

# LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA AGROINDUSTRIA PANAMEÑA: MODELO DINÁMICO DE LAS AGROCADENAS

Humberto R. Álvarez A., Ph. D.  
Profesor de Ingeniería Industrial y Director  
Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales  
Universidad Tecnológica de Panamá

## RESUMEN

Una agrocadena se puede definir, de manera general como la secuencia de actores y actividades que permiten que los productos agrícolas y pecuarios lleguen a los puntos de demanda después de una serie de procesos que añaden valor a dicho producto. Es por esto que se hace necesario entender como el sistema "agrocadena" funciona y estudiar los efectos que cambios en políticas, reglas o características tienen sobre todo el sistema. Para esto se propone en este proyecto utilizar metodologías que permitan delinear flujo de información, actividades y decisiones, y sus influencias en los diferentes componentes del sistema, así como entender toda la dinámica que se desarrolla dentro de la agrocadena.

En la ponencia se presentará una propuesta de modelo integrado de la agroindustria nacional, considerando los diferentes elementos, fuerzas impulsoras y elementos moderadores del mismo, así como una propuesta de modelo dinámico que permita analizar, en futuras investigaciones, el efecto de las mismas sobre componentes específicos del modelo.

*Palabras claves: Agrocademas, sistemas sociales complejos, dinámica de sistemas*

## ABSTRACT

The agrochain can be generally defined as the sequence of actors and activities that allow agricultural products to reach demand points. It is because of this definition that it is necessary to understand how the agrochain system functions and to study how changes in policies, rules of characteristics will affect the system. A system dynamic simulation model for the agrochain is proposed to define the information, activities and decision flows and their influences within the elements of the system. The model will help in understanding the dynamics involved in the agrochain.

This paper proposes an integrated model of the national agroindustrial system as an important element of the agrochain and how it affects all the components of this chain from a systemic approach.

**Keywords:** Agrochain, complex societal systems, system dynamics.

### Antecedentes y Objetivos del Proyecto:

El mundo actual presiona a las organizaciones y personas a cambiar continuamente para poder mantenerse al ritmo de la nueva sociedad de la información que nos domina. Este cambio se debe más que nada a la influencia de los avances tecnológicos que han hecho que el mundo se convierta en un sistema dinámico de cambios constantes que obligan a crear e innovar constantemente para poder sobrevivir en el mismo.

Para los países en vías de desarrollo, la agricultura se ha convertido, no solamente en su medio de subsistencia, sino en una oportunidad para aprovechar ciertas ventajas competitivas propias de sus zonas geográficas para entrar en mercados mundiales. Aún así, la CEPAL [1] concluye que en la región latinoamericana, a medida que el Producto Interno Bruto Agrícola (PIBA) aumenta, el ingreso per cápita de su población disminuye (figura 1).

En otras palabras, aunque la agricultura es fundamental en la economía de los países en vía de desarrollo, su impacto en la economía global de dichos

Panamá, por otro lado, es un país pequeño, con un área total de 78,200 km<sup>2</sup> donde 2,210 km<sup>2</sup> corresponden a agua y el resto, 75,990 km<sup>2</sup> a superficie terrestre.

Su población estimada a julio del 2004 es de un poco más de 3 millones de habitantes con una edad promedio de 26 años. De acuerdo a los indicadores de desarrollo del Banco Mundial [2], Panamá tiene una tasa de crecimiento de 1.31% con una expectativa de vida de: 72 años. Nuestro nivel de alfabetización es del 92% y el ingreso per cápita es de B/.4,000.00. Estos indicadores, hacen que de acuerdo al Global Competitiveness Report [3, 4], Panamá esté considerada como la economía número 58 del mundo. El mismo reporte, considera que la sostenibilidad del crecimiento económico hace también que Panamá se considere como el país número 59 del mundo en competitividad de los negocios.

Panamá no se ve aislado del efecto decreciente de la agricultura en la economía. De acuerdo a datos del Ministerio de Economía y Finanzas, los servicios y la industria manufacturera, de construcción y servicios marítimos representan más del 90% del Producto Interno Bruto, mientras que la agricultura contribuye en un 7% al PIB nacional. Por otro lado, las exportaciones agrícolas representan el 22% de las exportaciones totales, unos 174 millones de balboas. En la figura 3 es posible apreciar que más de la mitad de las exportaciones son de banano, rubro que se ve cada vez más afectado por problemas de mercado, costos y calidad. Adicionalmente, La generación de empleo presenta una tendencia negativa, siendo que desde 1997 al 2000, se han perdido 20, 000 empleos [5].

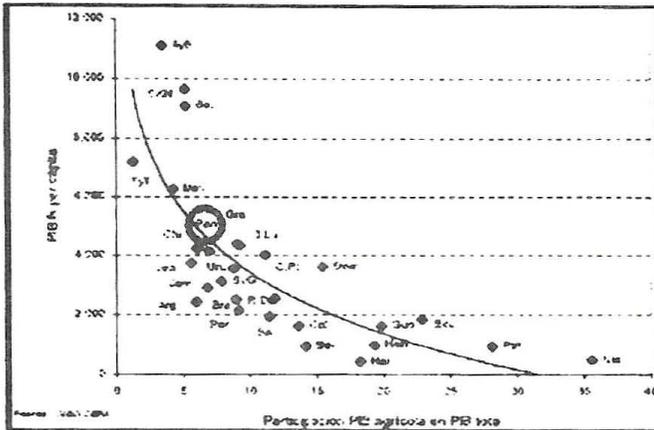
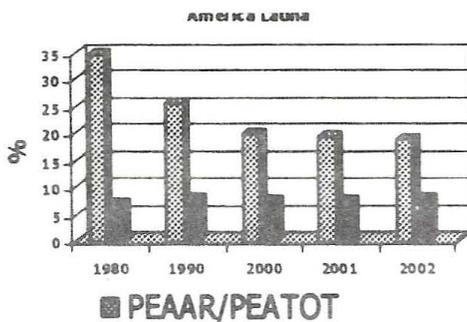


Fig. 1 PIBA vs. Ingreso Per cápita países va disminuyendo paulatinamente.



De igual manera, tal y como se aprecia en la figura 2 [1], aunque la agricultura ha sido una fuente de empleos relevante en estos países, es posible apreciar, según fuentes del Banco Mundial, que el número de personas empleadas ha ido disminuyendo significativamente con el paso del tiempo a pesar de que el PIBA se ha mantenido relativamente constante durante dicho intervalo de tiempo.

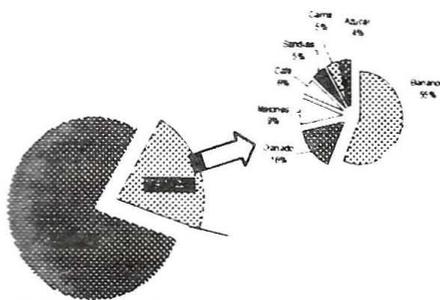


Figura 3 Exportaciones agrícolas de Panamá, año 2002.

De acuerdo al mismo Banco Mundial [2], Panamá es el sexto país en el mundo con mayor diferencia en la distribución de los ingresos. En nuestro país el 20% más rico de la población recibe el 62,7% del ingreso, el 20% más pobre recibe menos del 2%, donde el 10% más rico consume más de B/. 6,500 al año, el 10% más pobre solo consume alrededor de B/ 200.00. En nuestro país 4 de cada diez panameños no tienen recursos para sobrevivir dignamente y en el campo, 6 de cada 10 personas son pobres donde en las áreas indígenas 9 de cada diez son pobres. Aun más, el 71% de

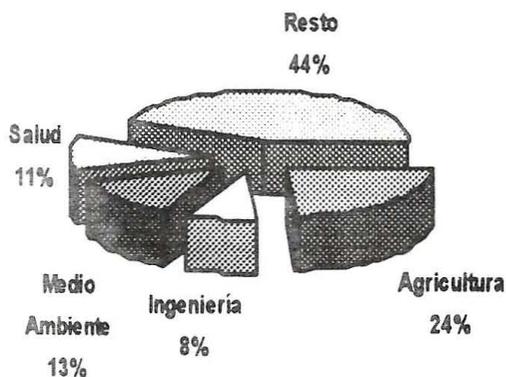


Fig. 4 Gasto en I + D

los pobres rurales son pequeños agricultores donde el 24,4%, de los niños padecen de desnutrición y en las indígenas 50,5%. Aun así, cerca de una cuarta parte del gasto en I + D panameño va dirigido hacia la investigación agrícola (figura 4).

Finalmente, datos de CEPAL (figura 5 [1]) muestran como Panamá muestra déficit tanto como exportador de productos básicos como de alimentos procesados, siendo en este rubro más crítico este déficit, donde solo un equivalente del 10%

	EXP/IMP Alimentos	EXP/IMP Total rural
Argentina	24,2	12,5
Brasil	2,8	4,2
Chile	0,6	2,7
Colombia	0,5	1,9
Ecuador	0,4	3,4
Perú	0,1	0,7
Venezuela	0,1	0,2
México	0,2	0,7
Panamá	0,3	0,8
América Latina	1,1	1,8

Fig. 5. Balance de Agroexportaciones de Panamá vs. la región

del valor del producto importado se exporta.

Por lo tanto Panamá debe posicionarse de nuevos segmentos y actividades que le permitan sostener e impulsar la actividad económica y el empleo, evolucionando de productos genéricos hacia productos más especializados y hacia actividades con la generación de mayor valor agregado. La agro exportación no tradicional, ha mantenido un crecimiento importante, pero basado en productos genéricos, donde hace falta una agroindustria oportuna para el desarrollo tanto de nuevos productos que tengan entrada a los cada vez más exigentes mercados, pero a la vez para el uso de subproductos, productos de desecho o productos rechazados que pueden convertirse en fuentes de ingresos importantes. Así, es posible afirmar que el sub sector agroindustrial (pequeñas, medianas y grandes agroindustrias y la agroexportación) está llamado a constituirse en factores de desarrollo para el sector agropecuario, con efecto e impactos socioeconómicos favorables para el país.

Sánchez y López [6] definen agroindustria como:

"Aquella actividad económica ligada al territorio, donde la materia prima de origen agrícola, ganadera, acuícola o forestal, alimentaria o no alimentaria, es procesada, dándole un valor agregado para su posterior comercialización, con el apoyo de factores involucrados al sistema

como son: la capacitación, asistencia técnica, leyes, mercadeo y financiamiento”

De acuerdo a diagnósticos realizados a la agroindustria rural panameña ([8], [9]), los principales problemas que enfrentan las empresas agroindustriales rurales, sean estas alimentarias o no alimentarias, en Panamá, en orden de importancia son: maquinaria y el equipo, falta de capital de trabajo, de instalaciones e infraestructura, comercialización y materia prima. Por otro lado, de acuerdo a Sánchez y López [6], la agroindustria es el eslabón de la cadena de producción al que se le ha prestado menor atención, ya sea por falta de definiciones, reglas claras de juego, incentivos, cultura empresarial, objetivos, mercados, o una combinación de todas ellas. Afirman las autoras que hay que identificar claramente aquellas empresas líderes, empresas con capacidad de llegar a triunfar y ser líderes y a aquellas empresas con capacidad de subsistir pero no de crecer, a fin de poder lograr objetivos y políticas de desarrollo claramente definidas.

Así, este proyecto busca presentar la agroindustria como un elemento clave dentro una cadena completa donde el inicio de la misma se da en el campo, con el producto básico y el final de ésta se encuentra con el consumidor final pasando por una serie de procesos y actividades de transformación, empaque. Esta agrocadena, se puede definir de manera más exacta como la secuencia de actores y actividades que permiten que la oferta llegue a los puntos de demanda. Por otro lado, las agrocadenas se pueden ver como organizaciones permanentes formales o informales de actores e instituciones relacionadas

El objetivo primordial de este proyecto es el de poder modelar el sistema del agronegocio, o agrocadena, como un sistema complejo, utilizando metodologías avanzadas de modelado que permitan expresar de manera clara la dinámica de las agrocadenas de una manera integrada, considerando los diferentes eslabones que

forman la cadena y las variables que afectan cada uno de dichos eslabones.

A fin de alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto, y considerando las características de complejidad de las agrocadenas, se aplicarán metodologías multidisciplinarias para la solución de problemas sociales complejos para describir y modelar de manera genérica las agrocadenas y poder definir, estudiar, entender y predecir sus comportamientos debido a la introducción de variabilidades controladas y no controladas que influyan el modelo.

De manera específica el proyecto buscará explicar de una manera holística:

- ¿Hasta qué punto la dinámica de sistemas puede modelar las agrocadenas de manera genérica?
- ¿Cómo la dinámica del comportamiento de los diferentes elementos de la agrocadena afecta el comportamiento de la misma?
- ¿Qué tanto de la variabilidad del modelo se debe a variables controlables?
- ¿Cuáles son las relaciones principales que modelan el comportamiento de las variables y componentes que forman la agrocadena?

Es por esto que se hace necesario entender como el sistema "agrocadena" funciona y estudiar los efectos que cambios en políticas, reglas o características tienen sobre todo el sistema. Para esto se propone en este proyecto utilizar metodologías que permitan delinear flujo de información, actividades y decisiones, y sus influencias en los diferentes componentes del sistema, así como entender toda la dinámica que se desarrolla dentro de la agrocadena.

#### **Metodología:**

En las agrocadenas existen factores que afectan la competitividad que no permiten

cambios aislados. Estos factores pueden externos, internos, estratégicos, tácticos, operativos, etc., pero hacen de las agrocadenas sistemas sociales altamente complejos.

Un sistema social complejo se puede definir en función a ciertas características [9]:

- La respuesta a las decisiones y acciones en sistemas sociales complejos es no lineal
- Los efectos raramente son proporcionales a sus causas
- Los resultados son localmente diferentes en el sistema a pesar de tener un objetivo global
- Son resistentes a cambios
- Tienen la capacidad de reconfigurarse a si mismo en nuevas formas después de un cambio o decisión dramática

En tal sentido, DeTombe [10] desarrolla una metodología para la solución de problemas sociales complejos (COMPRAM) basada en los métodos cuantitativos tradicionales pero incorporando etapas y procesos orientados hacia la investigación de sistemas complejos. La figura 7 describe gráficamente este proceso. De acuerdo a lo presentado en la figura, las tres primeras etapas son típicas de cualquier proceso o metodología formal de investigación, donde se define el problema, se justifica el mismo y se estudia la literatura a fin de adquirir conocimientos y entender lo que hasta el momento se ha hecho al respecto. Adicionalmente, se generan las hipótesis, proposiciones, preguntas, etc.

En la cuarta etapa de la metodología propuesta por DeTombe [10], las islas o áreas de conocimiento que deben interactuar en el análisis y solución del problema social. Esta etapa es muy importante ya que los estudios a problemas sociales complejos deben ser de manera integral, multidisciplinaria y utilizando un enfoque sistémico.

Una vez definidas las etapas anteriores inicia el desarrollo del modelo del sistema social complejo a fin de poder conocer sus características, complejidades y comportamientos bajo condiciones controladas experimentales.

A fin de lograr el desarrollo de dicho modelo, DeTombe recomienda la aplicación de la dinámica de sistemas como herramienta. La dinámica de sistemas es una herramienta que permite representar de una manera más dinámica los aspectos fluctuantes de la toma de decisiones. Hace posible entender las relaciones entre el

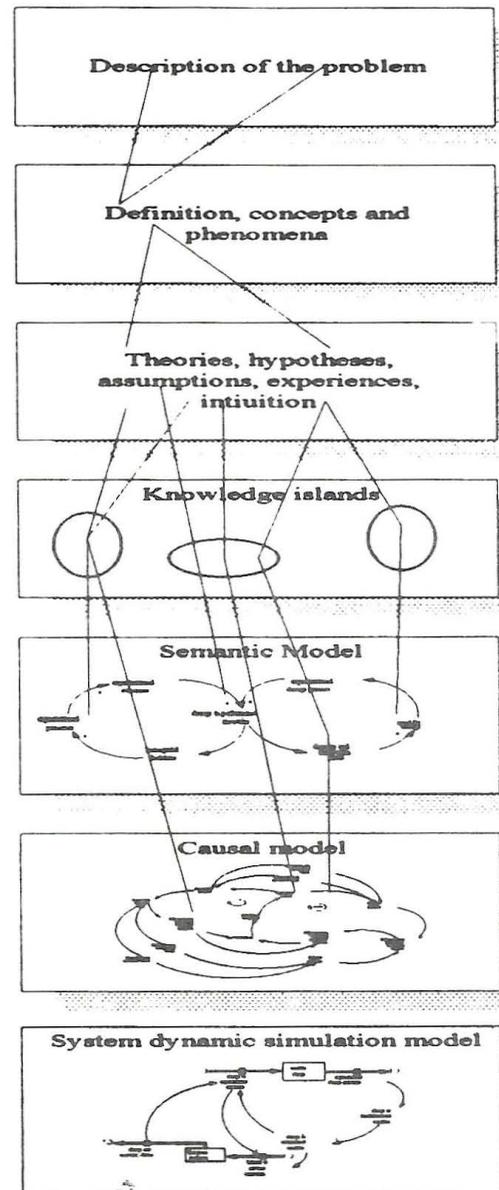


Fig. 7 La Metodología COMPRAM

contexto de la decisión, los comportamientos asociados y los posibles resultados y su efecto en el sistema. Para entender como el sistema social complejo funciona, la dinámica de sistemas utiliza diagramas que delinean el flujo de información, actividades y decisiones, y sus influencias en los diferentes componentes

del sistema, y que permiten, como resultado, estudiar los efectos que cambios en políticas, reglas o características tienen sobre todo el sistema.

Coyle [11] afirma que la dinámica de sistemas es la rama de la Teoría de Control relacionada con los sistemas socio-económicos y la controlabilidad de los mismos. Forrester [12] es el padre de la dinámica de sistemas aplicada al comportamiento organizacional como herramienta para la investigación de las características de la información de retroalimentación en sistemas organizacionales y el uso de modelos como guía para el rediseño de organizaciones

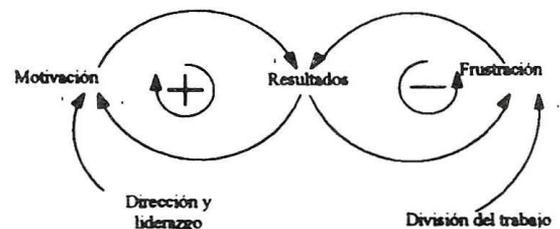
El objetivo de la dinámica de sistemas [13] es el de ayudar entender la interacción de las variables críticas que dominan un sistema social en función del tiempo, la interacción total del sistema y su ambiente, explicando las complejidades que aparecen envueltas en los procesos de cambio organizacional y toma de decisiones y mostrar como los sistemas funcionan utilizando diagramas que delinean el flujo de información, actividades y decisiones, y sus influencias en los diferentes componentes del sistema. Se compone de diagramas de lazo y flujos y acumulaciones.

Los diagramas de lazo (figura 8a) son diagramas causa-efecto muestran de manera sencilla modelos mentales acerca de las estructuras y estrategias del sistema. Implican la retroalimentación de la información y las relaciones existentes entre los elementos de toma de decisión, los resultados y la retroalimentación

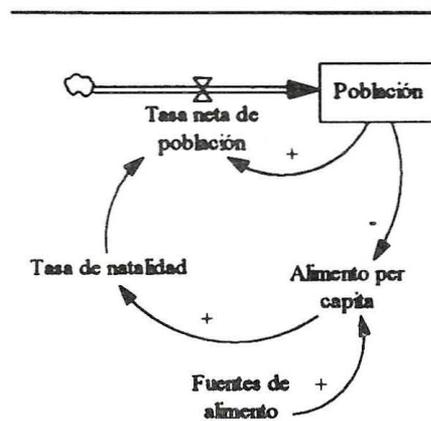
Por otro lado los flujos y acumulaciones (figura 8b) caracterizan el estado del

sistema mostrando entradas y salidas de flujo en cierto momento. Adicionalmente:

- La no linealidad se representa a través de flujos y acumulaciones o stocks
- Son los elementos que generan inercia
- Son fuentes de retrasos
- Crean desequilibrios dinámicos al desacoplar el flujo dentro del sistema
- Proveen la base para acciones y decisiones en la modelación



a) Diagramas causales o de lazo



b) Flujos y acumulaciones

Fig. 8 Componentes de la dinámica de sistemas

En la etapa del modelo semántico, se tratará, a través de palabras y modelos gráficos y mentales de mostrar la percepción de los actores principales de las agrocadenas sobre sus características, elementos, procesos y otros aspectos de



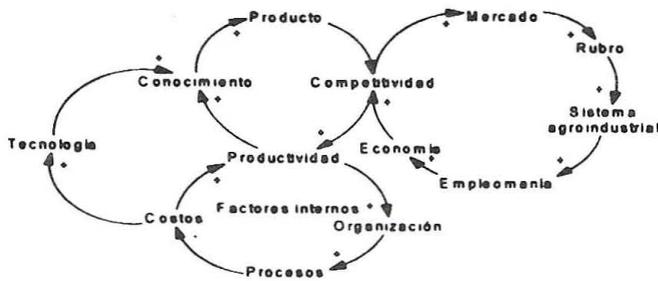
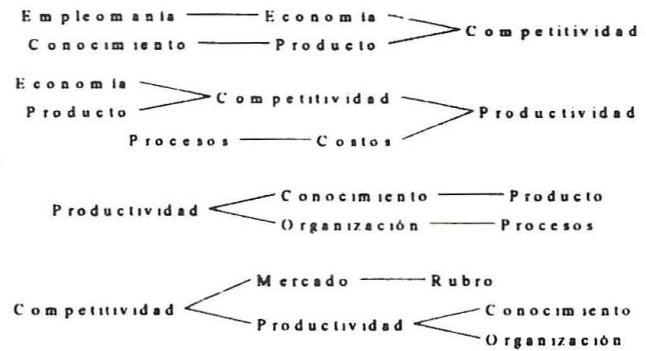


Fig. 10 Ejemplo del modelo causal



Así, por ejemplo Jang y Klein (2002) definen la utilidad que tenga un productor asociado a una cooperativa o grupo de productores como:

$$f(n) = p_0Q - (p_0 - p_1) \frac{D_1}{n} - p_0 \int_0^{Q-D_1/n} \Phi(x) dx$$

Sin entrar en mayores detalles, esta expresión es función de precios de mercados, demanda y la probabilidad de producción de la asociación o cooperativa. Por otro lado, los autores muestran que la demanda de cierto producto depende de cierta función acumulada de probabilidad  $\Phi(x)$  que es a su vez función tanto de los precios, como de los costos por inventario, envíos y otros costos asociados tal que:

$$D = \Phi^{-1} \left( \frac{s - p_2}{h + s} \right)$$

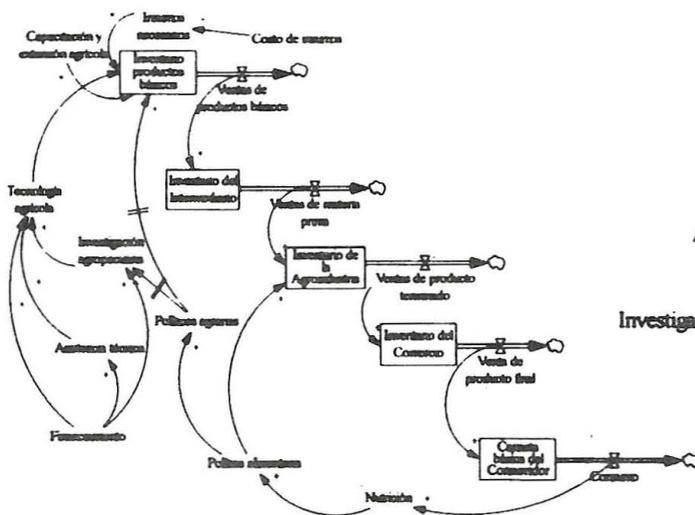


Fig. 11 Ejemplo del modelo dinámico

En esta etapa del proyecto se utilizan técnicas cuantitativas y computacionales a fin de poder definir estas expresiones para definir las diferentes relaciones cuantitativas que rigen el modelo de manera genérica y siguiendo los procesos causales identificados en la etapa anterior. Siguiendo la metodología propuesta por DeTombe [10] se presenta una primera aproximación del modelo de simulación utilizando sistemas dinámicos utilizando la variable inventario como variable de salida del modelo. En este caso se considera esta variable en vista de los efectos que el inventario tiene tanto en la cadena total de suministros de productos a lo largo de la agrocadena, como por sus efectos en los costos directos e indirectos del productor.

Un aspecto importante en la metodología de este proyecto es la validación del modelo. La validación del modelo no es más que verificar que los resultados del modelo se ajustan a los resultados de la vida real de la cual el modelo fue tomado [15]. Ahora bien, por las características de los modelos de dinámica de sistemas, estos tienden a ser incompletos y parcialmente subjetivos [16]. Por lo tanto, la validación del modelo se hará más que nada en función a su aplicabilidad, sus estructuras internas de los comportamientos resultantes y no a su robustez matemática o estadística.

### Resultados esperados:

Al finalizar este proyecto se espera:

- Definir las variables principales que influyen las relaciones entre los diferentes componentes de las agrocadenas.
- Entender de manera holística las relaciones existentes entre las variables que controlan y que resultan en las agrocadenas y los diferentes componentes de las mismas.
- Demostrar el papel estratégico que tiene la agroindustria dentro de las políticas de desarrollo de las agrocadenas.
- Un modelo de dinámica de sistema que permita entender dichas relaciones e influencias.

El modelo una vez obtenido servirá a los tomadores de decisiones para desarrollar políticas y ejecutar planes y acciones que permitan:

- Identificar problemas que afectan la competitividad y el crecimiento de eslabones y de la cadena en su conjunto
- Identificar acciones y políticas que ayuden a superar los problemas y a mejorar el funcionamiento de las cadenas

- Calcular precios, costos y utilidades a lo largo de la cadena
- Identificar causas de las diferencias entre el precio al productor y el precio pagado por el consumidor
- Evaluar posibilidades productor aumente participación valor agregado que genera la cadena
- Y en general, analizar la capacidad de la cadena para estar presente en los mercados en forma duradera.

Para terminar, siendo la agroindustria el elemento de la agrocadena al que menor atención se le ha puesto, este proyecto ayudará a identificar claramente su papel de integrador de la cadena, añadiendo valor a los productos y procesos que se dan a lo largo de la misma. A través de este tipo de investigación se promueven los cambios de cultura empresarial y gubernamental, promoviendo a su vez nuevos modelos empresariales, procesos de innovación organizacional, tecnológica y gubernamental asegurando la disponibilidad alimentaria local e internacional a través de políticas integrales que promuevan no solamente la disponibilidad sino la independencia, al menos parcial, de mercados sujetos a los vaivenes de políticas y comportamientos fuera del control de los productores, agrocadenas y el gobierno nacional.

Nota: Este proyecto ha sido sometido a la consideración de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República de Panamá (SENACYT) dentro de la convocatoria 2005-2006 del Programa de Fomento a la Investigación y Desarrollo

### Referencias

- [1] Junguito, R. (2005), *La agricultura de América Latina: Desafíos y Oportunidades*. Conferencia presentada en la IV Conferencia Regional de FORAGRO, Panamá 5 de abril de 2005.

- [2] Banco Mundial (2004), *Panama at a glance*  
[http://www.worldbank.org/cgi-bin/sendoff.cgi?page=%2Fdata%2Fcountrydata%2Faag%2Fpan\\_aag.pdf](http://www.worldbank.org/cgi-bin/sendoff.cgi?page=%2Fdata%2Fcountrydata%2Faag%2Fpan_aag.pdf)
- [3] World Economic Forum (2003)a *Global Competitiveness Report*,  
[http://www.weforum.org/pdf/Gcr/Growth\\_Competitiveness\\_Index\\_2003\\_Comparisons](http://www.weforum.org/pdf/Gcr/Growth_Competitiveness_Index_2003_Comparisons)
- [4] World Economic Forum (2003)b *Global Competitiveness Report*,  
[http://www.weforum.org/pdf/Gcr/Business\\_Competitiveness\\_Index\\_Porter](http://www.weforum.org/pdf/Gcr/Business_Competitiveness_Index_Porter)
- [5] Ministerio de Economía y Finanzas de la República de Panamá *Indicadores Económicos y Sociales 1995 – 2000*
- [6] López, K y B. Sánchez. (2005) *La Agroindustria. Modelo Conceptual Y Perspectivas De La Actividad En Panamá*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Panamá
- [7] Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (2002) *Diagnóstico de la Agroindustria Rural Panameña*. CEPIA – Universidad Tecnológica de Panamá – IICA
- [8] González, L. (2005) *Análisis De La Situación Actual De La Agroindustria No Alimentaria En Panamá*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá
- [9] Álvarez, H (2002) *A Diagnostic Investigation And A Corrective Model For Implementing Change In Response To Innovation*. Disertación Doctoral, Universidad de Missouri, Columbia, Estados Unidos.
- [10] DeTombe, D. J. (2001) "Compram, A Method for Handling Complex Societal Problems," *European Journal of Operational Research*, v. 128, n. 2, pp. 266-261.
- [11] Coyle, R. G. (1996) *System Dynamics Modeling: A Practical Approach*, Chapman and Hall, New York.
- [12] Forrester, J. W. (1961) *Industrial Dynamics*, The M. I. T. Press – Massachusetts Institute of Technology and John Wiley & Sons, Inc., U. S. A.
- [13] Zayas-Castro, J. L., T. J. Crowe y H. Alvarez (2002) "Organizational Change: A Case for More Systematic and Dynamic Modeling," *Proceedings of the 2002 Annual Industrial Engineering Research Conference*, Institute of Industrial Engineers, Orlando, Florida, May 18-22, 10 pages, CR-ROM published.
- [14] Jang W., y C. Klein (2002) "Supply Chain Models for Small Agricultural Enterprises," *Proceedings of the 2002 Annual Industrial Engineering Research Conference*, Institute of Industrial Engineers, Orlando, Florida, May 18-22, 6 pages, CR-ROM published.
- [15] Vennix, J. A. M. (1996) *Group Model Building. Facilitating Team Learning Using System Dynamics*, John Wiley Sons, New York.
- [16] Klabbers, J. (2000) "Learning as Acquisition and Learning as Interaction," *Simulation & Gaming*, v. 31, n. 3, September, pp. 380-406.