



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

---

**DESARROLLO TECNOLÓGICO EN MICHOACÁN: UN ENFOQUE DESDE LA  
PERSPECTIVA DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

---

**Competitividad Global: Inversión en Investigación y Desarrollo**

**José César Lenin Navarro Chávez  
Profesor - Investigador  
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Edificio ININEE, Ciudad Universitaria  
Morelia, Mich.  
México**

**José Carlos Rodríguez\*  
Profesor – Investigador  
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Edificio ININEE, Ciudad Universitaria  
Morelia, Mich.  
México**

**rodriguez\_ininee@hotmail.com**

**América Ivonne Zamora  
Estudiante Programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional  
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Edificio ININEE, Ciudad Universitaria  
Morelia, Mich.  
México**

---

\* Autor de correspondencia. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Ciudad Universitaria. Morelia, Mich. México. Teléfono y Fax: +52 (443) 316-5131, Ext. 101. Dirección Electrónica: rodriguez\_ininee@hotmail.com

## **Resumen**

Este trabajo analiza la generación y el uso de la ciencia y la tecnología en el estado de Michoacán desde la perspectiva de los sistemas de innovación. Haciendo uso de la dinámica de sistemas, desarrollamos un modelo que interrelaciona las actividades (acciones y reacciones) que llevan a cabo los principales agentes que conforman un sistema de innovación: empresas, gobierno y universidades. Se sugiere que un enfoque sistémico (dinámica de sistemas) puede ser adecuado para analizar los sistemas de innovación dada la complejidad (número de interrelaciones y rezagos en el tiempo) que los caracteriza. El modelo que se presenta en este trabajo permite derivar un conjunto de indicadores sobre el estado que guarda la ciencia y tecnología en Michoacán, así como sobre la capacidad innovadora que se observa entre los actores que conforman este sistema.

**Palabras Clave:** sistemas de innovación, indicadores de ciencia y tecnología, sistemas complejos, dinámica de sistemas.

## **Abstract**

This paper analyzes the generation and use of science and technology in Michoacan from the perspective of the innovation systems. Making use of system dynamics methods, we developed a model linking the activities (actions and reactions) carried out by actors into an innovation system: firms, government, and universities. It is suggested that a systemic approach (system dynamics) may be adequate for analyzing innovation systems characterized to be highly complex (great number of interrelations and time delays). This model allows to derive a set of indicators on science and technology in Michoacan, as well as the innovation capabilities developed by the actors conforming the innovation system.

**Keywords:** innovation system, science and technology indicators, complex systems, system dynamics

## **Introducción**

Hoy en día existe un gran interés entre académicos y hacedores de políticas públicas por analizar los sistemas de innovación desde una perspectiva sistémica (Niosi, 2008; Solleiro & Castañón, 2005; Stamboulis, 2007). Esta perspectiva permite incluir como parte de un mismo análisis diversos factores que influyen y determinan las capacidades innovadoras y competitivas de las empresas. En este sentido, la generación y el uso del conocimiento científico y tecnológico involucran diferentes actores que participan en un sistema de innovación.

El concepto de sistemas de innovación, como un instrumento que permite analizar los procesos de desarrollo económico, ha evolucionado continuamente pasando del ámbito nacional al regional y sectorial (Cook, 2001, 2008; Kayal, 2008). A los niveles regional y sectorial, los sistemas de innovación se han transformado en un instrumento importante para el estudio del desarrollo económico dado que las estructuras económicas que caracterizan a un país o a una región se componen solamente de unos cuantos sectores que realmente son innovadores (Asheim & Coenen, 2006; Cook, 2008; Niosi, 2008). En este sentido, el concepto de sistemas de innovación es útil para describir las instituciones y los lazos que se establecen entre los diferentes actores que participan en los procesos de innovación.

Existen muchas definiciones que buscan delimitar lo que es un sistema de innovación. Sin embargo, de una manera muy simple, se puede decir que un sistema de innovación comprende a todas las instituciones establecidas encargadas o relacionadas a los procesos de innovación, así como a su sistema de producción subyacente (Edquist & Johnson, 1997). Igualmente, se puede decir que un sistema de innovación es el conjunto de instituciones e interrelaciones que permiten producir, difundir y adaptar nuevos conocimientos tecnológicos, ya sean empresas, universidades o agencias gubernamentales donde las interrelaciones que se establecen comprenden a los flujos de conocimientos tecnológicos, recursos financieros y humanos (conocimiento tácito y *know-how*), así como a las relaciones regulatorias y comerciales (Niosi, 2002).

En este sentido, se puede entender que las instituciones que conforman un sistema de innovación son un conjunto de hábitos, rutinas, reglas, normas y leyes que regulan las relaciones entre personas y dan forma a las interacciones sociales (Johnson, 1992). Estas instituciones comprenden a las empresas privadas, universidades, gobiernos y otras agencias gubernamentales que establecen flujos y lazos, tales como flujos entre organizaciones gubernamentales y privadas, flujos humanos entre universidades, empresas y agencias públicas gubernamentales, regulaciones que emanan de estas agencias con miras a fomentar los procesos de innovación en las organizaciones, así como los flujos de conocimientos científicos y

tecnológicos (externalidades) que se generan entre estas instituciones (Niosi, 2002). En este sentido, los sistemas de innovación pueden ser vistos a nivel industrial, local, regional, nacional o internacional.

Un sistema de innovación incluye a todas las organizaciones e instituciones involucradas en la búsqueda y explotación de nuevos conocimientos con el fin de incrementar la competitividad de las empresas en una economía. De esta forma, el análisis de las políticas de ciencia y tecnología desde la perspectiva de los sistemas de innovación provee un marco conceptual adecuado para integrar instituciones claves en la generación de la ciencia y la tecnología con aspectos del desarrollo económico (Niosi, 2008).

Para el caso de México, la primera tarea que se nos presenta es delimitar los límites del sistema de innovación en el que se inscriben los diferentes actores y las acciones que de ellos se derivan en la generación y el uso de la ciencia y la tecnología como factor clave para incrementar la competitividad de las empresas. Por su parte, en el caso de Michoacán, esta tarea se vuelve apremiante, ya que existe la necesidad de delimitar el alcance que tienen las acciones de las universidades, empresas y agencias gubernamentales del estado, así como también cómo otros agentes fuera del estado influyen en la generación y el uso de la ciencia y la tecnología en los procesos de innovación. Desde esta perspectiva, cada uno de estos actores puede ser analizado tomando en cuenta el rol que juegan en la generación y uso de la ciencia y la tecnología con el fin de alcanzar mayores niveles de desarrollo económico y niveles de bienestar para la población.

Desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, el análisis de los sistemas de innovación permite observar las articulaciones entre las competencias y las capacidades como atributos de las empresas que se encuentran dentro de este sistema, y que conforma y constituye un sistema de innovación (Stamboulis, 2007). La dinámica de sistemas permite analizar el comportamiento de los agentes que conforman un sistema de innovación tomando en cuenta sus orientaciones estratégicas, así como los mecanismos subyacentes que conducen sus acciones de manera individual y que gobiernan sus interacciones con otros actores (Stamboulis, 2007).

## **2. Metodología**

Las técnicas de modelización en economía y negocios han evolucionado constantemente durante los últimos años en la medida en que han tenido que enfrentarse a nuevos problemas teóricos y empíricos (Cloutier & Rowley, 2000). Una razón importante que explica esta evolución radica en la falta de respuestas a preguntas fundamentales que surgen a partir de las interacciones que se establecen entre las varias disciplinas que conforman las ciencias sociales (Forrester, 1975). Desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, la complejidad es un rasgo

que caracteriza a las organizaciones (sistemas) de hoy en día. En este sentido, a diferencia de otros métodos de investigación utilizados en las ciencias sociales, la dinámica de sistemas entiende que la complejidad es ante todo un conjunto de interacciones y efectos colaterales que se retroalimentan entre sí, haciendo los métodos experimentales comúnmente utilizados en las ciencias sociales menos flexibles (Cloutier & Rowley, 2000).

La dinámica de sistemas se perfila entonces como un método adecuado para tratar con una gran parte de los problemas que se analizan las ciencias sociales y de gestión. Los modelos que se construyen bajo este enfoque toman en cuenta un gran rango de fuentes de información, así como los modelos mentales que perciben los tomadores de decisiones cuando intentan conocer la forma en que un sistema puede cambiar.

Los modelos que se construyen bajo el enfoque que la dinámica de sistemas pueden ser entendidos entonces como sistemas complejos con un alto grado de incertidumbre. En la práctica, estos rasgos que caracterizan a estos modelos significan que son sistemas en constante evolución y en desequilibrio, no lineales, históricamente dependientes, autoregulables, adaptativos y contraintuitivos, y caracterizados por ser resistentes a las políticas que se implementa en ellos.

En la construcción de estos modelos, deben tomarse en cuenta cuatro elementos básicos (Forrester, 1975; Wolstenholme, 1993): 1) circuitos de retroalimentación, 2) una estructura conformada por flujos y stocks (variables de nivel), 3) retardos en el tiempo y 4) no linealidades. Estas cuatro características significan que estos modelos son sistemas complejos de multicircuitos interconectados con una estructura que se refuerza a partir de múltiples retroalimentaciones (Forrester, 1994). En términos estratégicos, estas características significan que síntomas, acciones y soluciones no permanecen aislados como procesos lineales de causa-efecto.

Elementos básicos en la modelización de un fenómeno bajo la perspectiva de la dinámica de sistemas son los circuitos de retroalimentación (*feedback loop*). Un circuito de retroalimentación es una secuencia cerrada de causas y efectos (Richardson & Pugh, 1981). Existen dos tipos de circuitos de retroalimentación: positivos y negativos. Un circuito de retroalimentación positivo es aquel que puede explicarse a partir de un cambio que se refuerza a sí mismo con un cambio mayor, mientras que un circuito negativo es aquel que simplemente persigue un objetivo (Kirkwood, 1998).

### **3. Modelo de Ciencia y Tecnología**

El modelo de simulación que se presenta en este documento se construyó desde la perspectiva de la dinámica de sistemas y los sistemas de innovación. Aunque es difícil hablar de un sistema

regional de innovación en el caso de Michoacán, sí podemos ver a las interrelaciones que se establecen entre los diferentes actores que generan y utilizan el conocimiento científico y tecnológico como parte de un sistema de innovación. Este enfoque permite entonces analizar de manera precisa las acciones y los flujos de información y conocimientos que generan las universidades, las agencias gubernamentales y las empresas que conforman un sistema de innovación.

Desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, se destaca el rol que juega la articulación competencias y capacidades como atributos de las empresas que se encuentran dentro de este sistema que conforma y constituye a este sistema (Stamboulis, 2007). La dinámica de sistemas permite analizar el comportamiento de estos agentes tomando en cuenta su orientación estratégica, así como los mecanismos subyacentes que conducen sus acciones de manera individual y que gobiernan sus interacciones con otros actores (Niosi, 2002; Stamboulis, 2007). En efecto, este enfoque nos permite distinguir las diferencias que existen entre los actores involucrados en términos de su orientación estratégica y de los mecanismos subyacentes que conducen las acciones individuales que gobiernan sus interacciones con otros agentes dentro del sistema (Stamboulis, 2007). De esta manera, un modelo de simulación que se construya desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, debe contener una serie de circuitos cerrados de retroalimentación entre causas y efectos (trayectoria cerrada de acciones e información) que expliquen la forma en que se interrelacionan los actores, así como la naturaleza de esas interrelaciones.

Existen dos tipos de circuitos: circuitos positivos o de reforzamiento y circuitos negativos o de balance. Los circuitos de reforzamiento pueden ser entendidos como un cambio que se refuerza generando mayores cambios, mientras que un circuito de balance debe ser entendido como una fuerza que busca un objetivo (Kirkwood, 1998).

Una forma de analizar estas acciones y flujos es a través de un diagrama de influencia. El diagrama de influencia que caracteriza la generación y el uso de ciencia y tecnología en Michoacán contienen dieciocho circuitos positivos o de reforzamiento y tres circuitos negativos o de balance (Figura 1). El circuito R1 explica cómo el gasto en investigación en ciencia básica que realizan las universidades, genera resultados de investigación después de un rezago. En el modelo se asume que este rezago es en promedio de dos años. Una vez que se han obtenido resultados de investigación en ciencia básica, éstos pueden ser publicados en revistas académicas especializadas o bien transferidos para ser desarrollados como investigación aplicada. Cuando los resultados de investigación en ciencia básica son publicados en revistas especializadas, impacta positivamente el presupuesto estatal que se otorga para proyectos de este tipo, generando mayor gasto en investigación en ciencia básica. El circuito R2 se explica

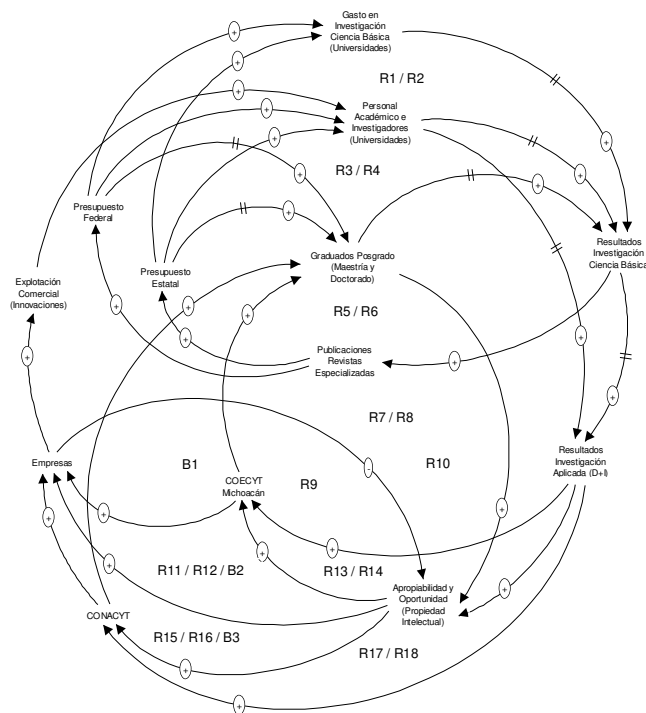
bajo la misma lógica que el circuito R1, pero enfatizando el impacto positivo que tienen los resultados en ciencia básica que son publicados en revistas especializadas sobre el presupuesto federal que se otorga para financiar nuevos proyectos de investigación en ciencia básica.

El circuito R3 explica cómo el personal académico e investigadores en las universidades que se involucran en la obtención de los resultados en ciencia básica desarrollan investigación aplicada con un cierto rezago para la obtención de esos resultados. En este circuito, cuando los resultados en investigación aplicada son prometedores en términos de oportunidad y apropiabilidad, el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) los evalúa para su explotación comercial, significando nuevos apoyos para el personal académico e investigadores en las universidades involucradas. Al igual que el circuito R3, el circuito R4 explica el involucramiento directo que pueden tener los investigadores y académicos en las universidades para la obtención resultados de investigación aplicada.

Los circuitos R5, al igual que en el caso de los circuitos R3 y R4 reflejan la relación que existe entre resultados de investigación en ciencia básica y resultados de investigación aplicada pero haciendo uso de los alumnos graduados en programas de doctorado y maestría. La lógica del circuito R5 dice que cuando se involucra un mayor número de estudiantes de posgrado (graduados) en la generación de resultados de investigación básica, mayor también serán los resultados en investigación aplicada y, por tanto, mayor también el número de apoyos gubernamentales como los que otorga el Coecyt. Este circuito contiene dos rezagos en el tiempo: el tiempo promedio que se demora en obtenerse resultados en investigación básica (dos años) más el tiempo promedio que se tarda en obtener resultados en investigación aplicada (un año).



**Figura 1. Diagrama de Influencia: Generación y Uso de la Ciencia y la Tecnología en Michoacán**



Fuente: Elaboración propia

El circuito R6 explica cómo se pueden involucrar los estudiantes de postgrado en la publicación de resultados de investigación básica. Un rasgo importante en este circuito es que cuando la productividad académica de los estudiantes de postgrado se incrementa, también serán mayores los incentivos que se generan para ellos a partir de agencias gubernamentales como el COECYT, pero con un rezago en el tiempo.

Los circuitos R7 y R8 muestran la inclusión de los estudiantes de postgrado en los procesos proyectos de investigación con un alto grado de oportunidad y apropiabilidad. Estos circuitos expresan la inclusión de graduados en proyectos que favorecen a las empresas que adoptan nuevas tecnologías provenientes o generadas en las universidades. El circuito R7 recoge la idea de que los procesos de evaluación de los proyectos de investigación en ciencia aplicada con un alto grado de oportunidad y apropiabilidad pasan por el COECYT como oficina gubernamental impulsora de los procesos de innovación, mientras que el circuito R8 recoge esta misma idea en relación a este tipo de proyectos que pasan por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) oficina federal impulsora de los procesos de innovación en las empresas del estado.

De la misma forma que los circuitos R7 y R8, el circuito R10 toma en cuenta el hecho de que muchos resultados de los proyectos de ciencia aplicada pasan a ser innovaciones generadas a partir de programas de investigación (resultados de investigación ciencia básica) que surgen por iniciativas provenientes desde el mismo sector empresarial. Este circuito refleja la relación cada vez más cercana entre universidades e industria, y el hecho de que los flujos de conocimiento entre estos dos actores pueden ir en ambos sentidos.

El circuito R11 y R12 amplían los conceptos anteriores en el sentido de que una vez que un resultado de investigación básica genera resultados de investigación aplicada, las empresas los toman con el fin de realizar nuevas innovaciones para su explotación comercial, generando incentivos para el personal académico e investigadores en las universidades. Este proceso puede ir directamente del personal académico e investigadores hacia resultados de investigación aplicada, circuito R11, o pasando por investigación aplicada, circuito R12. En ambos casos existe un rezago en la generación de resultados de ciencia básica, ciencia aplicada o ciencia básica a ciencia aplicada.

La misma relación que existe entre personal académico e investigadores, resultados de investigación ciencia básica, resultados investigación ciencia aplicada, oportunidad y apropiabilidad, empresa, explotación comercial y personal académico e investigadores, también puede ser mediada a través de oficinas gubernamentales interesadas en acelerar estos procesos con el fin de generar un mayor número de innovaciones para el mercado. Este es el caso del circuito R13 y R14 cuando tomamos en cuenta al COECYT.

De la misma forma, los circuitos R15 y R16 reflejan los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria a través de la explotación comercial de innovaciones, apoyos al personal académico e investigadores, resultados de investigación básica y/o resultados de investigación aplicada, evaluación del grado de oportunidad y apropiabilidad de manera directa. Por su parte, los circuitos R17 y R18 reflejan estas mismas relaciones pero a través del CONACYT que genera los incentivos para impulsar los procesos de innovación y comercialización de ciencia y tecnología.

El circuito de balance B1 muestra la idea de que cuando una innovación no está lista para el mercado, las empresas reevalúan por un mayor grado de apropiabilidad. La generación y el uso de alguna forma de propiedad intelectual como el uso de patentes juegan un papel central en esta etapa. En la práctica y para el caso de algunas industrias, el uso de la propiedad intelectual se vuelve un mecanismo a través del cual una empresa obtiene rentas económicas, lo que le garantiza recuperar los costos en que incurre cuando desarrolla nuevas tecnologías. Muchas veces, este proceso pasa por el apoyo de algunas oficinas gubernamentales que facilitan la transferencia de tecnología desde las universidades a la industria, como es el caso del COECYT.

En otros casos, la transferencia de tecnología pasa de manera directa de las universidades a la industria. En estos casos, también se pueden dar procesos de reevaluación del grado de apropiabilidad de nuevas tecnologías. Este es lo que explica el circuito B2 que en esencia explica los mismos procesos que el circuito B1, pero sin que medie ninguna agencia gubernamental. En el caso del circuito B3, se recoge la misma idea que en el caso del circuito B1, pero en este caso la agencia gubernamental involucrada en el proceso de revaloración del grado de apropiabilidad pasa a través del CONACYT.

El modelo que se desarrolló a partir de este diagrama de influencia se compone de 111 variables: 21 variables de nivel o stocks, 56 variables de flujo (incluidas 29 tasas de variación) y 34 parámetros. Las variables de nivel y flujo nos permiten generar un conjunto de indicadores en relación al quehacer tecnológico y científico que realizan las universidades, empresas y gobierno del estado de Michoacán cuando se involucran en los procesos de generación y transferencia de tecnología como parte de un sistema de innovación.

#### 4. Resultados

Los indicadores más importantes que se generan y a partir de los cuales se validó y calibró el modelo son: (1) publicaciones, (2) número de investigadores, (3) número de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), (4) relación SNI/número de investigadores, (5) presupuesto por investigador, (6) resultados investigación básica, (7) número total de citas, (8) promedio citas por investigador, (9) proyectos investigación y desarrollo, (10) proyectos innovación y (11) proyectos evaluados con un alto grado de oportunidad y apropiabilidad. Los resultados de estos indicadores para los años 2008, 2010 y 2015 se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Indicadores de Ciencia y Tecnología en Michoacán**

Año	Publicaciones	Núm. Invest.	SIN	SNI/Invest	Presp./Invest(000)	Invest. Básica	Invest Aplicada	Innov	Uso Comer	Citas Totales	Citas Prom.
2008	95	508	413	0.812	113	236	31	19	2	291	3.08
2010	151	517	437	0.845	116	260	43	29	5	416	2.75
2015	243	539	504	0.934	125	391	73	44	8	689	2.84

Fuente: Propia

Para obtener estos resultados, el modelo se calibró utilizando los valores de los parámetros que se derivan de la información que se obtuvo de diferentes fuentes, entre las que destacan las siguientes: CONACYT, Gobierno del estado de Michoacán, SEP, entre otras.

Estos resultados muestran los resultados obtenidos en el proceso de generación y uso de la ciencia y la tecnología en Michoacán bajo las actuales condiciones con proyecciones para los años 2008, 2010 y 2015. Como se puede observar, el comportamiento de publicaciones, número de investigadores, SNIs, SNI/Investigador, presupuesto/investigador e investigación básica muestran una tendencia ascendente. Sin embargo, el número de innovaciones que se derivan de los proyectos de investigación aplicada son mucho menores, al igual que los proyectos que se aprovechan para su explotación comercial en el mercado. En relación a citas totales, este indicador es creciente, mientras que el indicador de citas promedio muestra un comportamiento a la baja.

## **5. Conclusiones**

Hoy en día es importante mantener vínculos estrechos entre el sistema educativo y la capacidad innovadora de las economías. El objetivo principal de los sistemas de innovación es apoyar a la investigación y el desarrollo tecnológico, promoviendo la participación de los tres actores que los conforman: universidades, agencias gubernamentales y empresas.

La problemática de la ciencia y la tecnología en Michoacán es de carácter multidimensional, debido a la diversidad de factores que inciden en ella, tales como, recursos humanos, recursos financieros, infraestructura, difusión, divulgación e innovación. El modelo de simulación que se presentó en este artículo constituye un instrumento que permite evaluar políticas públicas alternativas para el fomento de la ciencia y la tecnología. Los elementos que pueden conducir a estrategias dirigidas a la promoción y consolidación de un sistema de innovación son: (1) el establecimiento de aspectos regulatorios orientados a la gestión y promoción de la generación de la ciencia y su aplicación, (2) la gestión de un sistema estatal articulado e integrado entre la ciencia y la tecnología con los sectores empresarial, gubernamental y académico, (3) el fomento a la formación de recursos humanos altamente calificados y con aptitudes innovadoras y emprendedoras y (4) la promoción de un entorno cultural que fomente, valore e incentive la ciencia y la tecnología. Todo ello, teniendo como prioridad la competitividad, el bienestar social y el desarrollo del estado de Michoacán.

## Referencias

- Asheim, B.T., & Coenen, L. (2006). Contextualising regional innovation systems in a globalising learning economy: On knowledge bases and institutional frameworks. *Journal of Technology Transfer*, 31, 163-173.
- Cloutier, L.M., & Rowley, R. (2000). The Emergence of Simulation in Economic Theorizing and Challenges to Methodological Standards. Working Paper. Centre de Recherche en Gestion, UQÀM.
- Cook, P. (2001). Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, 10, 945-974.
- Cook, P. (2008). Regional innovation systems: Origin of the species. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 1, 393-409.
- Edquist, C., & Johnson, B. (1997). Institutions and organizations in systems of innovation. En: C. Edquist (Ed.), *System of Innovations*. Printer: Londres.
- Forrester, J.W. (1975). A national model for understanding social and economic change. *Simulation*, 24.
- Forrester, J.W. (1994). Policies, Decisions, and Information Sources for Modeling. En Morecroft J. D. W., Sterman J. D. (eds.), *Modeling for Learning Organizations*. Portland: Productivity Press.
- Johnson, B. (1992). Institutional learning. En: Lundvall B.A. (Ed.) *National Systems of Innovations*. Londres: Printer.
- Kayal, A.A. (2008). National innovation systems a proposed framework for developing countries. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 8, 74-86.
- Kirkwood, C. W. (1998). System Dynamics Methods: A Quick Introduction. Working Paper. College of Business. Arizona State University.
- Niosi, J. (2002). National systems of innovation are “x-efficient” (and x-effective): Why some are slow learners. *Research Policy*, 31, 291-302.
- Niosi, J. (2008). Technology, development and innovation systems: An introduction. *Journal of Development Studies*, 44, 613-621.
- Richardson, G.P., & Pugh, L. (1981). *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*. Cambridge: Productivity Press.
- Solleiro, J.L., & Castañón, R. (2005). Competitiveness and innovation systems: The challenges for Mexico’s insertion in the global context. *Technovation*, 25, 1059-1070.
- Stamboulis, Y.A. (2007). Towards a system approach to innovation systems and policy. *International Journal of Technology and Globalization*, 3, 42-55.

Wolstenholme, E.F. (1993). *The Evolution of Management Information Systems: A Dynamic and Holistic Approach*. Toronto: Wiley Sons.