

System dynamics in the simulation of the effect of knowledge management on the supply chain of corn agroindustry (*Zea mays* L.)

**Moisés Martínez Soto¹, Carlos Rodríguez Monroy², Marcelo Gil Araujo³,
Anne Morris Díaz⁴**

¹Grupo de Investigación de Ingeniería de la Calidad Alimentaria, Universidad del Zulia
y Universidad Politécnica de Madrid. Apartado Postal 15205. Maracaibo 4005, Venezuela.

²Grupo de Investigación de Ingeniería de la Calidad Alimentaria,
Universidad Politécnica de Madrid, España. Calle José Gutiérrez Abascal, 2, Madrid.
Código Postal 28006, España.

³Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia. Apartado Postal 15252.
Maracaibo 4005, Venezuela.

⁴Programa de Doctorado Conjunto Universidad del Zulia y Universidad Politécnica de Madrid,
Apartado Postal 15205. Maracaibo 4005, Venezuela.
moisesenriquemartinezsoto@fa.luz.edu.ve , crmonroy@etsii.upm.es , gilmarcelo@yahoo.com ,
annemorris.diaz@gmail.com

Abstract

System dynamics is a suitable tool for building management models, because of its easy application in solving unstructured problems. In the 21st century the sustainability of organizations is influenced by the way in which they manage their knowledge. In this sense, knowledge management (KM) represents a strategy that contributes to the improvement of production of the supply chain (SC) of the corn industry (CI). The aim of this research is to develop an Information Technology (IT) model that enables the simulation of the effect of KM on the CI production. The methodology applied was that of System Dynamics through the use of the Vensim PLE® v. 5.10 software, whose determinant indicators were selected through an empirical study of KM in the SC of the precooked corn flour industry in Venezuela. In the study it was concluded that the balanced application of KM practices both in the strategic dimension and in the functional dimension, achieves an increase in production through the stabilization of the system. In this respect, it is recommended to continue with the evaluation of the developed methodology in other agro-industrial environments.

Keywords: system dynamics, supply chain, knowledge management, corn agroindustry.

La dinámica de sistemas en la simulación del efecto de la gestión del conocimiento sobre la cadena de suministro de la agroindustria del maíz (*Zea mays* L.)

Resumen

La dinámica de sistemas es un instrumento adecuado para la construcción de modelos de gestión, por su facilidad de aplicación en la resolución de problemas no estructurados. En el siglo XXI la sostenibili-

lidad de las organizaciones está influenciada por la forma en que se gestiona su conocimiento. En tal sentido, la gestión del conocimiento (GC) representa una estrategia que contribuye a mejorar la producción de la cadena de suministro (CS) de la industria del maíz (IM). El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo informático que permita simular el efecto de la GC sobre la producción la IM. La metodología aplicada fue la de la Dinámica de Sistemas, a través de la utilización del software Vensim PLE® v. 5.10, cuyos indicadores determinantes fueron seleccionados a través de un estudio empírico de la GC en la CS de la industria de la harina de maíz precocida en Venezuela. Se concluye en el estudio que la aplicación equilibrada de las prácticas de GC en la dimensión estratégica y en la dimensión funcional, consigue incrementar la producción a través de la estabilización del sistema. En este sentido, se recomienda continuar con la evaluación de la metodología desarrollada en otros entornos agroindustriales.

Palabras clave: dinámica de sistemas, cadena de suministro, gestión del conocimiento, industria agroalimentaria del maíz.

Introducción

En la actualidad la cadena de suministro (CS) de la industria del maíz (IM) con sus particulares características [1], tiene el reto de incrementar sus niveles de productividad [2], calidad [3] e innovación a nivel global y local [2], para satisfacer los requerimientos alimenticios y nutricionales de la población. Asimismo, enfrenta a una creciente demanda del grano de maíz (*Zea mays* L.) en su condición de materia prima para la industria en general y para la industria energética en particular. Igualmente, la IM está expuesta a cada vez mayores exigencias, regulaciones y restricciones normativas por parte consumidores y gobiernos, un mayor deterioro progresivo del medio ambiente, que es su base de sustentación; un incremento en la inestabilidad en los mercados financieros, y otros múltiples retos, dificultades y expectativas, en virtud de su naturaleza multifuncional [1].

Según Drucker [4], Davenport y Prusak [5] y Nonaka y Takeuchi [6], en el siglo XXI la competitividad [7] y la sostenibilidad de las organizaciones productivas, se basa en los activos del conocimiento y su gestión. La gestión de los activos intangibles es clave para la creación de valor en las organizaciones y fuente de ventaja competitiva. En tal sentido, la GC representa una herramienta metodológica que permite mejorar el rendimiento y el desempeño de las cadenas de suministro de productos agroalimentarios [8].

Son muchas y variadas las definiciones de GC, debido a que es un concepto que no ha llegado a un consenso entre los expertos del tema, para obtener una definición única y comúnmente aceptada. En esta investigación, la GC se define

como una estrategia organizacional que basada en un ambiente innovador y en el uso de las Tecnologías de Información y comunicación (TIC's), desarrolla capacidades para: originar, almacenar, transferir, aplicar y proteger el conocimiento organizacional, con la finalidad de incrementar la competitividad y sustentabilidad de las CS y las organizaciones o empresas que las conforman [9].

Las capacidades antes mencionadas se asocian a un conjunto de prácticas de GC, que en los distintos contextos industriales presentan sus propias condicionantes, tales como: tamaño y tipo de empresa, nivel de uso de las TIC's y grado de profesionalización del talento humano, entre otras.

No obstante el reconocimiento que se ha hecho a la GC y sus perspectivas en el siglo XXI, su implantación generalizada en la Industria Agroalimentaria (IAA) en general y en la IM en particular, pasa por el desarrollo de modelos y métodos de gestión que sean fiables, prácticos y efectivos que faciliten su asimilación por parte de las cadenas agroindustriales.

En este sentido, la dinámica de sistemas ofrece un conjunto de ventajas por su capacidad de análisis de problemas poco estructurados y de naturaleza blanda, su fiabilidad, su bajo costo relativo y su posibilidad de aplicarse antes, durante y de manera posterior a la ocurrencia del problema en estudio [10].

En dinámica de sistemas, la simulación permite obtener trayectorias para las variables incluidas en cualquier modelo mediante la aplicación de técnicas de integración numérica. Sin embargo, estas trayectorias no han de ser interpretadas como predicciones, sino más bien como

proyecciones o tendencias. El objetivo básico de la dinámica de sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento de un sistema, a través del conocimiento de cada uno de sus elementos constitutivos y de las interacciones que se generan entre ellos, planteamiento que dista mucho de los esquemas tradicionales de análisis [11].

Como consecuencia de los argumentos antes empleados, el objetivo de la presente investigación es modelizar mediante dinámica de sistemas, el efecto de la GC sobre la cadena de suministro de la agroindustria del maíz.

Metodología

Para modelizar el efecto de la GC sobre la S de la IM, se ha utilizado la metodología de dinámica de sistemas, con el apoyo del software de gestión Vensim® PLE v. 5.10. El mismo es una herramienta gráfica de creación de modelos de simulación que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas [12].

En la presente investigación, el diseño del modelo se fundamentó en un cuidadoso análisis y selección de los elementos del sistema GC en la CS de la IM, a través de cuatro estudios empíricos de la variable GC, en los eslabones de la cadena de suministro de la industria de la harina de maíz precocida, los cuales fueron: productores, procesadores, distribuidores y proveedores de bienes y servicios, en un país importador neto de alimentos como Venezuela [13].

El conjunto de estudios empíricos permitió seleccionar los indicadores determinantes de las prácticas de la GC, en razón de su validez, fiabilidad y consistencia [9]. El estudio de cada eslabón se hizo a través de una investigación de campo, transeccional y ex post facto. A tal fin, se diseñó en cada caso un cuestionario compuesto por secciones e indicadores, con opciones respuestas de escala múltiple tipo Likert. Los cuestionarios y por ende los indicadores, que constituyen las prácticas de GC, se validaron a través de un análisis de expertos, un análisis discriminante y un análisis factorial. Lo cual permitió una primera selección de indicadores válidos.

A continuación, a través de la aplicación prueba de fiabilidad denominada alfa de Cron-

bach, se obtuvieron los indicadores o prácticas de GC válidos y fiables. La consistencia de las prácticas de GC se determinó con un análisis de frecuencia de los indicadores válidos y fiables por cada eslabón. En este sentido, los indicadores de GC más frecuentes alcanzaron la categoría de consistentes.

En resumen, la selección de los quince elementos que constituyen el modelo se hizo a partir de doscientos trece indicadores de prácticas de GC, cuya operacionalización, se presentan en la Tabla 1.

Problema y estudio de caso

Problema

El problema en estudio consiste en la brecha existente entre la demanda o producción objetivo y la producción agroindustrial de harina de maíz actual. La variable *Diferencia de producción* se seleccionó por ser cuantitativa, tangible y continua, que ha sido medida en *Toneladas Métricas (TM)*. En cuanto a la variable GC, su medición se realizó a través de la magnitud *Horas (h)*, en concordancia con las exigencias de la herramienta de simulación utilizada.

Caso

En una población local de aproximadamente dos millones de habitantes, hay una demanda mensual de 6.400 TM de harina de maíz precocida. La cadena de suministro más importante en el mercado cuenta con una cuota de participación del 50 %, pero sólo alcanza a producir 2.890 TM.Mes⁻¹. Por tanto, se ha decidido iniciar un plan basado en un modelo de GC, para reducir la diferencia existente entre la demanda y la oferta, en un lapso de 25 meses y de ser posible, generar un superávit de producción.

El trabajo dedicado mensualmente a actividades relacionadas a prácticas de GC es de 28.896 h.Mes⁻¹ (lo cual incluye gestión de la información). Este trabajo es realizado por parte del personal empleado en la CS en los niveles de supervisión, puestos técnicos y operativos.

La integración de las variables *producción* y *GC* se realiza a través de la variable productividad del conocimiento, el cual se ha medido en TM.h⁻¹.

Tabla 1
Dimensiones, sub-dimensiones e indicadores determinantes de la gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la industria del maíz

Dimensión	Sub-dimensión	Indicadores (Prácticas de GC)
Gestión Estratégica	Estrategia de la GC	Uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC's) Estrategia basada en el conocimiento
	Objetivos de la GC	Productividad Calidad Innovación
Ambiente Innovador	Liderazgo innovador	Supervisores que estimulan la innovación
	Autonomía para innovar	Trabajadores con autonomía para innovar
Gestión Funcional o Ciclo del Conocimiento	Origen del conocimiento	Relaciones con el entorno empresarial Adquisición de conocimientos
	Almacenamiento de conocimiento	Almacenamiento por medios físicos Almacenamiento por medios digitales
	Transferencia del conocimiento	Consulta de manuales
	Aplicación del conocimiento	Desarrollo de rutinas de trabajo
	Protección del conocimiento	Reputación de calidad Procesos difíciles de imitar

Fuente: Elaboración propia.

Definición de influencias de primero, segundo, tercero y cuarto orden

Una vez identificado el problema en estudio se pasó a identificar las influencias de primero, segundo, tercero y cuarto orden.

- Influencias de primer orden: *la producción objetivo, la producción actual y la producción derivada de la GC.*
- Influencias de segundo orden: *el conocimiento gestionado, la productividad del conocimiento organizacional, la cuota de participación en el mercado y la demanda estimada.*
- Influencias de tercer orden: *el conocimiento organizacional actual, el ambiente innovador, el desarrollo de las TIC's, la demanda de nuevo conocimiento, origen de nuevo conocimiento, conocimiento almacenado, conocimiento transferido, conocimiento aplicado y conocimiento protegido.*

- Influencias de cuarto orden: están representadas por los indicadores de la dimensión de la gestión funcional del conocimiento, las cuales son: *adquisición del conocimiento, alianzas y relaciones, archivo físico, archivo digital, consulta de manuales, secuencias y rutinas, prestigio de calidad y gestión difícil de imitar.* Todos estos conceptos, representan los indicadores determinantes del constructo GC seleccionados en el estudio empírico. Es decir, fueron incluidos en el modelo informático por su fiabilidad, validez y consistencia.

Definición de las relaciones

Las relaciones causales del sistema en estudio (Figura 1), se simbolizan a través de flechas, que representan las influencias que existen entre los elementos del sistema. Las flechas a las que se les asigna un signo positivo (+), representan las relaciones directas y las flechas a las que se les asigna un signo negativo (-), representan las relaciones inversas del modelo.

Identificación de los bucles de realimentación

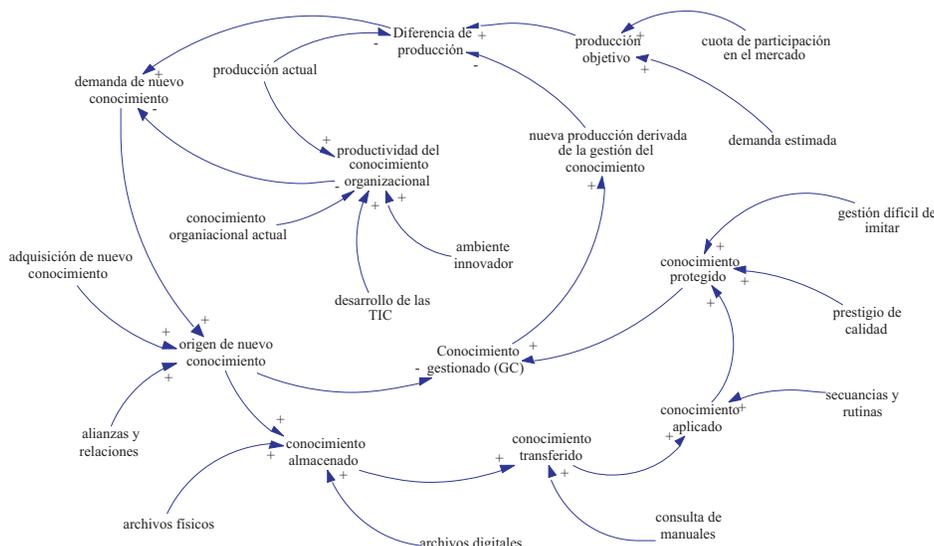
Los bucles señalan el posible comportamiento del sistema y también indican las posibles medidas para incrementar sus efectos o para atenuarlos. Los bucles positivos se identifican con los motores del cambio y los bucles negativos con las causas de la estabilidad del sistema.

En este estudio se han identificado dos bucles asociados a la variable respuesta *Diferencia de producción* (Tabla 2). El bucle número uno es positivo y está asociado a la dinámica de la *Diferencia de producción* y el efecto que el *Conocimien-*

to gestionado tiene sobre ella. El bucle dos es negativo y está más relacionado con la forma cómo el *conocimiento gestionado* se produce, a través del ciclo del conocimiento, cuyas distintas etapas son: *origen de nuevo conocimiento, conocimiento almacenado, conocimiento transferido, conocimiento aplicado y conocimiento protegido*.

Caracterización de los elementos del modelo

En el modelo los niveles o variables de acumulación están representados por las variables *Diferencia de producción*, medida en TM y *Conoci-*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Diagrama causal del modelo del efecto de la GC sobre la cadena de suministro de la industria del maíz.

Tabla 2
Bucles del diagrama causal del efecto de la gestión del conocimiento sobre la cadena de suministro de la industria del maíz

Bucle Número 1, de longitud 4

- Diferencia de producción*
- demanda de nuevo conocimiento
- origen de nuevo conocimiento
- Conocimiento gestionado (GC)
- nueva producción derivada de la GC

Bucle Número 2, de longitud 8

- Diferencia de producción*
- demanda de nuevo conocimiento
- origen de nuevo conocimiento
- conocimiento almacenado
- conocimiento transferido
- conocimiento aplicado
- conocimiento protegido
- Conocimiento gestionado (GC)
- nueva producción derivada de la GC

Fuente: Elaboración propia.

miento gestionado, medido en Horas. Las variaciones de los niveles son los flujos, los cuales tienen las mismas unidades que los niveles más una componente temporal (TM.Mes⁻¹ y Horas.Mes⁻¹). En el modelo de la GC en la CS de la IM, los flujos están representados respectivamente por las variables *producción objetivo* y *producción actual*, así como por las variables *origen de nuevo conocimiento* y *conocimiento protegido*.

Las variables auxiliares y las constantes están representadas en este modelo por las prácticas de GC seleccionadas, a partir del estudio empírico. Las mismas permiten una mejor visualización de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos.

Asignación de valores a los parámetros

En esta etapa se han concretado las relaciones que existen entre los elementos del modelo. Para ello, se han utilizado sencillas fórmulas y se ha hecho uso de las funciones que el software facilita.

A los elementos del modelo se les han asignado valores iniciales con base en los datos del problema o caso en estudio. Estos datos son aproximaciones razonables, referidas a la realidad. La precisión no suele aportar en este tipo de modelos grandes ventajas, ya que aunque se conozca exactamente el valor que ha tenido una constante en el pasado, sin duda es de más utilidad conocer si este valor se va a mantener o no en el futuro [10].

En la Tabla 3 se presentan las ecuaciones y los valores asignados a los distintos parámetros, en el momento inicial o momento cero, del modelo.

Diagrama de flujos del modelo de gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la industria del maíz

A continuación, se describe el diagrama de flujos del modelo de GC objeto del presente trabajo de investigación (Figura 2). En el mismo se observan las variables de nivel, las de flujo y las auxiliares, así como las influencias que ejercen unas sobre otras. Todos los elementos del modelo han sido descritos y analizados en las secciones

anteriores. Por tanto, a continuación se ha pasado a simular el modelo de gestión, sobre la base de tres escenarios.

Simulación y validación del modelo

La simulación consiste en la introducción de modificaciones en el modelo, las cuales puedan llevarse después a la práctica, para así seleccionar la opción que ofrezca mejores resultados. A efectos de la simulación del presente modelo se analizaron tres escenarios:

Escenario 1:

Sin aplicación de prácticas de GC

En este escenario en el cual no se aplican prácticas de GC; en el momento inicial, la variable *Diferencia de producción* era de 310 TM y al final del periodo, la cifra se incrementó con una pendiente muy fuerte a 4.795 TM. Simultáneamente, la variable *Conocimiento gestionado* presentaba una cifra inicial de de 3.100 Hr. y al final del periodo de 3.600 h. En tal sentido, se infiere que el escenario 1, no es el que permite solucionar el problema de déficit de producción planteado, por cuanto está en desequilibrio debido al crecimiento con tendencia al infinito de la *Diferencia de producción*. En este escenario, no se desarrollan prácticas de GC, ni en la dimensión estratégica, ni en la dimensión funcional, por tanto las diferencias de producción se incrementan descontroladamente (Figura 3).

Escenario 2:

Aplicación parcial de prácticas de GC

En este escenario se aplican parcialmente prácticas de gestión estratégica del conocimiento. Inicialmente, la variable *Diferencia de producción* era de 310 TM y al final del periodo se alcanza un superávit en valores absolutos de 4.460 TM, con una curva con tendencia al infinito. Simultáneamente, la variable *Conocimiento gestionado*, presenta una cifra inicial de 3.100 Hr. y al final del periodo de 3.000 h. El superávit de producción alcanzado, podría ser interpretado como si el problema se hubiese resuelto. Sin embargo, la fuerte pendiente y la tendencia al infinito de la curva de *Diferencia de producción*, permiten inferir, que no es razonable dicho comportamiento.

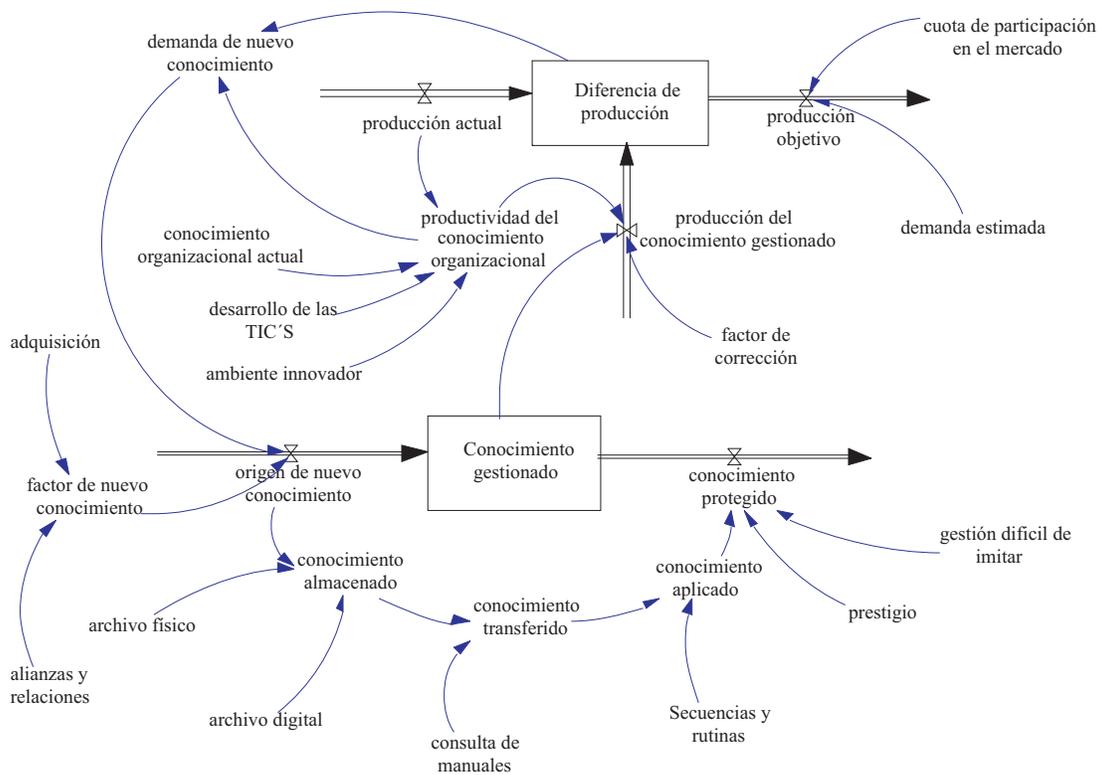
Tabla 3
Ecuaciones y valores asignados a las variables y elementos del modelo de GC en la CS de la IM

<i>Ecuaciones</i>	Unidades	N°
<i>adquisición=1</i>	Units: 1/Mes	(01)
<i>alianzas y relaciones= 1</i>	Units: 1/Mes	(02)
<i>ambiente innovador= 1</i>	Units: Dmnl	(03)
<i>archivo digital=1</i>	Units: Dmnl	(04)
<i>archivo físico=1</i>	Units: Dmnl	(05)
<i>conocimiento almacenado=origen de nuevo conocimiento*((archivo físico+archivo digital)/ 10)</i>	Units: h/Mes	(06)
<i>conocimiento aplicado=conocimiento transferido*(Secuencias y rutinas/5)</i>	Units: h/Mes	(07)
<i>Conocimiento gestionado= INTEG ((origen de nuevo conocimiento-(origen de nuevo conocimiento-conocimiento protegido)),3100)</i>	Units: h/Mes	(08)
<i>conocimiento organizacional actual=28896</i>	Units: h/Mes	(09)
<i>conocimiento protegido=conocimiento aplicado*((gestión difícil de imitar+prestigio) / 10)</i>	Units: h/Mes	(10)
<i>conocimiento transferido=conocimiento almacenado*(consulta de manuales/5)</i>	Units: h/Mes	(11)
<i>consulta de manuales=1</i>	Units: Dmnl	(12)
<i>cuota de participación en el mercado=0.5</i>	Units: Dmnl	(13)
<i>demanda de nuevo conocimiento=Diferencia de producción/productividad del conocimiento organizacional</i>	Units: h	(14)
<i>demanda estimada= 6400</i>	Units: TM/Mes	(15)
<i>desarrollo de las TIC'S=1</i>	Units: Dmnl	(16)
<i>Diferencia de producción= INTEG (producción objetivo-producción actual-producción del conocimiento gestionado,310)</i>	Units: TM	(17)
<i>factor de corrección=1</i>	Units: 1/Mes	(18)
<i>factor de nuevo conocimiento=(adquisición+alianzas y relaciones)/10</i>	Units: 1/Mes	(19)
<i>FINAL TIME = 25</i>	Units: Mes The final time for the simulation.	(20)
<i>gestión difícil de imitar=1</i>	Units: Dmnl	(21)
<i>INITIAL TIME = 0</i>	Units: Mes The initial time for the simulation.	(22)
<i>origen de nuevo conocimiento= demanda de nuevo conocimiento*factor de nuevo conocimiento</i>	Units: h/Mes	(23)
<i>prestigio=1</i>	Units: Dmnl	(24)

Tabla 3. (Continuación)

Ecuaciones	Unidades	N°
$producción\ actual=2890$	Units: TM/Mes	(25)
$producción\ del\ conocimiento\ gestionado=Conocimiento\ gestionado*productividad\ del\ conocimiento\ organizacional*factor\ de\ corrección$	Units: TM/Mes	(26)
$producción\ objetivo=demanda\ estimada*cuota\ de\ participación\ en\ el\ mercado$	Units: TM/Mes	(27)
$productividad\ del\ conocimiento\ organizacional=(producción\ actual/conocimiento\ organizacional\ actual)*(ambiente\ innovador + desarrollo\ de\ las\ TIC'S)/5$	Units: TM/h	(28)
$SAVEPER = TIME\ STEP$	Units: Mes [0,?] The frequency with which output is stored.	(29)
$Secuencias\ y\ rutinas=1$	Units: Dmnl	(30)
$TIME\ STEP = 1$	Units: Mes [0,?] The time step for the simulation.	(31)

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Diagrama de flujos y niveles del modelo de GC en la CS de la IM.

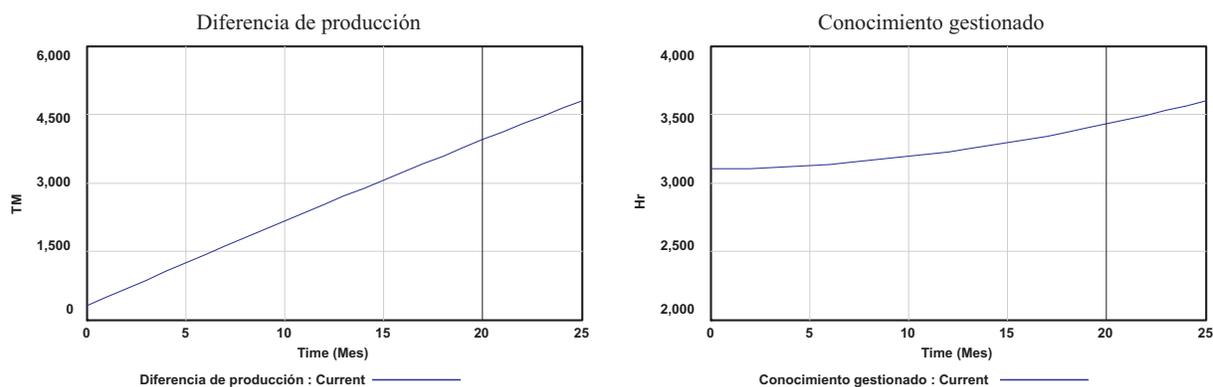
Por tanto, se concluye que el modelo no ha alcanzado el equilibrio.

En este sentido se interpreta, que la aplicación de prácticas de GC, solamente en su dimensión estratégica, tales como el desarrollo de las TIC's y cambios en la organización (ambiente innovador), no son suficientes para alcanzar el equilibrio del sistema. En definitiva, es un escenario, en el cual la aplicación parcial de prácticas de GC no resuelve de manera razonable el problema planteado, debido al excesivo énfasis en la tecnología y la superestructura organizacional, sin tomar en consideración las prácticas de gestión funcional del conocimiento (Figura 4).

Escenario 3: Práctica integrales de gestión del conocimiento

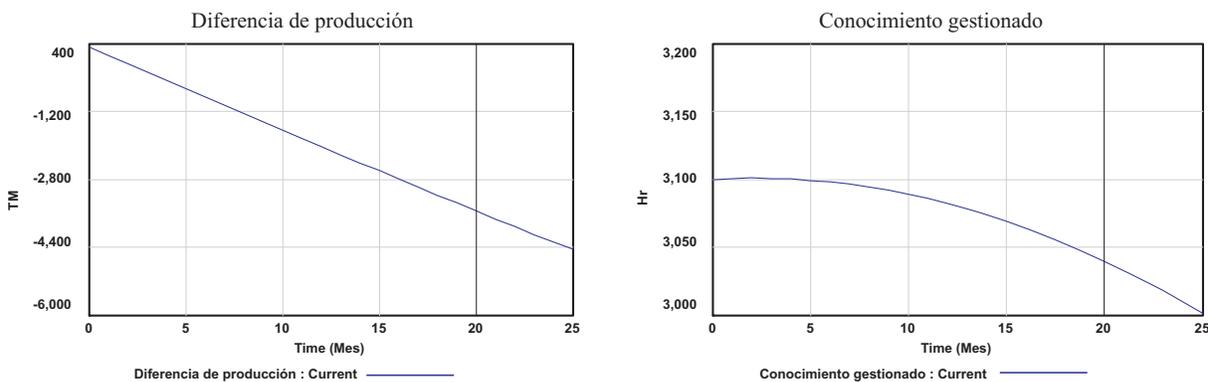
En este escenario (Figura 5) en el cual se aplican de manera integral y equilibrada prácti-

cas de gestión estratégica del conocimiento y prácticas de gestión funcional del conocimiento; inicialmente, la variable *Diferencia de producción* era de 310 TM y al final del periodo, la cifra pasó de un déficit a un superávit de producción que alcanza valores absolutos de 383 TM. En este sentido, la reducción de la *Diferencia de producción* es progresiva, lo cual evidencia que la producción objetivo fue superada y hay un superávit absoluto de producción. Simultáneamente, la variable *Conocimiento gestionado* presentó una cifra inicial de 3.100 h que se incrementó hasta 3.395 h.Mes⁻¹ en el mes 11, por el efecto resistencia al cambio del sistema, para finalmente alcanzar una cifra de 2.950 h al final de periodo. El comportamiento observado, se debe al incremento de la productividad del conocimiento (0,10 TM.h⁻¹), como resultado de la aplicación integral de las prácticas de GC. En tal sentido, se concluye en base al proceso de simulación, que este escenario



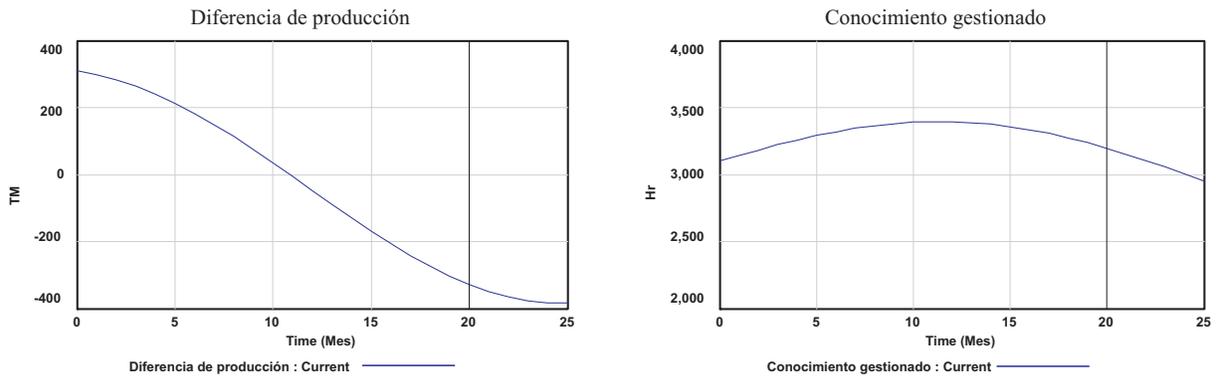
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Primera simulación, relativa al escenario inicial del modelo de GC en la CS de la IM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Segunda simulación, relativa las prácticas incompletas de la GC la CS de la IM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Tercera simulación relativa a la combinación equilibrada de la gestión estratégica y la gestión funcional del conocimiento en la CS de la IM.

resuelve el problema planteado en términos razonables, debido a que se pasa de un déficit de 10,73% de producción a un superávit de 13,25% de producción, tomando como referencia, las 2.890 TM.Mes⁻¹ que se producían en el tiempo inicial de la simulación.

Conclusiones

La utilización de la dinámica de sistemas, para la simulación de los efectos de la GC sobre la CS de la IM, constituye una innovadora manera de representar esta variable intangible, así como sus efectos sobre los resultados tangibles. Lo cual se evidenció en la superación del déficit de producción de alimentaria, para una población de un país importador neto de alimentos, como lo es Venezuela.

En este sentido, se utilizó la variable auxiliar denominada “productividad del conocimiento organizacional”, que constituye una interface entre los indicadores de prácticas de GC y los resultados de la IM en términos de producción. La productividad del conocimiento fue óptima, cuando en la simulación se aplicaron de forma equilibrada e integral, prácticas de GC en las dimensiones estratégica y funcional, hasta satisfacer el déficit de producción de harina maíz y alcanzar un superávit, resolviendo así el problema planteado al inicio de la investigación.

El diagrama de flujos y niveles se diseñó en una secuencia lógica, estrictamente documentada y validada, en la cual, el conocimiento organi-

zacional es resultado de una estrategia gerencial, que integra las funciones origen, almacenamiento, transferencia, aplicación y protección del conocimiento como un activo intangible. Estas funciones acompañadas de un ambiente organizacional orientado a la innovación y el adecuado uso de las TIC'S, sirven de referencia positiva para las empresas que componen esta importante cadena de suministro, en su objetivo de desarrollar ventajas competitivas y sostenibles, en un escenario global y local caracterizado por la incertidumbre.

En el medio académico, los resultados de este estudio implican un cambio de paradigmas relativo al proceso de creación del conocimiento, el cual no está circunscrito a la abstracción propia y convencional de los centros de investigación, sino que por el contrario ocurre de manera progresiva y dinámica, fundamentalmente en el contexto de la empresa.

Entre las limitaciones más importantes de esta investigación se encuentra la selección y secuenciación de las variables del modelo y su posterior cuantificación, hasta alcanzar un comportamiento razonable e intuitivo. Se recomienda profundizar esta línea de investigación, aproximando el modelo a la realidad del contexto productivo, a través de la incorporación de variables relacionadas a la tecnología disponible y su adopción, los costos y beneficios, así como de comportamiento del mercado, hasta lograr una estandarización que permita su aplicación en diferentes contextos agroindustriales.

Referencias bibliográficas

1. Audicana J. Los grandes retos de la industria agroalimentaria. <http://www.santelmo.org/notas/Abril.20Entrevista20Julio20Audicana.20ALIMENATEC.pdf>. Último acceso 05/02/2011. 2007.
2. Sangjae Lee, Byung Gon Kim, Hoyal Kim. "An integrated view of knowledge management for performance", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 16, No. 2 (2012) 2, pp.183-203.
3. Siew-Phaik Loke, Alan G. Downe, Murali Sambasivan, Khalizani Kalid and Keng-Boon Ooi. 2011. Integrating Total Quality Management and Knowledge Management to Supply Chain Learning: A Structural Approach. International Conference on Financial Management and Economic. IPEDR Vol.11 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore.
4. Drucker Peter. "El Management del Siglo XXI". Edhasa. 2000.
5. Davenport Thomas H., Prusak Lawrenc. "Working knowledge: How organizations manage what they know". Harvard Business School Press. Boston. 2000.
6. Nonaka Ikujiro, Takeuchi Hirotaka. "The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation". Oxford University Press. 1995.
7. Massa, S., Testa, S., A knowledge management approach to organizational competitive advantage: Evidence from the food sector. *European Management Journal* Vol. 27, (2009) 129-141.
8. Sporleder T. "Strategic alliances and networks in supply chains. Knowledge management, learning and performance measurement". Wageningen UR Frontis Series. 2005.
9. Martínez, M. "Desarrollo de un modelo de gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la industria agroalimentaria". Tesis Doctoral en Administración de Empresas. Departamento de Ingeniería Organizacional, Administración de Empresas y Estadística de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. 291 p. 2011. http://oa.upm.es/6199/1/MOISES_ENRIQUE_MARTINEZ_SOTO.pdf. Último acceso 28/12/2011.
10. Martín, J. Sysware. L'autor. 315 p. 2007.
11. Forrester, J. "Dynamic Models of Economic Systems and Industrial Organizations". *System Dynamics Review*. Vol. 19 (2003) 331-345.
12. Vensim. Guía sobre Dinámica de Sistemas. http://www.dinamica-de-sistemas.com/vensim/guia_vensim.htm. Último acceso 05/02/2011. 2010.
13. Arias Segura, J. Seguridad alimentaria y los países importadores netos de alimentos de las Américas. <http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/replica/B0669E/B0669E.PDF>. Último acceso 08/02/2011.

Recibido el 14 de Noviembre de 2011
En forma revisada el 21 de Enero de 2013