

**DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADO EN EL ANÁLISIS DE CADENAS PRODUCTIVAS
AGROINDUSTRIALES: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA SUSTITUCIÓN O REEMPLAZO DE
CULTIVOS EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**

**SYSTEM DYNAMICS APPLIED TO PRODUCTIVE AGROINDUSTRIAL CHAINS:
SENSITIVITY ANALYSIS FOR REPLACEMENT OR SUBSTITUTION OF CROPS IN THE
DEPARTMENT OF BOLÍVAR**

Julio Adolfo Amézquita López MSc, Karen Margarita Chamorro Salas
Grupo de Investigación CTS – Universidad de Cartagena
ipregl@unicartagena.edu.co, kchamorros@unicartagena.edu.co

Recibido para revisión 20/08/2012, aceptado 30/09/2012, versión final 22/10/2012

Resumen:¹ En este trabajo se presenta un modelo de simulación para analizar el comportamiento de las cadenas productivas agroindustriales de yuca y ñame del Departamento de Bolívar. Se describió el comportamiento real de las mismas y se construyó el modelo integrando en una sola red los componentes de costo, producción y utilidad de los actores de las cadenas; se elaboró el modelo de redes con la ayuda del software I Think. Al definir las principales variables que caracterizan el modelo se evaluaron algunos escenarios, tales como aumento o disminución de las hectáreas cosechadas y de los rendimientos por hectárea; escenarios para determinar la sensibilidad de las variables y como estos cambios afectan la productividad, el empleo y la utilidad de los actores.

Palabras Clave: Cadenas productivas agroindustriales, dinámica de sistemas, productividad agrícola, simulación.

Abstract: This paper presents a simulation model to analyze the behavior of the productive agro-industrial chains of yuca and ñame from the Department of Bolivar. Described the actual behavior of them and built the model by integrating into single network components of cost, production and earnings of the actors of the chain; was developed the model of networks with the help of software I Think. To define the main variables that characterize the model were evaluated some scenarios, such as increase or decrease of the hectares harvested and yields per hectare; scenarios to determine the sensitivity of the variables and how these changes affect productivity, employment and the earnings of the actors.

Keywords: Productive agroindustrial chains, system dynamics, agricultural production, simulation

INTRODUCCIÓN

La dinámica de sistemas es una metodología usada para entender cómo los sistemas cambian en el tiempo. Como disciplina académica, fue creada en los años 60 por Jay Forrester del Massachusetts Institute of Technology. Originalmente, la dinámica de sistemas se usó en campos de ingenierías y de administración, pero gradualmente se ha desarrollado como una herramienta de análisis en otras disciplinas (Escalante, 2007).

La System Dynamics Society, define la dinámica de sistemas como un enfoque asistido por ordenador para el análisis y diseño de políticas. Se aplica a los problemas dinámicos que surgen en sistemas sociales complejos, de gestión, económicos o ecológicos - literalmente cualquier sistema dinámico caracterizado por la interdependencia, la interacción mutua, la retroalimentación de la información y la causalidad circular (SDS, 2010).

El trabajo desarrollado inicialmente por Jay W. Forrester en 1961 sigue siendo una importante declaración de la filosofía y metodología en el campo. Dentro de los diez años después de su publicación *Industrial*

¹ Este artículo es producto del proyecto de investigación titulado: “Diagnóstico Competitivo del Departamento de Bolívar a partir del Análisis de las Cadenas Productivas Agroindustriales”, financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias; en el marco de la Convocatoria Nacional No. 510 para el Programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda” Año 2010.

Dynamics, han crecido el número aplicaciones en busca de solucionar problemas empresariales e industriales de la mano de la gestión de la investigación y el desarrollo (SDS, 2010).

Forrester (1961), expone la dinámica de sistemas como “el estudio de las características de retroalimentación de la información dentro de las actividades industriales para ilustrar cómo la estructura organizacional, la amplificación (de las políticas) y los retardos en el tiempo (de las decisiones y de las acciones) interactúan para determinar el éxito de una empresa. La dinámica de sistemas trata las interacciones entre los flujos de información, dinero, órdenes, materiales, recursos humanos y equipos dentro de una compañía, industria o economía nacional”

Por su parte, Sterman (2000), explica la dinámica de sistemas como “un método para favorecer el aprendizaje de los sistemas, creando modelos de simulación que nos ayuden a comprender la complejidad dinámica, a entender las fuentes de la resistencia a las políticas y a diseñar estrategias más efectivas”.

En la actualidad se aplica en administración, economía, políticas públicas, estudios ambientales, en la construcción de teoría en las ciencias sociales y otras áreas. Inicialmente se conocía con el nombre dinámica industrial pero no abarcaba otros campos, por tanto se cambió a dinámica de sistema, dado que sugiere mayor relación y/o vínculo con otras metodologías o áreas de trabajo. (SDS, 2010)

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Bolívar, los cultivos se ven enfrentados año tras año a factores que inciden aumentando o disminuyendo su productividad y competitividad, tales como la ola invernal o fenómeno de la niña que azota la riberas de los ríos, Magdalena, Cauca, San Jorge y el Canal del Dique, tecnológicos, de mercadeo, precios y políticas, transporte, fuertes veranos o fenómeno del niño, malas técnicas de recolección, plagas y enfermedades del cultivo, entre otros (Informe de coyuntura agrícola de Bolívar – 2008).

Acorde con la Agenda para la Productividad y Competitividad - 2007, Bolívar es la séptima economía más grande del país y la segunda de la Costa del Caribe Colombiano, con una participación del 3,52% en la producción nacional, donde la agricultura contribuye con menos del 7%; aunque se reconoce que Bolívar presenta condiciones favorables para la producción agrícola (fertilidad del suelo y clima), la precariedad de la infraestructura y del equipamiento productivo, las condiciones de seguridad, las dificultades para el acceso a varias de las zonas del departamento, los elevados costos que dificultan el acceso a tierras y la deficiencia en servicios públicos han impedido aprovechar dichas potencialidades.

Por su parte, las cadenas productivas agrícolas, vinculadas al procesamiento de alimentos, bebidas, productos de la industria química, entre otros, no se encuentran totalmente especificadas ya que, hasta ahora, gran parte de los análisis realizados separan la producción agrícola de la industrial; por tanto, no se tiene un conocimiento específico del uso dado a este tipo de materia prima en los procesos industriales locales, nacionales e internacionales (Amézquita, Vergara & Maza, 2008). Debido a lo anterior, existe una comprensión parcial de los obstáculos que impiden una mayor competitividad de los diferentes productos, considerando los impactos y efectos sobre aspectos como el producto total de las oferta agrícola, el empleo y las repercusiones económicas en los actores y eslabones logísticos de la cadena a partir de los cambios en la disposición o usos de suelo en la mezcla o canasta de productos agrícolas. Por lo tanto, se requiere lograr la integración de todo el proceso productivo agrícola, mediante la utilización de modelos de simulación de red confiables que permitan visualizar posibles alternativas y estrategias productivas para superar tales debilidades y mejorar la manera de producir las cantidades óptimas con la calidad necesaria para un desarrollo efectivo (Amézquita, Vergara & Maza, 2008).

Al trabajar con modelos de redes y simulación se podrá establecer escenarios que, como un trabajo prospectivo serio, permitirán potencializar las alternativas de desarrollo de cada cadena; además 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 las variables de salida (Mancilla, 1999), permitiendo observar que afecta la productividad y diseñar estrategias de cara al escenario competitivo actual.

Por lo tanto, se elaboró un modelo de red que integra las cadenas productivas de yuca y ñame con sus respectivas variables, a partir de la documentación de cadenas productivas o cadenas de suministro e incorporando variables de procesamiento a partir de estándares industriales (rendimientos y niveles de desperdicio o excedentes) y se plantearon escenarios de simulación para determinar la sensibilidad de ciertas variables; para esto se utilizó un software de simulación.

En la actualidad es posible encontrar diversos tipos de software especializados en simulación; en este caso se trabajó con la herramienta *I Think*, utilizado para simular todo tipo de modelos en tiempo real a través del concepto de redes dinámicas. *I Think* es uno de los entornos informáticos que permite trabajar dinámica de sistemas, además, tiene amplia capacidad interactiva que permite construir los modelos empleando procedimientos gráficos (RICHMOND, 1998).

3. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN BOLÍVAR

El Departamento de Bolívar se caracteriza por su actividad agrícola, utiliza aproximadamente 102.728 hectáreas (MADR, 2010) en esta actividad, ocupando en el 2010 a nivel de Colombia el lugar número quince (15) dentro de los departamentos que mayor número de hectáreas emplean para la realización de actividades agrícolas. Las características agrológicas de su suelo permiten que en el territorio Bolivarense se cultiven diversos productos, tales como: arroz, ajonjolí, aguacate, algodón, cacao, maíz, mango, ñame, palma africana, piña, plátano, tabaco negro exportación, sorgo, yuca, entre otros.

Al analizar su producción agrícola en los últimos 11 años, se evidencia para el año 2009 se registra la mayor producción con 1.100.684 toneladas y para el 2000 la menor con 418.270 toneladas. Para los años de 2000 a 2010 la producción oscila entre 400.000 y 1.100.000 toneladas; presentando a 2010 un crecimiento de 139% en la producción. Al comparar con la producción nacional la contribución del Departamento se encuentra por debajo del 10%, alcanzando la máxima contribución al total nacional el año 2010 con un 6,2% (figura 1).

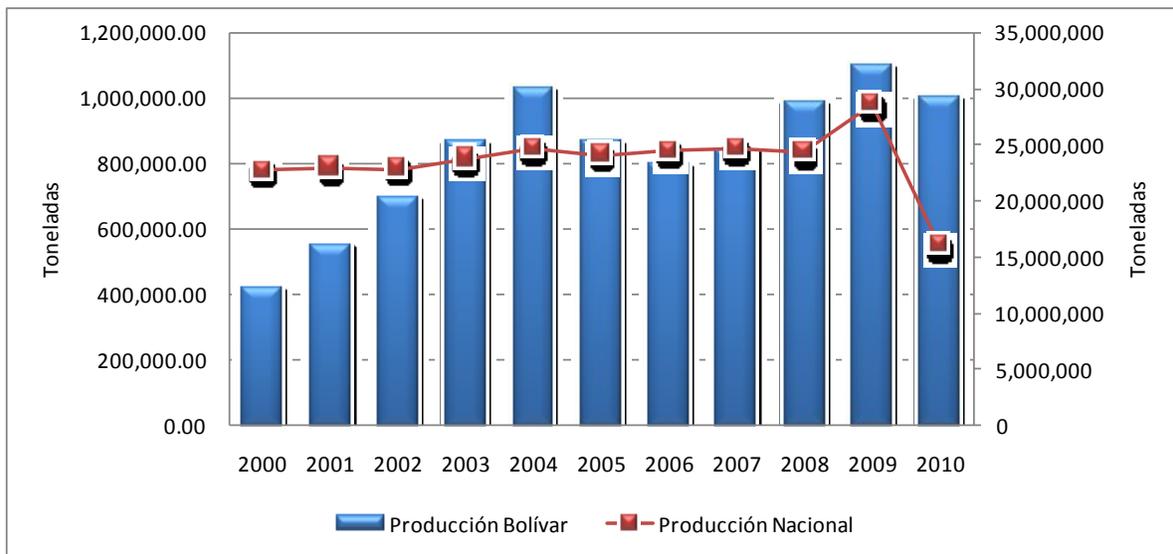


Figura 1. Producción 2000- 2010

De acuerdo con las evaluaciones agropecuarias de la Secretaría de Agricultura de Bolívar, de los aproximadamente 32 productos que se cultivan en el departamento, durante el periodo 2000-2010 los cultivos más representativos son yuca, ñame, maíz y plátano.

Tabla 1. Producción Promedio 2010 – 2010

Cultivos	Promedio 2000 - 2010	%	Acumulada
Yuca	273,377	31%	31%
Ñame	140,514	16%	47%
Maíz	104,074	12%	58%
Plátano	32,860	4%	62%
Aguacate	51,372	6%	68%
Mango	14,735	2%	70%
Caña Panelera	11,658	1%	71%
Piña	3,685	0%	71%
Ají Dulce	1,630	0%	72%
Guayaba	2,812	0%	72%
Tabaco	1,628	0%	72%
Cítricos	23,898	3%	75%
Café	510	0%	75%
Cacao	880	0%	75%
Ají Tabasco	943	0%	75%
Lulo	240	0%	75%
Ciruela	100	0%	75%
Palma	74,004	8%	83%
Arroz	84,159	9%	93%
Otros Cultivos	62,897	7%	100%
Total	885,976	100%	

En la tabla 1 se presentó el promedio de la producción Bolívar 2000-2010, al analizar la participación de cada cultivo se observa que los cultivos de yuca, ñame, maíz y plátano concentran el 62% de la producción agrícola del departamento; siendo la yuca el principal cultivo seguido del cultivo de ñame.

4. PRODUCCIÓN DE YUCA Y ÑAME

El cultivo de la yuca es uno de los principales de la región Caribe Colombiana, es un producto estratégico para la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. Por lo general, se siembra en asocio con maíz, ñame, frijol, entre otros. La mayor parte de la producción se destina al consumo humano, aunque se ha incrementado la producción de yuca industrial.

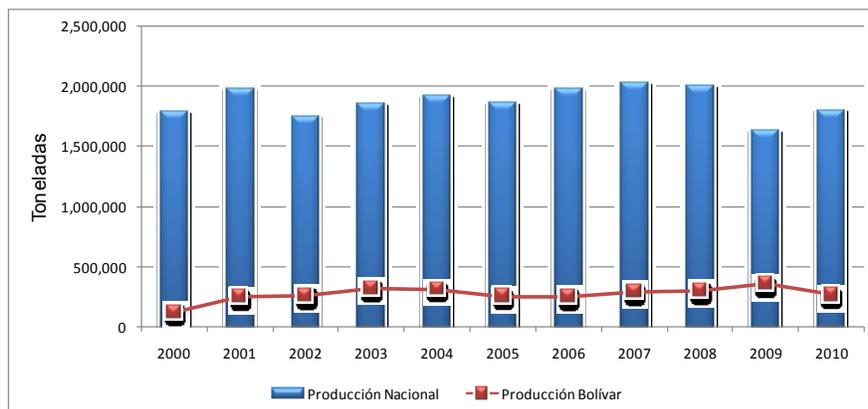


Figura 2. Producción de Yuca 2000 - 2010

En relación con la producción (figura 2) se presentó un crecimiento significativo para el 2010, aumentando su producción en 116%; al comparar esta cifra con la producción nacional se registra que Bolívar en los últimos 11 años ha contribuido a la producción entre un 7% y 22%, alcanzando la contribución máxima en el año 2009 cuya producción fue de 360.000 toneladas. Sin embargo, a pesar de ser el Departamento con mayor área destinada a la producción de este cultivo, no ocupa el primer lugar a nivel de producción sino que se ubica por debajo del departamento de Córdoba. Cabe resaltar que a nivel nacional el departamento que mayor área destina para la producción de este cultivo es Bolívar y a nivel nacional es uno de los principales departamentos productores de yuca al igual que Córdoba en el que cada uno aporta 14,6% a la producción total nacional de este cultivo.

Asimismo, Otros de los cultivos característicos en el departamento es el cultivo de ñame, que pertenece a los cultivos anuales al igual que la yuca y el tabaco. A nivel nacional Bolívar es el mayor productor, con un total de 187.572 toneladas para el año 2010 concentra el 46,59% de la producción nacional de este cultivo. La producción para el año de 2010 presentó incremento en 88% comparado con el 2000, pasando de 100.012 a 187.572 toneladas. Los mayores niveles de producción se registran en el 2009 con un valor de 208.007 toneladas que coincide con el año en que se destinaron mayores hectáreas para este cultivo. A nivel nacional es el mayor productor seguido de los departamentos de Córdoba, Sucre, Antioquia y Cesar; concentrando alrededor del 50% de la producción nacional, comportamiento que ha sido similar en los últimos 11 años analizados (figura 3).

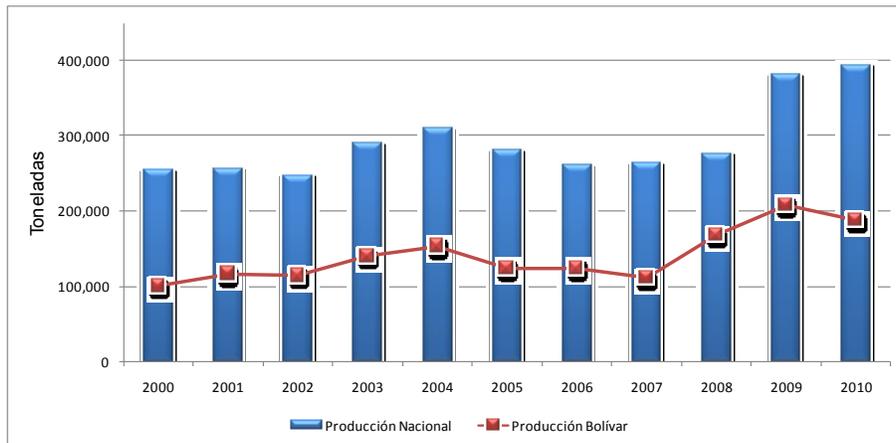


Figura 3. Producción de Ñame 2000 - 2010

5. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Teniendo en cuenta que los modelos de redes son una representación simplificada de algunos aspectos de la realidad, en este capítulo se presenta el modelo de red diseñado con las principales cadenas productivas (yuca y ñame) mediante el software I Think; para comprender el comportamiento de algunas variables frente a ciertos escenarios.

Se elaboró la red de simulación para los componentes de producción (ver figura 4) y costos (ver figura 5 y 6).

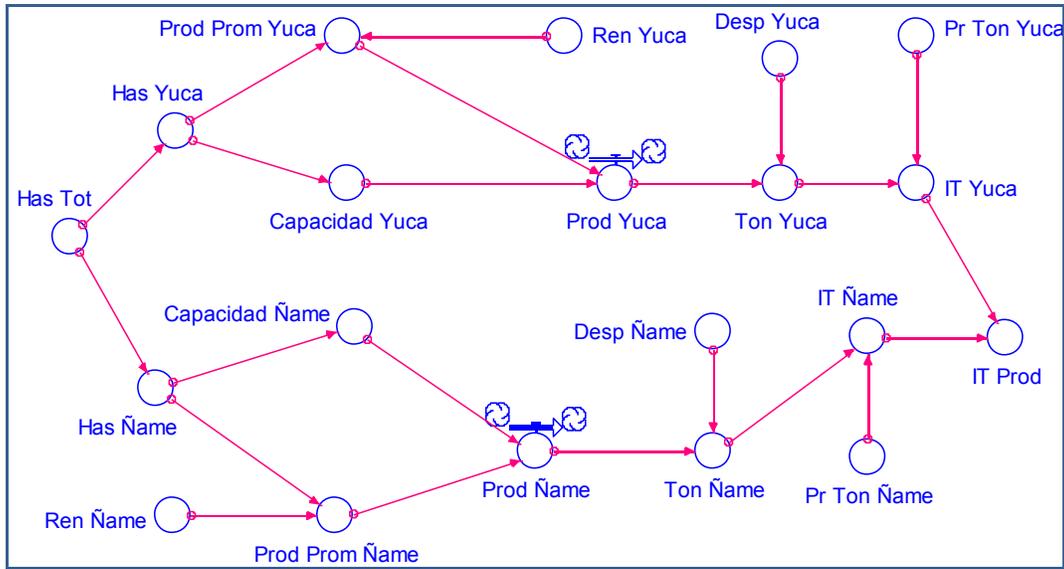


Figura 4. Red: Componente Producción

Las variables claves de entrada en este componente del modelo son la disposición de tierras con aptitud agrícola (Has Tot), los rendimientos por hectárea (Ren) que dependen de la configuración topológica de cultivos, sistemas hídricos y tipo y calidad de semilla y las variables de salida o resultantes a monitorear son las capacidades de producción y el volumen de toneladas a transportar o procesar. Los componentes del costo se relacionan con los costos de materia prima, costos logísticos y costos de procesamiento.

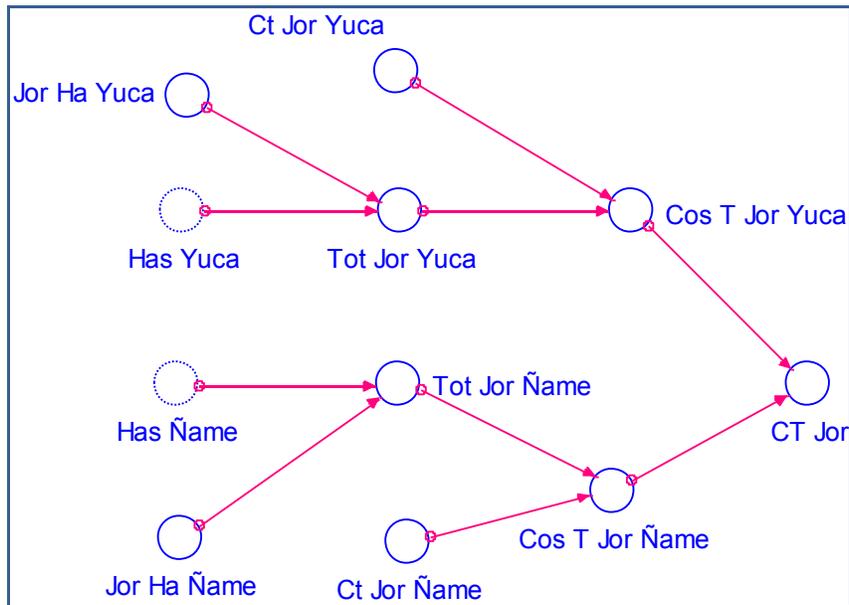


Figura 5. Red: Componente Costos (1)

El modelo tiene como objeto proporcionar una herramienta que permita conocer el comportamiento de las cadenas productivas de yuca y ñame de forma integrada.

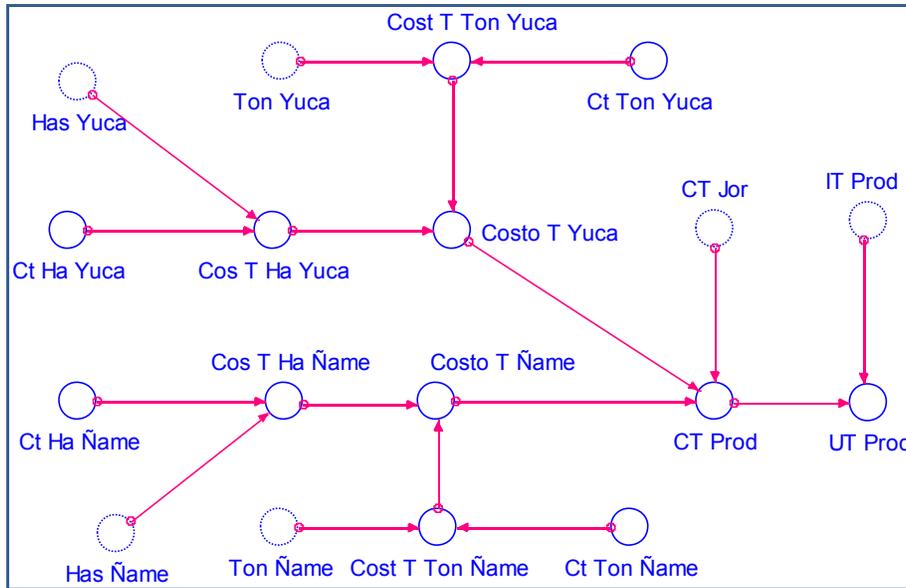


Figura 6. Red: Componente Costos (2)

6. RESULTADOS

Una vez construido el modelo, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad al realizar ciertas variaciones de la situación actual de las cadenas; realizando aumentos o disminuciones en una o más variables mientras que las demás se mantienen constantes. A continuación se presentan los resultados basados en dos escenarios propuestos.

6.1 Aumento y disminución de las hectáreas cosechadas

Para el 2010, tal como se muestra en la tabla 2 la distribución de las hectáreas destinada para los cultivos de yuca y ñame, corresponde a 49.577 hectáreas que equivalen al 42% de las hectáreas cosechadas en el departamento de Bolívar.

Tabla 2. Distribución Has por Cultivos

Cultivos	Hectáreas	Participación
Yuca	32.859	66%
Ñame	16.718	34%
Total	49.577	

En este escenario se plantean aumento y disminución alternada del 10% en los porcentajes de participación de las hectáreas cosechadas para los cultivos de yuca y ñame; manteniéndose constante las demás variables y determinando el efecto sobre la utilidad de los diferentes actores y el empleo. Mientras un cultivo aumenta su participación en disponibilidad de tierras, el otro disminuye, y esto debe permitir analizar que sucede con el Producto interno de toda la cadena (\$ valor total de la producción), el empleo generados de acuerdo a los jornales y los efectos económicos en los actores.

Como se menciona en este caso las hectáreas se restan o suman a un cultivo en detrimento de otro, es decir, las hectáreas que gana la yuca las pierde el ñame o viceversa. Por lo tanto, se analizaran cuatro situaciones:

- A. Aumentos del 10% de las hectáreas cosechadas de yuca con una disminución del 10% equivalente hectáreas de ñame
- B. Aumentos del 10% de las hectáreas cosechadas de ñame con una disminución del 10% equivalente hectáreas de yuca
- C. Utilizar el 100% de las hectáreas en el cultivo de yuca
- D. Utilizar el 100% de las hectáreas en el cultivo de ñame

La tabla 3 muestra la situación inicial o base de los valores de las utilidades de los actores, la producción y la generación de empleo de las cadenas de yuca y ñame antes de analizar las variaciones propuestas.

Tabla 3. Situación inicial hectáreas cosechadas Yuca y Ñame

Cultivo	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo (Jornales/año)
Yuca	66	32.859	272.076	17.958	11.041
Ñame	34	16.718	156.279	34.987	9.295
Total	100	49.577	428.355	49.155	20.336

* Valores en millones de pesos

A. Aumentos del 10% de las hectáreas cosechadas de yuca con una disminución del 10% de ñame

Mientras un cultivo aumenta su participación en disponibilidad de tierras, el otro disminuye, la tabla 4 muestra como al disminuir en un 10% las hectáreas (4.820 ha) para el cultivo de ñame y aumentando las hectáreas de yuca, este último presenta aumentos en las variables de has, ton, utilidad y empleo alrededor del 15%, caso contrario sucede con el cultivo de ñame cuyas variables presentan disminuciones en un 29%.

Tabla 4. Variación aumentos hectáreas cosechadas Yuca

	Yuca					Ñame				
	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo
Inicial	66	32.859	302.303	27.329	11.041	34	16.718	150.796	31.807	9.295
Variación	76	37.679	346.647	31.338	12.660	24	11.898	107.320	22.637	6.615
	15%					-29%				

* Valores en millones de pesos

En resumen la utilidad agregada (total de sistema) disminuye en un 8,7%, es decir pasa de \$59.136 millones a \$53.975 millones y el empleo se disminuye en un 5,6% al perder 4820 hectáreas el Ñame, es decir se eliminan 1.061 jornales del sistema.

B. Aumentos del 10% de las hectáreas cosechadas de ñame con una disminución del 10% de yuca

En este escenario si se disminuyen las hectáreas destinadas a la producción de yuca para que las gane el cultivo de ñame, se evidencia que las variables de ambos cultivos varían significativamente, es decir, las variables del cultivo de yuca presentan variaciones porcentuales en -16%, por el contrario las del cultivo de ñame corresponden a 30% (ver tabla 5).

Tabla 5. Variación aumentos hectáreas cosechadas Ñame

	Yuca					Ñame				
	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo
Inicial	66	32.859	302.303	27.329	11.041	34	16.718	150.796	31.807	9.295
Variación	56	27.763	255.420	23.091	9.328	44	21.814	196.762	41.503	9.328
	-16%					30%				

* Valores en millones de pesos

Para este caso la utilidad agregada (total de sistema) aumenta en un 9.2%, es decir pasa de \$59.136 millones a \$64.594 millones y el empleo se disminuye en un 8.3% al perder 5.096 hectáreas la Yuca, es decir se eliminan 1.680 jornales del sistema.

C.Utilizar el 100% de las hectáreas en el cultivo de yuca

Al dedicar el total de hectáreas utilizada en los cultivos (yuca y ñame) solamente al cultivo de yuca los cambios porcentuales que presentan las variables equivalen a 51%, en la tabla 6 se presentan los resultados.

Tabla 6. Utilización 100% Hectáreas - Yuca

	Yuca				
	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo
Inicial	66	32.859	302.303	27.329	11.041
Variación	100	49.577	456.108	41.234	16.658
	51%				

* Valores en millones de pesos

Resulta entonces que comparativamente con el escenario inicial, si se dedicase exclusivamente la tierra al cultivo de Yuca, el sistema deja de percibir \$17.902 millones y se dejan de emplear 3678 jornales.

D.Utilizar el 100% de las hectáreas en el cultivo de ñame

En la tabla 7 se pueden observar los resultados al cambiar de un 34% las hectáreas del cultivo a un 100%, este cambio genera en todas las variables aumentos en un 197%.

Tabla 7. Utilización 100% Hectáreas - Ñame

	Ñame				
	%	Has	Ton	Utilidad Actores*	Empleo
Inicial	34	16.718	150.796	31.807	9.295
Variación	100	49.577	447.185	94.325	27.565
	197%				

* Valores en millones de pesos

Al comparar los resultados de las situaciones C y D, se evidencia que al destinar el 100% de las hectáreas a un cultivo u otro, los mayores aumentos se presentan en el cultivo de ñame cuyas variables alcanzan aumentos alrededor del 200%. Por otro lado, frente al escenario inicial, el sistema aumentaría su utilidad en \$35.189 millones y se emplearían 7.229 jornales adicionales. Según lo anterior, desde el punto de vista de productividad de la tierra y del empleo, y sin considerar aspectos de cultura alimentaria o soberanía alimentaria, resulta mejor destinarla al cultivo del ñame.

6.2 Aumento en los rendimientos por hectáreas

Para este escenario, se considera que no hay cambio en la asignación del factor tierra, pero si algunas variaciones en los rendimientos de los cultivos de yuca y ñame, estos cambios en rendimiento suceden por una mezcla de factores y prácticas (sustitución de semilla, asistencia técnica para cambio de tipología, biotecnología o configuración de mezcla de productos, mejor localización de aptitud de suelo, mejor disposición de canales de riego y otros factores resultado de la transferencia de tecnología) que tienen un costo que todavía no se considera en esta simulación, pero cuyo impacto en los rendimientos evidencia una mejora de capacidades de producción.

En la tabla 8 se muestra cada uno de los rendimientos registrados para el 2010, los cuales están por debajo de la capacidad de producción (entendida como referencia de la mejor practica agroindustrial con misma variedad de semilla) de cada cultivo; por lo tanto, se plantea este escenario en el que cada cultivo alcance su capacidad máxima y poder determinar los cambios en las demás variables del modelo.

Tabla 8. Capacidad y Rendimientos por Cultivos

Variabes	%	Hectáreas	Capacidad Ton/Ha	Capacidad Final	Rendimientos Ton/Ha
Has Yuca	0.66	32.859	12	302.306	10
Has Ñame	0.34	16.718	12	150.796	11
Has Totales		49.577			

A continuación en la tabla 9, se muestran como varían los porcentajes de las utilidades de los actores de las cadenas de yuca y ñame cuando cambian los rendimientos. Todos los actores sufren variaciones similares en sus ganancias y en la producción; sin embargo el productor es el más sensible ante las variaciones, es decir, al aumentar los rendimientos por hectáreas él obtiene el mayor porcentaje de aumento en sus ganancias. Para el caso de la yuca las variaciones corresponden a 20% para cada una de las variables, exceptuando la utilidad del productor que aumenta en un 69%; lo mismo sucede con el cultivo de ñame, siendo las variaciones 9% en el caso del productor las utilidades aumentarían en un 25%.

Tabla 9. Variaciones de las Utilidades*

	Variabes	Yuca	Ñame
Inicial	Producción	302.306	150.796
	Empleo	11.041	9.295
	Utilidad Prod*	\$27.329	\$31.807
	Utilidad Acop*	\$32.649	\$6.829
	Utilidad May*	\$34.663	\$7.976
	Utilidad Agroind*	\$11.634	\$6.274
Variaciones	Producción	362.767	164.504
	Empleo	11.041	9.295
	Utilidad Prod*	\$46.073	\$39.758
	Utilidad Acop*	\$39.178	\$7.450
	Utilidad May*	\$41.596	\$8.701
	Utilidad Agroind*	\$13.961	\$6.844
Variaciones	Producción	20%	9%

Porcentuales			
	Empleo	0%	0%
	Utilidad Prod*	69%	25%
	Utilidad Acop*	20%	9%
	Utilidad May*	20%	9%
	Utilidad Agroind*	20%	9%

* Valores en millones de pesos

De las 49.577 hectáreas destinadas para los cultivos de yuca y ñame se puede obtener una producción total de 453.103 toneladas con los rendimientos actuales (yuca: 10 – ñame: 11), lo que representa en términos económicos ingresos totales por \$566.846 (millones de pesos). Si en ambos cultivos se realizan mejoras como las mencionadas anteriormente con la finalidad de alcanzar la capacidad máxima de producción, es decir, 12 ton/ha para cada cultivo, se obtiene que la producción total sería de 527.272 toneladas con ingresos totales de 658.110 (millones de pesos) esto representa un aumento del 16%, pero si se analiza los cultivos por separado los ingresos totales para la cadena de yuca crecerían un 20% y el de ñame tan solo el 8%. Por lo tanto, una mejora en la producción de yuca mediante el cual se alcance su nivel máximo de producción por hectárea representa mayores ingresos que los del cultivo de ñame, es decir, bajo condiciones normales ambas cadenas tienen ingresos totales por valor de 378.542 (millones de pesos) para el caso de la yuca y 188.303 (millones de pesos) para el cultivo de ñame, al simular con los valores de la capacidad máxima la simulación las cifras serían; yuca: 454.251 (millones de pesos) y ñame: 203.859 (millones de pesos).

7. CONCLUSIONES

En las cadenas productivas agroindustriales se identificaron diferentes actores que coinciden para todas las cadenas, entre los cuales se encuentran: productores, acopiadores, mayoristas, minoristas, industriales, exportadores, consumidor final y entidades de apoyo públicas y privadas. Entendiendo las relaciones productivas y económicas se construyó un modelo en Dinámica de Sistemas que permitió conocer el comportamiento de las cadenas productivas agroindustriales en Bolívar.

En relación con la metodología de dinámica de sistemas y simulación, se puede concluir que es una herramienta útil que permite, inicialmente, una visión integrada de los sistemas, una mejor comprensión de su comportamiento, y a su vez, se puede percibir la situación actual y determinar qué cambios pueden generar impactos positivos o negativos al sistema o a ciertas variables.

En cuanto a la simulación, al presentarse aumentos y disminuciones del 10% en los porcentajes de participación de las hectáreas cosechadas para los cultivos de yuca y ñame; se presenta que todos los actores sufren variaciones similares, ya sean ganancias y/o pérdidas. La conclusión sobre que cultivo fomentar desde el punto de vista de impacto en ingresos e impacto en empleo en toda la cadena de acuerdo a los cálculos privilegia al Ñame por encima de la Yuca. El aumento de participación en tierra del Ñame logra aumentar la productividad del factor tierra en 9.2% con un parámetro de referencia de \$1.302 millones por hectárea del sistema, que en el caso inverso (más tierra para Yuca) se desmejora la productividad frente al escenario inicial (actual en \$1.192 millones) hasta llegar a \$1.088 millones por hectárea del sistema.

Al considerarse variaciones en los rendimientos de los diferentes cultivos con el objetivo de alcanzar los rendimientos de acuerdo con sus capacidades (productividades máximas según variedad de semilla); todos los actores sufren variaciones similares en sus ganancias y en la producción; sin embargo el productor es el más sensible ante las variaciones, es decir, al aumentar los rendimientos por hectáreas él obtiene el mayor porcentaje de aumento en sus ganancias.

Existe un beneficio marginal en toda la cadena por transferir mejor tecnología para el cultivo de la Yuca ya que la rentabilidad por hectárea de aumentar el rendimiento en la Yuca implica poder invertir en reconversión y transferencia tecnológica hasta \$1,050 millones por hectárea. Mientras que para el Ñame este margen de inversión es apenas de \$0,590 millones por hectárea. Esto se explica también por la brecha (Gap) entre los rendimientos frente a la mejor práctica tecnológica.

Para mejorar la competitividad de las cadenas productivas en Bolívar, las apuestas deben estar orientadas a:

- Realizar cambios tecnológicos que aumenten la productividad de los cultivos y desarrolle el comercio los productos.
- Fomentar la creación de programas de transferencia de nuevas tecnologías para el desarrollo de los cultivos.
- Diseñar políticas que incentiven la producción agrícola con mayor acompañamiento y asistencia técnica para el mejoramiento de los cultivos, pero considerando los cálculos de beneficios marginales respecto a los programas de transferencia tecnológica.
- Fomentar la creación de empresas que se dediquen a la transformación de los productos agrícolas, para que jalonen la producción de los mismos cerca del cultivo.
- Desarrollar programas que potencialicen los diferentes cultivos a partir del desarrollo de nuevas variedades para obtener mayores rendimientos por hectáreas.
- Plantear proyectos para el mejoramiento de las vías rurales en Bolívar para lograr mejores niveles de competitividad

La aplicación de los modelos de simulación permite generar aprendizajes que permitan a los diferentes actores plantear soluciones con miras a la competitividad, pero las consideraciones de riesgo sobre soberanía alimentaria no hacen parte de la simulación actual y presentan un reto para futuros trabajos.

8. REFERENCIAS

AMÉZQUITA, J., VERGARA, Juan y MAZA, F. Simulación de Cadenas Agroindustriales: Estudio del caso de la cadena productiva del mango en el departamento de Bolívar mediante dinámica de sistemas y simulación de escenarios. Universidad de Cartagena. Cartagena. (2008).

ESCALANTE, D. Modelo de simulación en dinámica de sistemas de la cadena de suministros en una empresa del sector confección. Universidad EAFIT. Medellín. (2007).

FORRESTER, J. Industrial dynamics (1961). Cambridge, Mass.: MIT Press. Trad. en Buenos Aires: El Ateneo, (1972).

MADR. Encuesta Nacional Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, DANE, Corporación Colombia Internacional. Colombia, p. 31. (2010)

MANCILLA, H. Simulación: Herramienta para el estudio de sistemas reales. Ingeniería y Desarrollo. (1999).

RICHMOND, B. Una introducción a los sistemas de pensamiento: I Think Software. Sistemas de alto rendimiento. (1998).

SDS (2010) System Dynamics Society (Portal web). Recuperado de <http://www.systemdynamics.org/what-is-s/#overview>

STERMAN J .D. Business Dynamics; Editorial McGraw Hill; Boston; pp. 34-37. (2000).

9. CURRÍCULUM

Julio Adolfo Amézquita López. 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. Líder del grupo de investigación CTS - Unicartagena.

Karen Margarita Chamorro Salas. Administradora Industrial de la Universidad de Cartagena. Estudiante de Maestría en Economía y Desarrollo Industrial con Mención en Pymes de la Universidad Nacional de General Sarmiento –Argentina. Joven Investigadora Colciencias del grupo de investigación CTS - Unicartagena.

www.dinamica-de-sistemas.com

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



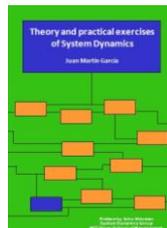
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)