

# APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE LA MODELACIÓN BASADA EN EL AGENTE EN LA INCUBACIÓN DE REDES DE INNOVACIÓN COOPERATIVA

---

HELUE ISABEL DE LA BARRERA GÓMEZ

Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Saltillo

ALENA URDIALES KALINCHUK

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco

GABRIEL MENDOZA SANTILLÁN

Facultad de Sistemas, Universidad Autónoma de Coahuila

**RESUMEN:** El presente estudio de caso fue realizado dentro del proyecto “Incubación de Redes de Práctica para la Innovación Cooperativa”, realizado por el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. (CIATEJ) y bajo el soporte financiero del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Coahuila. Fue asesorado por el director técnico del proyecto el Dr. Enrique Campos López del CIATEJ y el M.C. Gabriel Mendoza Santillán de la Facultad de Sistemas de la Universidad Autónoma de Coahuila; para apoyar el aprendizaje en los procesos del proyecto y para obtener el grado de Maestría en Informática.

El trabajo se desarrolló en dos etapas, 1) involucrarse en los procesos del proyecto, conocer la organización de las redes de innovación del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) Coahuila, las redes de práctica del proyecto Espora, indagar sobre

la técnica del modelado basado en el agente (MBA), su aplicación, las herramientas y recursos necesarios para la implementación del modelo en computadora; 2) desarrollo del modelo de simulación por computadora en forma incremental, programando en NetLogo, considerando elementos de proximidad cognitiva, social y funcional

El modelo de naturaleza descriptiva, es una representación gráfica dinámica del proceso de incubación de las redes de práctica y las redes de innovación en el Estado de Coahuila.

Un proyecto interdisciplinario que suma interacciones activas entre instituciones reguladoras, sector productivo, instituciones de educación superior y centros de investigación, en vías de la sociedad del conocimiento.

**PALABRAS CLAVE:** Investigación, Innovación, México, MBA, Sociedad del Conocimiento.

## Introducción

### Espora

El Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología en Coahuila (COECYT), ha realizado un esfuerzo por formar las Redes de Innovación Cooperativa Coahuila (RICC), que es un pro-

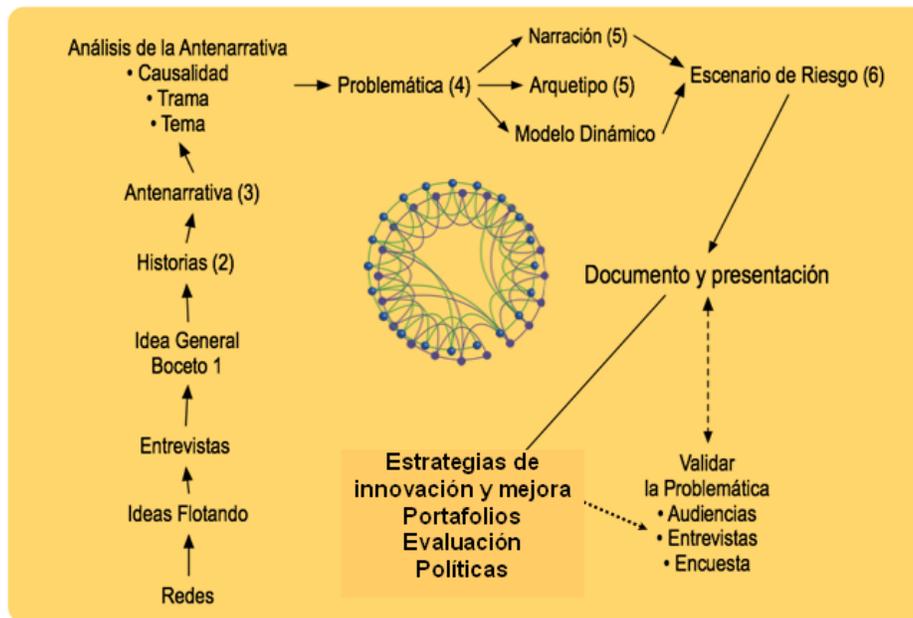
yecto que pretende impulsar la creación de un sistema de innovación en esta entidad federativa basado en la cooperación, interacción e intercambio de experiencias, conocimientos, tecnologías, entre otros. Con este esfuerzo se han formado redes en nueve áreas temáticas de interés para la región, algunas referentes a: Energías Renovables, Tecnologías de Información y Comunicación, Agroindustria y Alimentos, Vivienda Sustentable, Industria, Agua y Recursos Ambientales, además de contar con redes en formación.

La cultura de trabajo en México tiende a lo individual, y lograr la colaboración es realmente un reto. Durante el presente estudio de caso, se ha podido percibir la necesidad de implementar estrategias adicionales, para potenciar la colaboración en las redes, y con esto pasar de un modelo de redes por política a un modelo de redes por interacciones de los individuos, mediante un proceso de concientización y formación a partir de las ventajas que ofrece una cultura de colaboración.

El proyecto Espora<sup>1</sup> (Campos y Urdiales, 2009) es un proyecto de investigación desarrollado en el marco de Fondos Mixtos, de manera coordinada y con apoyos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) del estado de Coahuila y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ).

En este proyecto Espora, se propician vivencias en miembros de la sociedad de Coahuila, en un proceso de identificación de problemáticas regionales y el diseño de estrategias para innovarlas; mediante el desarrollo de prácticas cooperativas en un lapso de tiempo relativamente corto.

En el proyecto Espora: “Incubación de Redes de Práctica para la Innovación Cooperativa” (Incubación de RPIC), se trabaja con miembros de las redes de innovación del COECYT de Coahuila y se integran algunos otros miembros de redes en desarrollo. En general una comunidad de empresarios, científicos, académicos y representantes del sector gubernamental, quienes de manera voluntaria intercambian experiencias y conocimiento en una práctica guiada a través de una metodología (ver Figura 1) que promueve la cooperación y el aprendizaje entre quienes participan, con la finalidad de definir y dar a conocer situaciones de riesgo en la región, con la intención de percibir e influir en el comportamiento social y la toma de decisiones.



**Figura 1 – Metodología<sup>2</sup>**

Entre lo que se pretende con este proyecto, por una parte está la práctica que desarrollen los participantes a través de una metodología que los estimule a la aplicación del pensamiento sistémico, la cooperación y la comunicación, para la identificación de una problemática y la elaboración de propuestas de innovación. Por otra parte se pretende documentar la experiencia para poder entender y generar aprendizaje que coadyuve a los objetivos de las redes de práctica para la innovación cooperativa, en el presente y el futuro; tanto como difundir los resultados entre grupos clave de la sociedad para sensibilizar a la población de la región sobre las problemáticas abordadas.

La dinámica de sistemas y el modelado basado en el agente (MBA<sup>3</sup>) son técnicas de modelado que permiten representar el comportamiento del sistema (Incubación de Redes de Práctica de Innovación Cooperativa) desde dos perspectivas opuestas y complementarias; la dinámica de sistemas que se enfoca en la visión global e integrada del sistema modelado, mientras que el MBA parte del comportamiento individual y las emergencias que se producen cuando los individuos interactúan en un contexto común.

### Metodología de simulación

Este estudio de caso: “Aplicación de la técnica de la modelación basada en el agente (MBA) en la Incubación de Redes de Innovación”, consiste en investigar y estudiar la técnica de el Modelado Basado en el Agente, identificando en qué consiste, cómo se lleva

a cabo, cuáles son sus campos de aplicación y determinar la viabilidad de emplearle en el modelado del proceso de Incubación de Redes de Innovación Cooperativa. Para lo que es necesario conocer, estudiar y entender el proceso de incubación de redes que se desarrolla en el proyecto Espora; de tal forma que sea posible definir un modelo basado en el agente para dicho proceso.

A partir de la aplicabilidad del modelo en el proceso de incubación de Redes de Práctica de Innovación Cooperativa, se pretende obtener una simulación por computadora que mediante la Modelación Basada en el Agente, permita conocer comportamientos emergentes, y la utilidad del modelo, como resultado del proceso de investigación y del desarrollo del proyecto Espora.

Cada persona tiene intereses y metas propias respecto a su participación en la red a la que pertenece, esto genera diversos tipos de operación y prácticas en las distintas redes, en sus actividades auto controladas, así como en su integración y aportación al proyecto Espora, donde aprenden técnicas de comunicación, se motivan, plantean sus inquietudes, avances, logros y debilidades, lo que a su vez propicia la difusión de experiencias, conocimientos y genera aprendizaje entre redes.

Ha quedado de manifiesto para los distintos miembros de la comunidad que participan en las redes, tanto como para quienes participan en el proyecto Espora, que hay múltiples formas de hacer las cosas y las condiciones y circunstancias propias de cada red son particulares. Pero en todos los casos se valora el espacio para el aprendizaje, la colaboración y la cooperación propiciado por el proyecto de incubación.

Es trivial escuchar de los mismos participantes, que los miembros que conforman las redes y su naturaleza, características, perfiles, estilos, así como necesidades, intereses propios, hacen tan peculiar el comportamiento de cada red y que no es posible establecer un estándar para todas las redes. Esto hace relevante el objeto de la presente investigación, puesto que en primer lugar queda de manifiesto que estamos frente a un sistema complejo, y en segundo lugar que los comportamientos de las redes son resultado de los comportamientos individuales de sus miembros; justo el planteamiento del modelado basado en el agente, en el que cada agente tiene sus propias metas e intereses, tiene su propia forma de tomar decisiones, de ajustar las decisiones que toma en función de su impacto en el entorno, así como en reacción a los cambios producidos por el entorno,

dadas las interacciones de los distintos agentes con otros agentes, y las interacciones de los agentes con el entorno.

## Conceptos

### Modelado Basado en el Agente

En el MBA los componentes básicos (agentes) del sistema real y sus interacciones están explícita e individualmente representados en el modelo. Cada agente tiene sus propias metas y objetivos. Los sistemas de redes sociales de interacción están influenciados por diversos factores, además del espacio físico y no están necesariamente estructurados espacialmente (Izquierdo, 2008).

Los modelos basados en el agente se usan para investigar comportamientos como: las bases del liderazgo, las implicaciones de cambios ambientales en las organizaciones, sistemas de redes sociales, estratificación de población por niveles de educación o por rasgos étnicos, entre otros (Gilbert, 2004, Izquierdo 2008, Millington 2008).

El MBA presenta ventajas en la modelación del proceso de incubación de redes de innovación cooperativa, debido a que comparte características de la categoría de redes sociales y redes de innovación (Gilbert, 2001), categorías en las que existen algunos modelos desarrollados con el MBA, que demuestran su aplicabilidad. El aspecto importante estará en delimitar con claridad el sistema real, así como la pregunta de investigación.

La teoría de la complejidad implica el estudio de muchos actores o agentes y sus interacciones. Este tipo de estudios son difíciles para una solución matemática, por lo que la principal herramienta de investigación es la simulación por computadora. Un agente puede representar un átomo, un pescado, una persona, un departamento, una organización, un cliente, una nación, o cualquier otra entidad identificada en el sistema real que posea características que le distingan de los demás, además implica un comportamiento, en base a sus propias reglas y metas. Las interacciones pueden consistir en atracción, combate, comunicación, comercio, asociación o rivalidad, entre los agentes de un sistema modelado (Axelrod, 1997).

### Concepto de campo

En el proyecto Espora, el desarrollo del modelo estuvo asociado al concepto de campo de aprendizaje. Éste se refiere un lugar o espacio (ya sea físico, virtual o dentro de las es-

estructuras cognitivas de las personas, como ideas, ideales o experiencias compartidas) incorporado por los estudiosos del aprendizaje organizacional. Un campo de aprendizaje otorga una plataforma para asesorar la creación de conocimiento individual o colectivo. Así Ikujiro Nonaka refiere a los campos de aprendizaje como Ba –que viene del japonés y significa ‘el lugar’-, este concepto fue propuesto por Kitaro Nishida, un filósofo japonés del siglo XX. El conocimiento debe gestionarse para propiciar la innovación y existen modelos de gestión del conocimiento, entre los cuales se encuentra el modelo de conversión del conocimiento propuesto por Nonaka y Takeuchi; en este se describen cuatro campos (Ba) que posibilitan la interacción entre las distintas categorías o tipos de conocimiento para generar mayor conocimiento individual y colectivo. Estas relaciones se explican en la espiral del conocimiento (ver Figura 2).



Figura 2 – La espiral del conocimiento<sup>4</sup>

## Metodología

El desarrollo del presente modelo basado en el agente consiste en: asegurar y clarificar el objetivo del trabajo, diseñar la simulación (modelo estático), agregar dinámica al modelo, diseñar la interfaz del usuario y las pruebas (Gilbert, 2004; Izquierdo, 2008; Millington, 2008).

## Recolección de información

Se efectuó a través de varios métodos, y por parte de diversos miembros del equipo del proyecto: entrevistas cara a cara, grabaciones, registros electrónicos, filtrado mediante

herramientas computacionales para extraer datos relevantes del comportamiento, las reglas y metas de los miembros de las redes, publicados vía internet y enriquecidos por los participantes, observación y registro de formas de interactuar, colaborar, intercambiar y compartir.

### Pregunta de investigación

¿Cómo interactúan los agentes de las RPIC en el proceso de incubación, y cómo con sus interacciones se logra -o no- el objetivo de construir un sistema de conocimiento complejo alrededor de la Problemática-Innovación?

### Diseño de la simulación

Se identificaron los agentes del sistema y sus relaciones en un nivel general, esto se modeló en un diagrama que se puede observar en la Figura 3.

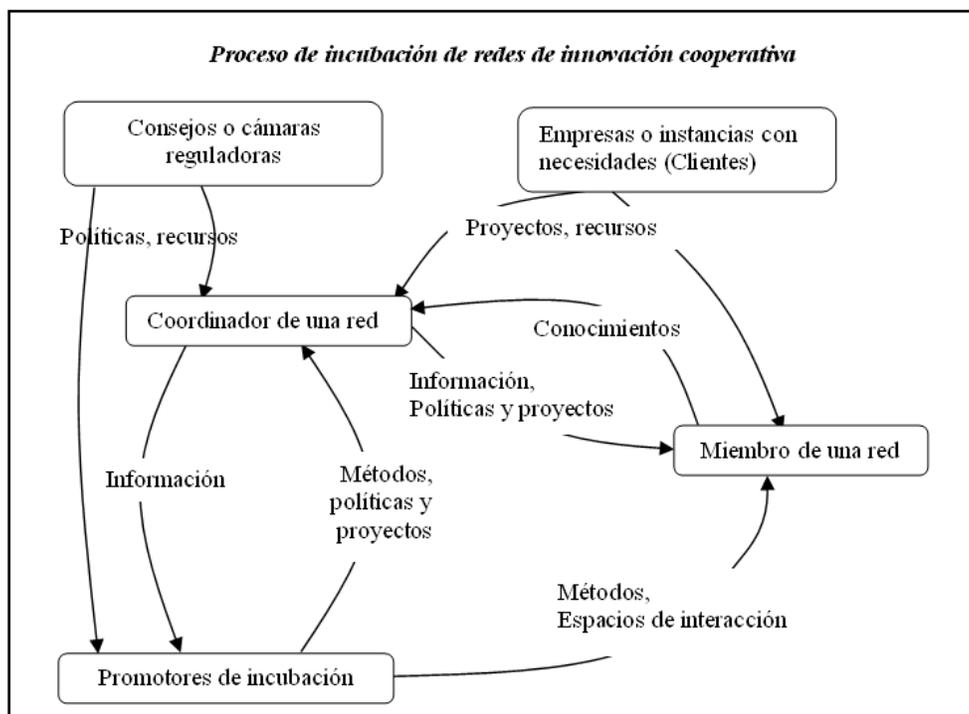


Figura 3 – Agentes y relaciones en el proceso de incubación de RPIC

La estructura de cada agente se genera a partir de sus atributos; los agentes -Regulador, Coordinador, Participante y Promotor-, poseen en lo individual y en conjunto un nivel de motivación o sinergia para movilizar los conocimientos hacia situaciones concretas de interés común. Mientras que los clientes, se manifiestan con un requerimiento que de-

manda ciertos niveles de sinergia para ser atendidos. Por otra parte los agentes Regulador, Coordinador, Participante y Cliente, tienen un atributo referido como arquetipo; el cual describe los rasgos del agente en términos de su conducta social. Este arquetipo es de utilidad también para definir lazos fuertes y débiles entre los agentes. De acuerdo a la siguiente matriz (ver Figura 4).

	(representante)	(mentor)	(aprendiz)	(vendedor)	socializador de	analizador acad	oportunista	buscador de alo	facilitador/r
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(representante)	1	3	1	1	2	1	2	1	2
(mentor)	2	1	2	3	1	2	2	1	2
(aprendiz)	3	1	3	2	2	3	2	1	3
(vendedor)	4	2	1	2	3	2	1	2	2
socializador del conocimien	5	1	2	3	2	3	2	2	3
analizador academico	6	1	2	2	1	2	2	1	3
oportunista	7	2	1	1	2	2	1	1	2
buscador de alojamiento (int	8	1	2	1	2	2	1	1	3
facilitador/integrador (su int	9	2	3	3	2	3	3	3	2

Figura 4 – Matriz de relaciones entre arquetipos<sup>5</sup>

### Agregación de la dinámica

Una vez que se tiene el diseño del modelo, entonces debemos agregar la dinámica, en función de las reglas condición-acción de los agentes entre sí y con el mundo del modelo.

### Diseño de la interfaz de usuario

El diseño de la interfaz de usuario es sin duda de extrema relevancia, pues por una parte permitirá manipular datos de entrada al modelo a través de variables en diversos formatos como botones, deslizadores, entre otros; así mismo, es el espacio donde el usuario podrá visualizar la simulación y los resultados que se generen de ésta. (Ver Figura 5).

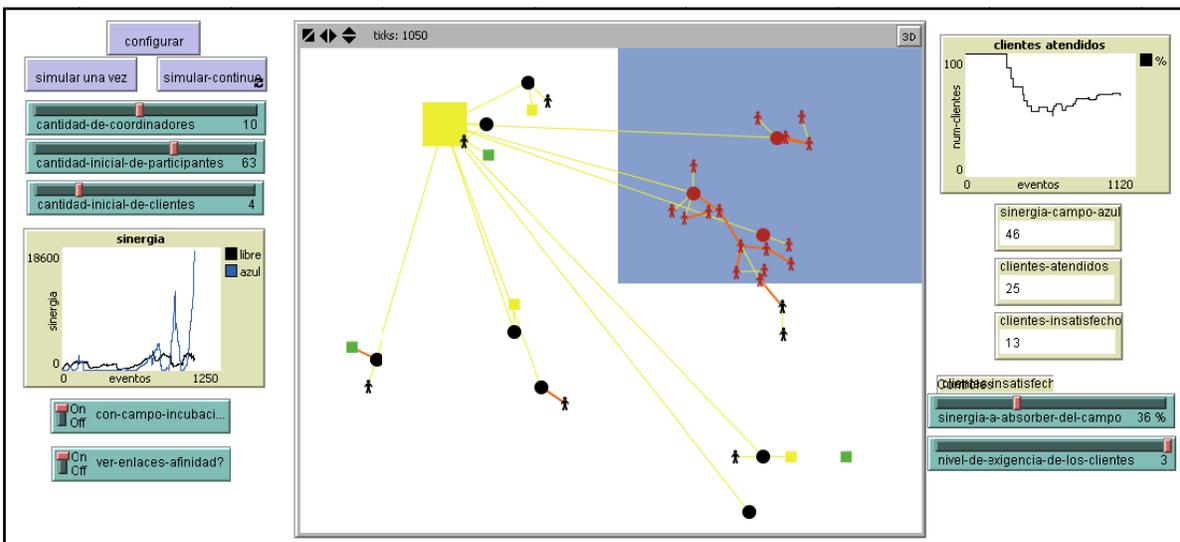


Figura 5 – Interfaz del modelo

## Resultados

Se obtuvo un modelo que muestra visual y dinámicamente, el comportamiento de los agentes en las redes de innovación del COECYT, así como el modo en que se involucran como redes de práctica a través del proyecto Espora, quedando de manifiesto que el proceso de incubación es pertinente y estimula el trabajo de las redes, al tiempo que provee las metodologías y elementos para la conversión del conocimiento y orientar a los miembros al manejo de problemáticas complejas de interés regional.

## Conclusiones y recomendaciones

En esta experiencia, uno de los aspectos más relevantes es la interacción entre diversas ciencias (como sociales y las computacionales), así mismo la diversidad de agentes (instituciones de gobierno, de investigación, de educación superior, sector productivo) donde los procesos de aprendizaje individuales y grupales se enriquecen, y se aumenta la posibilidad de abordar problemáticas complejas y se impulsa la innovación, mediante la facilitación de un espacio de práctica guiado y estimulador del espiral del aprendizaje.

Con esta experiencia me atrevo a señalar, que la investigación educativa, puede enriquecerse en la medida en que los investigadores conformen grupos interdisciplinarios que fortalezcan y potencien la innovación combinando las fortalezas de las distintas ciencias. Es frecuente encontrar que los actores de los distintos niveles educativos, son quienes conducen y desarrollan la investigación educativa en sus campos de acción, lo que les limita a un problema específico que les aqueja, sin visualizar problemáticas de mayor complejidad y con una visión más sistémica; que al integrarse en un grupo multidisciplinario permita innovar estrategias para, por ejemplo, las diversas temáticas enunciadas en este congreso. Así se podría aplicar la MBA en problemáticas en los distintos niveles educativos, que en conjunto con Sociólogos, Psicólogos, Pedagogos, Trabajadores Sociales, Profesores, los propios estudiantes y padres de familia, permitieran visualizar con mayor claridad el comportamiento de los sistemas e innovar estrategias de mejora, pero en un trabajo conjunto y colaborativo, más que subdividido por aéreas del conocimiento o niveles educativos.

## Notas

1. En base a información en la página del proyecto Espora (Campos y Urdiales, 2009), <http://www.innovacioncooperativa.com/Innovaci%C3%B3n/Home.html>.
2. Dr. Enrique Campos López, presentación Microsoft Power Point para la Conferencia 2010 - Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología REDNACECYT. Saltillo, Coahuila.
3. En inglés se le conoce como Agent Based Model, ABM.
4. Nonaka y Takeuchi (1999; 81)
5. Elaborada en reunión de trabajo del proyecto con el Dr. Enrique Campos López y de acuerdo con los arquetipos detectados en una red, por el M.C. Gabriel Mendoza Santillán, incluidos en el anexo A3 de este trabajo.

## Referencias

- AXELROD, Robert. (1997) The complexity of cooperation. Agent-Based Models of competition and collaboration. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 1997. ISBN 0-691-01567-8.
- CAMPOS LOPEZ, Enrique, URDIALES KALINCHUK, Alena (2009): « Proyecto Espora ». Pagina Web del proyecto Espora: Incubación de Redes de Práctica de Innovación Cooperativa. <<http://www.innovacioncooperativa.com>>.
- CAMPOS LOPEZ, Enrique, URDIALES KALINCHUK Alena, (2010), Modelo Espora, reporte final al Fomix Coahuila, Saltillo, Coahuila.
- GILBERT, N., PYKA, A., AHRWEILER, P. (2001): «Innovation Networks – A Simulation Approach». Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 4, no. 3 <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/4/3/8.html>>.
- GILBERT, N. (2004): «Agent-based social simulation: Dealing with complexity». Centre for Research on Social Simulation, University of Surrey.
- IZQUIERDO, L. R., GALÁN, J. M., SANTOS, J. I., OLMO, R. (2008): «Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas». Enviado a EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales. N.o 16, julio-diciembre, 2008, pp. 85-112. ISSN: 1139-5737.
- MILLINGTON, James, ROMERO-CALCERRADA, Raúl, WAINWRIGHT, John, PERRY, George (2008): « An Agent-Based Model of Mediterranean Agricultural Land-Use/Cover Change for Examining Wildfire Risk». Journal of Artificial Societies and Social Simulation Vol. 11, no. 4, 4, ISSN: 1460-7425. <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/4.html>>.
- NONAKA, Ikujiro, TAKEUCHI, Hirotaka. La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación, tr. Martin Hernandez Kocha, Oxford University Press, Mexico, 1999, 318 pp., Princeton, New Jersey. 1997. ISBN 0-691-01567-8.

## Agradecimientos

La tesis en que se sustenta esta ponencia se realizó con el apoyo del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ). Bajo la responsabilidad técnica del Dr. Enrique Campos López y con el soporte financiero del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT – Gobierno del Estado de Coahuila, en el proyecto Incubación de Redes de Práctica para la Innovación Cooperativa con clave COAH-2008-C07-93553.

Al FOMIX Coahuila y al COECYT de Coahuila por la beca otorgada.

---