materia prima)
- Lanzamiento de nuevos productos

Básicamente se persiguen los objetivos logísticos clásicos: Gestión de Inventarios, Servicio al Cliente, Almacenamiento y Transporte pero no para optimizarlos localmente sino para ajustar de manera global mediante un modelo de planeación Híbrido, bajo presencia de variabilidad, observando el comportamiento operacional de la cadena frente a diversos escenarios en cada una de las áreas anteriormente descritas. Una de las referencias (encurtido de ají/verduras) se maquila por intermedio de un comercializador orgánico. Se maquila el proceso de escaldado, corte, limpieza y empaque de este producto. En la simulación se estudiará el efecto de este primer modelo de cooperación frente al rendimiento global de la cadena.

Características del producto:

El Ají rocoto presenta dos picos de cosecha en Abril y Noviembre respectivamente, manteniendo un nivel relativamente uniforme el resto del año, pero bajo en relación con los picos. Este producto se debe

cultivar entre alturas de 1500 y 2000 metros. Es originario de la zona Altoandina de Sur América, en Perú, Bolivia y Colombia principalmente. Su ciclo vegetativo es de 6 a 8 meses para la primera floración, generando hasta 4 ciclos de producción por planta por un periodo de 4 años en plena producción o madurez.

METODOLOGÍA

Con base en el modelo de planeación Híbrido o Cooperativo y con base en el modelo de análisis de cadenas orgánicas de Paul Klydel se plantearon varios mecanismos para atacar la problemática planteada por la cadena agroindustrial. Bajo el primer nivel se encuentra el comportamiento del primer eslabón (en términos de las características biológicas del cultivo) y la base del modelo integrado de operación de la misma. Es importante conocer los primeros factores de variabilidad presentes en este eslabón. El principal factor de variabilidad es el producido por el tiempo natural del cultivo. A este tiempo debe agregarse el tiempo de manipulación, preparación clasificación y envasado inicial. Pero este componente diferenciable en costo al costo propio de producción puede ser más controlable que el mismo tiempo natural, el cual debe ser tratado bajo un esquema orgánico. Aquí es donde la simulación juega un papel preponderante. Con el simulador SCMS® , se modela la cadena óptima bajo un algoritmo de asignación de cantidades en cada punto de la misma para unos niveles de throughput deseado (sostenible) que cumplan con el objetivo tanto en volumen, como en servicio. Con ello se simulan diferentes escenarios (simulación estocástica) que permitan obtener una base de información para validar la configuración de la cadena y su adaptabilidad en el tiempo. Este simulador también permite recrear modelos alternos de planeación definidos previamente como el Modelo Push (Con estrategias VMI) y el Modelo Pull 3C. Así mismo en combinación con simuladores sistémicos, se complementa el análisis desde la perspectiva no solo logística sino económica de las mejores combinaciones de cadena para diferentes niveles de variabilidad tanto de flujo como de proceso presentes a lo largo de la red. La dinámica de sistemas presenta una alternativa interesante para el entendimiento de redes complejas apoyada en simulación. Por ello para el análisis del primer eslabón se piensa plantear un modelo de dinámica de sistemas que permita entender y crear una política de cultivo sostenible y rentable bajo el marco institucional actual en Colombia para la realización de modelos de agricultura ecológica. (Resoluciones 0074 de 2002, 148 de 2004, 150 de 2003 y 375 de 2003). Finalmente a través del componente de Exportaciones del simulador (Componente externo creado por Proexport Colombia), es posible experimentar con la configuración de la cadena agregada generando un primer aspecto de los parámetros aduaneros más convenientes de acuerdo al destino y al punto de origen del producto. Adicionalmente el simulador base (SMCS), permite generar análisis Gap de comparación entre los escenarios. Estos modelos GAP permiten no solo observar el escenario solucionado con los valores medios de los parámetros estadísticos sino complementar diferentes escenarios, mejorando la calidad de la solución obtenida. También se pretende aprovechar el tablero de comando o Scorecard (Reporte generado por el simulador) para establecer como se afecta la integración de la cadena en diferentes escenarios de cooperación. Actualmente existe un modelo planteado por Alexander Shapiro, en el cual se presenta una metodología para solucionar problemas de programación estocástica, dicho modelo reúne elementos muy interesantes para optimizaciones a gran escala multiobjetivo. Algunos de estos elementos son recogidos por el simulador. Finalmente el simulador ofrece una alternativa de comparación gráfica de las configuraciones más probables de la cadena bajo diferentes esquemas de variabilidad y demás condiciones del negocio, permitiendo explorar la viabilidad logística del proyecto (Figura 3a).

PRODUCTOS DEL PROYECTO

Configuración de la cadena

Esquema de configuración de la cadena en cuanto a componentes de los eslabones. Localización de plantas, centros de distribución, puntos de venta, etc.

Matriz de productos

La matriz de producto presenta las cantidades a mantener para ser consideradas en la política de inventario en cada eslabón de acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación y en la optimización. Con esta matriz se reclasifican los productos generando un nuevo modelo de Pareto que reduzca la obsolescencia y la incursión en costos de sostenimiento de inventario y demás costos logísticos que deterioren la competitividad de la cadena.

Modelo de Planeación Demanda y Operacional

Este modelo es el resultado de la aplicación del Modelo Híbrido o adaptativo. Una base de planeación Push y una operación pull. Esta estrategia tiene elementos de los modelos desarrollados por Hopp Y Spearman en su modelo de la banda. (“Conveyor Model”). Por ello aquí se presenta las características de demanda de cada producto o SKU por punto de venta, asumiendo independencia entre ellos. Así pues mide la relación entre las planeaciones puntuales de cada eslabón, presentando un modelo de colaboración como lo expresa la filosofía CPFR, pero de una manera más adaptativa y responsiva.

Dada las características de los productos no se plantea una única estrategia para el manejo operativo y agregado de la cadena. El Término Híbrido ajusta diferentes políticas tanto push como pull dependiendo de la manera como es afectada por la variabilidad del sistema y de acuerdo a su clasificación dentro de la matriz de productos. Básicamente se estudia la influencia de tiempos de proceso y demandas variables ante estrategias típicas pull y push, maximizando el nivel de servicio y controlando la velocidad de respuesta de la cadena. Por ello se recurre a sistemas dinámicos como apoyo al análisis tradicional discreto para establecer, las características del pronóstico, buscando análisis econométricos más fuertes (figura 3b).

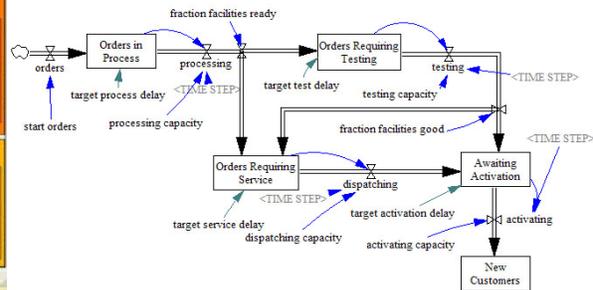
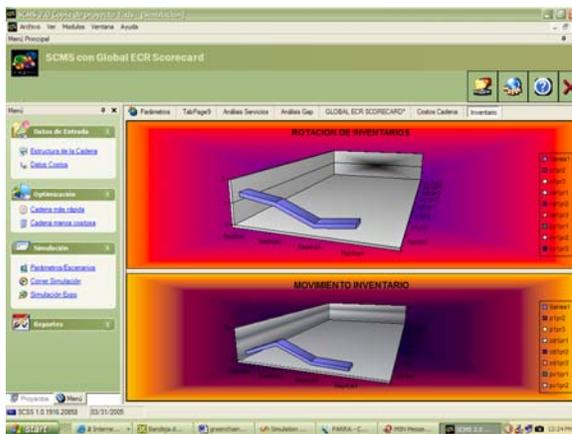


Figura 3a Modelo de Simulación SCMS 2.0 Figura 3b Modelo de Simulación Dinámica

Modelo de cálculo de amortiguadores de inventario

Este modelo es resultado derivado del anterior. Pues se trabaja con sistemas integrales desde la gestión de demanda hasta el reabastecimiento de material en cada punto de la cadena.

Transporte

Matriz de transporte en relación con tiempos y costos. Para la cadena agregada (exportadora) este producto es muy importante, pues relaciona un análisis Gap (en el simulador SCMS), comparando diferentes alternativas y estrategias DFI (Distribución Física Internacional), también desde estrategias Push o Pull dependiendo del tipo de producto.

Logística de Reversa

Modelo de reingreso y aprovechamiento de los desperdicios a lo largo de la cadena, manteniendo un esquema ambiental óptimo.

RESULTADOS

Este proyecto se encuentra en ejecución actualmente. Por ello aun no se tienen los resultados finales sino resultados parciales. Por ello se dividirán los resultados en resultados esperados cuantificables y No cuantificables.

Cuantificables

Se tiene una distribución inicial de costos, resaltando el alto costo del transporte en el modelo inicial con un 60% del costo logístico total. Adicionalmente se quiere obtener indicadores logísticos financieros, operacionales y de servicio que complementen la información inicial obtenida y permitan decidir sobre la viabilidad logística del proyecto. Para ello se plantea niveles de servicio superiores al 90%, reducción de inventario en la cadena entre el 18 y 20%, reducción de costos logísticos del orden del 25 al 30% y aumento de la velocidad de la cadena, para garantizar sostenibilidad del modelo a largo plazo. También se espera tener un nivel de integración alto (cuantificado a través del balanced scorecard).

No cuantificables

Introducción de sistemas ecológicos, y cambios culturales en los participantes del negocio.

Generación de nuevo conocimiento.

Industrialización científica en el área rural andina

Integración cultivadores, comercializadores y demás miembros en un único sistema de abastecimiento.

Posibilidad de replicar y extender los resultados a otro tipo de productos como estrategia de reducción y diversificación del riesgo.

REFERENCIAS

Bakken, Menzony, (2004). "Green Supply Chains for Sustainable Production and Consumption: Issues and Challenges", Proceedings of the International Conference on Green Supply Chains –Toward sustainable production and consumption, Kuala Lumpur, Malasia

Botero Greiffestein, Ricardo (2004). "Costos Logísticos de la cadena Agroalimentaria", *Zonológica*, Vol. 16, pp 36-38.

Kledal Rye, Paul (2004). "Análisis of Organic Supply Chains- A theoretical framework", *Danish Research Centre for organic farming*

Sánchez Silva, Diana Paola, Romero Motta Enrique (2004). "La Logística de la Experiencia: Midiendo los beneficios de la cooperación en cadenas de abastecimiento a través de la gestión de inventarios", *Zonológica*, Vol 18, pp 54-64

Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, M. and Shapiro, A. (2003). "A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty" *School of Industrial & Systems Engineering, Georgia Institute of Technology*

Seuring, Stefan, Goldbach, Maria, Koplin Julia.(2004). "Managing time and complexity in supply chains: two cases from the textile industry", *International Journal of Integrated Supply Management 2004* - Vol. 1, No.2 pp. 180 - 198

BIOGRAFIAS

Diana Paola SÁNCHEZ SILVA

Ingenieria Industrial con experiencia en Gerencia de Proyectos. Así como en la Gerencia e Integración de la Cadena de Abastecimiento. Directora de Tecnología en proyecto de proveeduría virtual de FENALCO Presidencia. Desarrollo, creación e implementación de modelos de logística sistemas de distribución y almacenamiento, Cross Docking y ruteo, con énfasis en e-logística en cuanto a tendencias de e-bussines B2B y B2C, optimización de la cadena de abastecimiento, planeación de producción e investigación de Operaciones. Socia fundadora de la firma e-supplier Ltda. y su división Supply Chain Simulation Systems.

Enrique ROMERO MOTTA

Ingeniero Industrial, con estudios en Mejores Prácticas Logísticas en la Universidad ICESI de Cali e IAC Colombia. Experiencia en el desarrollo de modelos de colaboración en cadenas de abastecimiento, diseño e implementación de sistemas logísticos en flujo de información y flujo de efectivo en cadenas de servicios en el sector salud colombiano. Socio Fundador de la empresa E-supplier Ltda. y la división Supply Chain Simulation Systems. Actualmente profesor catedrático de la Escuela Colombiana de Ingeniería en el área de Producción Avanzada, Profesor Catedrático de la Universidad de la Sabana en el área de Simulación de procesos y Consultor en Planeación Táctica y Estratégica de Cadenas de Abastecimiento.