Multinacionales y Capacidades de Innovación Tecnológica en la Industria de Software: Un Análisis Sistémico

MARÍA LUISA VILLALBA MORALES
Escuela de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional sede Medellín, malu25@gmail.com

JORGE ROBLEDO VELÁSQUEZ
Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, jrobledov@unal.edu.co

Resumen

El rol de las multinacionales en la industrialización de una economía receptora es un tema de amplio debate, sobre todo cuando se trata de un país en desarrollo y de sectores industriales de alto dinamismo tecnológico y potencial de crecimiento como el del software. El tema ha sido abordado desde diferentes enfoques, debido a la diversidad de aspectos en los cuales influye la actividad de las multinacionales (de tipo económico, social y tecnológico, principalmente). Sin embargo, el análisis de la literatura especializada revela una ausencia notable de propuestas para relacionar la actividad de las multinacionales del software y la acumulación de capacidades de innovación tecnológica en las economías receptoras de países en desarrollo, integrando en el análisis los diferentes factores que afectan la dinámica del fenómeno. Este trabajo busca hacer una contribución a la comprensión sistémica del comportamiento competitivo entre empresas nacionales y multinacionales, mediante una propuesta de modelo de simulación que toma como caso específico de análisis la acumulación de capacidades de innovación tecnológica en la industria colombiana de software. Para ello, se identifican aquellas variables y parámetros que representan los factores más significativos que gobiernan la dinámica de competencia y acumulación de capacidades de las empresas nacionales y las multinacionales. El fenómeno es analizado mediante escenarios de simulación del modelo, dando como resultado una mejor comprensión de la importancia de la acumulación de capacidades por parte de las empresas nacionales para asegurar su competitividad en un mercado en el cual también participan empresas multinacionales.

Palabras clave: Capacidades de innovación, multinacionales, industria del software, Dinámica de Sistemas, difusión competitiva, Colombia.

1. Introducción

La dinámica de crecimiento de la industria del software involucra múltiples agentes que se relacionan en sistemas de productivos y de innovación de múltiples características que la hacen compleja y de gran interés en los ámbitos industrial, político y académico. Una de tales características de esta industria es la necesidad de una constante innovación, que le permita garantizar su permanencia y crecimiento en el mercado internacional. Al respecto, Raffa & Zollo, en un estudio sobre la economía del software, concluyen que “las empresas que no son capaces de sostener niveles satisfactorios de capacidades de innovación en el tiempo muestran un débil desempeño en términos de competitividad y resultados económicos” (Raffa & Zollo, 1998, citado por Capaldo, Iandoli, Raffa, & Zollo, p. 343, traducción de los autores). Este

débil desempeño, en las actuales condiciones cambiantes del mercado, se vuelve una segura salida del mercado. En este sentido, la acumulación de capacidades de innovación ha venido tomando importancia, sobre todo para las pequeñas y medianas empresas de software que surgen en un contexto de economía en desarrollo y buscan ingresar tardíamente al mercado global (Arora & Gambardella, 2005).

Este reto que enfrentan las empresas nacionales de software se agudiza cuando intentan ingresar a un mercado donde las empresas multinacionales hacen parte de la competencia, en razón a los altos niveles de ventas y grandes inversiones en capacidades de innovación de estas últimas. Frente a este escenario de retos empresariales para las economías en desarrollo y alta complejidad de las dinámicas de crecimiento y competitividad, se evidencia en la literatura especializada una brecha de conocimiento que es preciso cerrar con una mayor comprensión de los factores que gobiernan el comportamiento del fenómeno. El presente trabajo busca hacer una contribución en este sentido, mediante una propuesta de modelo de simulación en Dinámica de Sistemas que aporte a la comprensión sistémica del comportamiento competitivo entre multinacionales y empresas nacionales de economías en desarrollo, tomando como caso de análisis la industria colombiana del software.

Para ello, el documento se estructura de la siguiente manera: la sección 2 define el marco conceptual y resume el estado del arte del conocimiento en materia de capacidades de innovación, el papel de las multinacionales y los modelos de simulación; la sección 3 hace una discusión sobre las dinámicas de la industria del software y las particularidades del caso colombiano; las secciones 4 y 5 presentan el modelo, con su respectiva verificación e implementación; por último, se analizan los resultados de la simulación de escenarios y se presentan las conclusiones.

2. Capacidades de Innovación, Multinacionales y Modelos de Simulación

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una revisión y análisis de la literatura en torno a tres temas principales: capacidades de innovación, multinacionales y modelos de simulación, buscando establecer un marco conceptual adecuado y el estado de desarrollo del conocimiento en la materia.

2.1. Capacidades de Innovación

El concepto de capacidad surge ante la necesidad de analizar la innovación en el contexto de las organizaciones que enfrentan escenarios competitivos. En ese sentido, existen diferentes enfoques y definiciones asociadas a este concepto, sobre el cual no hay posiciones completamente unificadas; no obstante, se puede reconstruir la evolución del concepto desde sus inicios en el trabajo de Lall (1992), quien afirmó que las capacidades son las habilidades y conocimientos necesarios para absorber efectivamente cierta información que permita mejorar y crear nuevas tecnologías.

En la literatura se encuentran múltiples definiciones sobre las capacidades en el contexto de las organizaciones, entre las cuales son relevantes para este trabajo las capacidades tecnológicas y las capacidades de innovación. Sin embargo, las relaciones entre ambos tipos de capacidades no son claras, distinguiéndose dos perspectivas divergentes. Por una parte, la perspectiva desarrollada con base en los trabajos pioneros de Lall, desde la cual las capacidades de innovación son una forma superior de capacidades tecnológicas. Por otra parte, la perspectiva construida sobre la visión basada en recursos, que desarrolla el concepto de

capacidades de innovación tecnológica, en el cual las capacidades tecnológicas aparecen implícitamente asociadas a las capacidades específicas de I+D y producción. A continuación se presentan las propuestas de algunos de los autores más relevantes en ambas perspectivas.

Bell & Pavitt (1995), en la perspectiva de Lall, definen las capacidades tecnológicas como el "conjunto de recursos requeridos para generar y administrar el cambio técnico, incluyendo las habilidades, conocimientos y experiencia, y las estructuras y vínculos institucionales" (Bell & Pavitt, 1995, p. 78, traducción de los autores).

En la perspectiva de los recursos (Grant, 1991), Guan & Ma (2003), Yam et al. (2004) y Wang, Lu, & Chen (2009) proponen clasificaciones y definiciones similares para medir y evaluar las capacidades de innovación tecnológica en diferentes sectores empresariales. Tales propuestas hacen posible identificar, agrupar y analizar el amplio número de factores y variables que los estudios de la innovación tecnológica asocian con su gestión exitosa. Con base en trabajos previos (ver Robledo, Gómez, & Restrepo, 2009; Aguirre & Robledo, 2010; Robledo, López, Zapata, & Pérez, 2010), Robledo & Pérez (2011) retoman las propuestas de los autores mencionados y hacen una síntesis de las principales categorías de capacidades de innovación tecnológica, redefiniéndolas con base en el concepto de capacidad organizacional propuesto por Renard & Saint-Amant (2003) como "la habilidad o aptitud de la organización para llevar a cabo sus actividades productivas de una manera eficiente y efectiva a través del despliegue, la combinación y la coordinación de recursos y competencias por medio de varios procesos de creación de valor, según los objetivos previamente definidos, es decir, asumiendo que el resultado es consistente con la intención original o todo cambio en esa intención" (p. 8, traducción de los autores).

En este sentido, se pueden conceptualizar las capacidades de innovación tecnológica como aquellas capacidades organizacionales sobre las que la organización hace posible el logro de sus objetivos estratégicos de innovación tecnológica, definiendo las capacidades específicas de innovación tecnológica como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Capacidades de innovación tecnológica

Direccionamiento estratégico	I+D	Producción	Mercadeo	Gestión de recursos
Capacidad de formular e implementar estrategias de innovación exitosas	Capacidad de introducir y desarrollar conocimiento para generar innovaciones	Capacidad de adaptar y transformar los sistemas productivos de la organización según las exigencias de innovación	Capacidad de introducir exitosamente las innovaciones al mercado	Capacidad de identificar, acceder y cultivar los recursos de la organización para la innovación

Fuente: Robledo & Pérez (2011), con base en Guan & Ma (2003), Yam et al. (2004) y Wang, Lu, & Chen (2009).

2.2. Multinacionales

Una multinacional, y de manera más específica, una filial, es una empresa establecida con capital extranjero en un determinado país, conocido como anfitrión o receptor; este tipo de organizaciones se caracteriza por presentar ventajas sobre las empresas nacionales, entre las que resaltan una mayor capacitación a sus trabajadores (Daveri, Manasse, & Serra, 2002) y salarios superiores a los ingenieros que en ella trabajan (Patibandla & Petersen, 2002; 2004). Estas empresas son atraídas principalmente por la disponibilidad de personal cualificado de bajo costo y por la proximidad del mercado destino (Arora, Gambardella, & Torrisi, 2001).

Los efectos que tienen las multinacionales en la industria receptora es un tema ampliamente discutido desde diferentes enfoques, debido a la diversidad de aspectos en los cuales influye (económico, social y tecnológico, principalmente), dando como resultado que las investigaciones se centren en aspectos aislados según el efecto particular analizado (Latorre et al., 2009). A esto se suma que no se ha llegado a conclusiones claras en cuanto a: cuáles son los beneficios de las multinacionales, cuáles son las condiciones que promueven la absorción y difusión de conocimientos producidos por las multinacionales y cuáles son las implicaciones para las políticas públicas (Giarratana et al., 2005). Sin embargo, diversos autores coinciden en la relación positiva entre la existencia de las multinacionales y el desarrollo económico. Este tema ha sido abordado desde estudios econométricos y estudio de caso y, más recientemente, desde el modelamiento y la simulación, lo cual permite la identificación de escenarios que posibilitan definir efectos reales o posibles (Latorre et al., 2009).

En un estudio empírico sobre el efecto de las multinacionales en el desarrollo de firmas nacionales, Görg & Strobl (2002) muestran que las primeras, a través de la creación de vínculos con proveedores locales, pueden ejercer efectos positivos en el desarrollo de las firmas nacionales.

Otros estudios buscan mostrar la relación existente entre las empresas multinacionales y la acumulación de capacidades de innovación. El trabajo de Costa & de Queiroz (2002), enfocado en el proceso de aprendizaje y acumulación de capacidades, explora el papel de las multinacionales como un agente central en el sistema de aprendizaje con miras a fortalecer las capacidades locales. Sus conclusiones muestran que la acumulación local de tecnología por parte de las multinacionales es relativamente moderada y que las empresas nacionales presentan debilidades en su aprendizaje tecnológico.

En el caso de la industria del software, Giarratana et al. (2005) parten de una revisión de estudios sobre la relación entre las multinacionales y el crecimiento de las economías receptoras, para afirmar que el efecto de estas empresas se manifiesta indirectamente en la productividad, la entrada de nuevas empresas y la supervivencia de las firmas nacionales. En particular, encuentran que a través de la movilización de personas que han trabajado en multinacionales hacia empresas nacionales, se transfieren conocimientos tecnológicos y se heredan capacidades de gestión general y de marketing.

Para el caso de la industria del software de la India, D'Costa (2002) afirma que, aunque ha presentado un extraordinario crecimiento en años recientes, se arriesga a un bloqueo generado por su dependencia de la exportación y por tener un solo mercado; este autor argumenta que las posibilidades de mantener el crecimiento están determinadas por la capacidad innovadora de las firmas. En este sentido, afirma que las multinacionales son actores principales del desarrollo de la industria y se hace imperativo examinar la capacidad de innovación que puedan inducir a través de su interacción con las empresas nacionales.

En conclusión, sobre las multinacionales y sus efectos en las empresas del país receptor, cuando éste es una economía en desarrollo, la literatura revela un campo de discusión activo que no arroja conclusiones definitivas. Si bien hay una tendencia a reconocer efectos positivos de las multinacionales sobre la creación de empresas, la generación de empleo y la acumulación de capacidades tecnológicas, quedan todavía dudas sobre las características particulares de estos efectos en la industria del software y sobre las condiciones que hacen que tales efectos realmente contribuyan al crecimiento sostenido de la industria nacional. El

análisis de los mecanismos sistémicos que podrían generar este tipo de dinámicas es un asunto pendiente que queda para un abordaje posterior. Por lo pronto, en este trabajo se estudia el efecto más directo y obvio que emerge de la concurrencia de las multinacionales y las empresas nacionales en una economía de mercado: la competencia por la preferencia de los consumidores.

2.3. Modelos de simulación

Entre los modelos más reportados en la literatura para analizar fenómenos de innovación se encuentran aquellos basados en el modelo de difusión de Bass (1969), quien supone una población de adoptadores potenciales, los cuales adquieren un producto en función de unos coeficientes de innovación e imitación que representan dinámicas particulares del comportamiento de los adoptadores. Este modelo ha sido la base de revisiones y mejoras por parte de múltiples autores, entre los que figuran Norton & Bass (1987), Milling & Maier (1996), Maier (1998) y Chanda & Bardhan (2008), quienes han sumado mejoras a dicho modelo en aspectos como las generaciones de productos, la sustitución de productos de distintas generaciones, la competencia entre proveedores, el tiempo de lanzamiento al mercado, el crecimiento del mercado potencial, las estrategias de precio, la inversión en I+D y la variación de los coeficientes de innovación e imitación.

Maier (1998), a través de un modelo de difusión tipo Bass, simula la dinámica competitiva de productos de distintas generaciones. Para cada producto define un conjunto de estrategias (representadas mediante variables como precio, calidad y publicidad, entre otras) que impactan de manera directa sobre la probabilidad de compra del respectivo producto. La probabilidad de compra se convierte en la variable que permite diferenciar el nivel de ventas de un producto. Estas ventas se distribuyen en el tiempo durante el ciclo de vida del producto, a medida que los *adoptadores potenciales* compran el producto y se convierten en *adoptadores*, proceso básico del fenómeno de difusión.

Los modelos de difusión competitiva representan el crecimiento de las ventas acumuladas en el tiempo de los productos que compiten en un mercado. Esta competencia se da en mercados acotados, cuya cota superior representa el *mercado potencial*. Sin embargo, esta cota puede ir aumentando en función de: a) un crecimiento natural de la población de potenciales adoptadores; b) la disminución del precio de los productos; y c) el lanzamiento de generaciones de productos que ofrecen nuevos atributos que satisfacen las necesidades y requerimientos de nuevos potenciales adoptadores.

Maier, en el trabajo citado, también introduce los siguientes componentes en su propuesta de modelo:

Competencia entre empresas: El modelo de Bass está diseñado para representar una dinámica monopolística (un único producto en el mercado), por lo cual no refleja los problemas causados por la competencia entre las empresas existentes y las que pueden llegar en el futuro. Maier introduce la competencia como el estado en el cual las empresas concurrentes compiten por un mismo mercado potencial, siendo la cuota de mercado de cada una función de un conjunto de variables entre las que sobresalen el precio, la compatibilidad (efectos secundarios de red), la promoción, el tiempo de lanzamiento y la inversión en I+D. Esta condición de competencia aplica al crecimiento de las industrias en mercados potenciales acotados, dando como resultado que el crecimiento de ciertas empresas se produzca a costa del decrecimiento, menor crecimiento, estabilización o desaparición de otras empresas.

Sustitución de generaciones sucesivas de productos: Teniendo en cuenta las características de los productos de ciclo de vida relativamente corto, como es el caso del software, una empresa que produce un producto sin mejoras en el tiempo está destinada a salir del mercado, debido al efecto de sustitución. El modelo de Norton & Bass (1987) trabaja con potenciales de mercados diferentes para cada generación de producto, eliminando la posibilidad de que un cliente que haya comprado la generación 1, opte por comprar la generación 2. Maier introduce un flujo adicional al modelo, por el cual los adoptadores de una generación se restituyen como potenciales adoptadores y luego puedan optar por comprar la nueva generación del producto o, de manera más general, el producto de otra empresa que en ese momento se encuentre compitiendo.

Tiempo de entrada y tiempo de lanzamiento: El modelo de Maier permite simular el momento en el cual una empresa ingresa a competir en un mercado y el momento en cual lanza las nuevas generaciones de su producto. Esta característica permite simular la competencia entre empresas y productos bajo distintos escenarios temporales de entrada y lanzamiento, según las categorías de ingreso de Ansoff & Stewart (1967): i) pioneras; ii) seguidoras tempranas; y iii) firmas de ingreso tardío. Simular estos escenarios es importante porque el ingreso tardío a los mercados supone desventajas frente a las otras dos categorías (Lieberman & Montgomery, 1998). Respecto a la industria del software, en esta categoría clasifican las firmas de países como India, Irlanda, Israel, China y Brasil. Autores como Arora & Gambardella (2005) y Rousseva (2008), centran sus investigaciones en el análisis del éxito de estos países y los factores que les han permitido compensar sus desventajas como entrantes tardíos.

El modelo que se presenta en la sección 4 recoge los aportes del modelo de Maier y lo desarrolla para simular la difusión competitiva de varias empresas que comercializan múltiples generaciones de productos, complementándolo con el efecto de la acumulación de capacidades de innovación tecnológica, los efectos directos de red y la posibilidad de representar diferentes estrategias de precio.

3. Particularidades de la Industria del Software

La industria del software presenta características que la hacen de interés particular para los países en desarrollo; tal como lo resumen Hernández & Castañeda:

> Al ser transversal a los demás sectores y presentar una influencia creciente en toda actividad económica, la industria del software ofrece grandes beneficios sociales y económicos, potenciando las capacidades productivas del país, las empresas y sus individuos. Por estar basada en el conocimiento, propicia el desarrollo de habilidades laborales sofisticadas, generando empleos altamente calificados y bien remunerados. Además es una industria joven, que atiende mercados altamente competitivos, que genera alto valor agregado, no requiere de grandes inversiones para comenzar y no contamina. Esta industria reviste un carácter estratégico, pues genera externalidades positivas sobre los demás sectores económicos al incrementar su productividad y reducir sus costos. Además, es una industria nueva que aún está en desarrollo, presentando bajas barreras a la entrada y oportunidades cada vez mayores de ingreso tardío, dado el fuerte crecimiento del mercado global del software. (Hernández & Castañeda, 2009, pp. 25 y 26)

Esta industria nace a mediados de los 50 y, para los 80, ya se puede hablar de empresas fortalecidas dedicadas al desarrollo del software. Según DataMonitor (2005), para el 2004 el mercado global de software creció un 5.5%, alcanzando un valor de USD$143,700 millones (González & Rodenes, 2007).

González & Rodenes (2007) afirman que la mayoría las investigaciones publicadas se enfocan al análisis de la evolución de países como India, Israel e Irlanda por ser considerados los más exitosos. De igual manera, se evidencia un consenso entre los autores cuando se refieren al crecimiento de la industria, la cual se mide usualmente mediante los niveles de venta (Arora, Gambardella, & Torrisi, 2001; FEDESOFT, 2011).

En cuanto su proceso de producción, el software presenta características que lo diferencian frente a otros tipos de producto:

> El software se desarrolla no se fabrica, se puede empaquetar y venderse como producto estándar. Los costos del software se encuentran en la ingeniería. Esto significa que los nuevos proyectos de software no se pueden gestionar como si fueran proyectos de fabricación. Requieren en promedio de 12 a 18 meses para su desarrollo dependiendo del programa. El software sufre una curva de obsolescencia, lo que hace que requiera añadir continuas actualizaciones. La vida útil de un producto de software sin cambios puede ser de dos a tres años. (FEDESOFT, 2005, p. 10)

Como producto, el software se puede clasificar según su grado de estandarización, el cual está dado por el número de usuarios al que está dirigido. En este sentido, se tiene: **software a la medida**, desarrollado para un sólo cliente; y **software estandarizado**, que puede ser utilizado por varios clientes, sin necesidad de modificaciones específicas (Bitzer, 1997). Para esta última categoría, se suman dos características importantes a tener en cuenta: la primera, asociada al aumento de la utilidad del producto a medida que otros usuarios lo estén utilizando, lo cual se conoce como efectos directos de red (Sterman, 2000); la segunda, relacionada con el lanzamiento de nuevas generaciones de producto, puesto que el proceso de evolución del software no finaliza con la muerte de un producto en particular, sino que evoluciona a través de nuevas generaciones del mismo, las cuales se dan por cambios en la arquitectura del sistema, nuevas funcionalidades o deterioro del producto (Tamai & Torimitsu, 1992).

Específicamente en Colombia, el sector del software está representado por aquellas empresas cuya actividad económica corresponde a la categoría de "Consultoría en Programas de Informática y Suministro de Programas de Informática"[1]. En este tipo de actividad se encuentran algunas de las empresas de mayor importancia en el país, entre las cuales se destacan las filiales de multinacionales INDRA, ORACLE, HEINSOHN, UNISYS, HEWLETT PACKARD, MPS Mayorista y SAP, entre otras. Sin embargo, el 97% de las empresas lo conforman microempresas (FEDESOFT, 2011).

Las empresas multinacionales existentes en Colombia son generadoras de empleo (a través de la contratación de personal y de servicios de *outsorcing* de otras empresas del sector). Igualmente, son competencia para las empresas nacionales que tienen el mismo mercado. Esta última condición es la de interés particular de este trabajo. La presencia de multinacionales constituye un gran reto para la formulación e implementación de estrategias competitivas exitosas por parte de las empresas nacionales.

[1] Actividad económica correspondiente al código CIIU K7220, que para el año 2009 registró 3.662 empresas (FEDESOFT, 2010)

4. El modelo

4.1. Estructura

La estructura básica del modelo aquí propuesto se basa en el trabajo de Maier (1998), considerando las variables expuestas por dicho autor, con los siguientes ajustes y complementos: a) puesto que se trata de la producción de software, se suprimen las variables que representan la producción de bienes manufacturados; b) se agregan los efectos directos de red, por su importancia en el mercado del software; c) se modifica la variable precio para posibilitar la simulación de estrategias de precio; y d) se incluyen las siguientes variables relativas a las capacidades de innovación tecnológica: la capacidad de I+D, la capacidad de direccionamiento estratégico y la capacidad de mercadeo, las cuales se definen en función de estrategias de inversión pre-establecidas.

El efecto del precio en la probabilidad de compra del producto se basa en la propuesta de Hewing (2010), quien presenta dos formas de incidencia del precio en los procesos de difusión: una en la cual el precio afecta el mercado potencial (lo aumenta o disminuye); y otra en la que el mercado potencial se mantiene constante y lo que se afecta es la probabilidad de compra de los adoptadores potenciales, de tal manera que una reducción del precio produce un aumento en la probabilidad de adopción. Aunque ambas formas tienen justificación en las teorías de la ciencia del comportamiento (Hewing, 2010), en el presente modelo se incluyen los efectos del precio descritos en la segunda forma. En el caso particular del las empresas de software, una estrategia de precios puede apuntar al establecimiento inicial de precios bajos para crear una base instalada suficientemente amplia, y luego aumentar el precio para realizar el valor de la base instalada (Liu et al., 2011). Sin embargo, si el producto cuenta con una demanda innovadora relativamente fuerte, es más rentable para la empresa de software establecer un precio más alto en la primera etapa y obtener altos ingresos de los innovadores. En ambos casos, la atracción de adoptadores potenciales imitadores se puede aumentar posteriormente con la disminución de los precios (Liu et al, 2011).

4.2. Hipótesis Dinámica

La Figura 1 muestra el diagrama causal de la difusión de un producto de una empresa, en el que se representan las variables que pueden ser afectadas por las estrategias para aumentar la probabilidad de compra de los productos por parte de los adoptadores potenciales. Los signos positivos al final de la flecha indican que un cambio en la variable inicial (causa) genera un cambio en la variable final (efecto) en la misma dirección. Los signos negativos indican que un cambio en la variable inicial genera un cambio de dirección opuesta en la variable final. Los ciclos de realimentación se identifican por una flecha en círculo que muestra la dirección del ciclo, con la letra R indicando un ciclo de refuerzo y la letra B un ciclo de balance.

Los dos ciclos de balance (B1) y (B2) corresponden al modelo de difusión de Bass, que representa la compra del producto por parte de los adoptadores potenciales en función de una demanda innovativa y una demanda imitativa. La suma de las dos demandas genera las ventas de la empresa. Estas ventas hacen referencia a la velocidad de adopción del producto y corresponden a productos vendidos por unidad de tiempo. A medida que se producen las ventas, disminuyen los adoptadores potenciales y se convierten en adoptadores. El modelo de Bass genera las demandas innovativa e imitativa a través de coeficientes de innovación e imitación respectivamente; pero en el modelo de la Figura 1, estas demandas son afectadas por los efectos en la probabilidad de compra, siguiendo la propuesta de Maier. Estos efectos son

resultado de las estrategias de la empresa para hacer su producto más atractivo para los adoptadores potenciales. Dichas estrategias están representadas en los ciclos de refuerzo con los que cuenta el modelo.

Para que una empresa sea competitiva en el mercado, debe lograr que los adoptadores potenciales encuentren en su producto atributos que lo hagan más atractivo que los productos de los competidores. La intención de compra de un adoptador potencial se verá influenciada de manera positiva por los esfuerzos en mercadeo, las especificaciones técnicas, el grado de innovación, la confiabilidad y el precio del producto, así como por la cantidad de clientes que ya hayan comprado el producto (efectos directos de red). En este sentido, la empresa tiene que definir estrategias que la lleven a posicionar mejor su producto que los de la competencia.

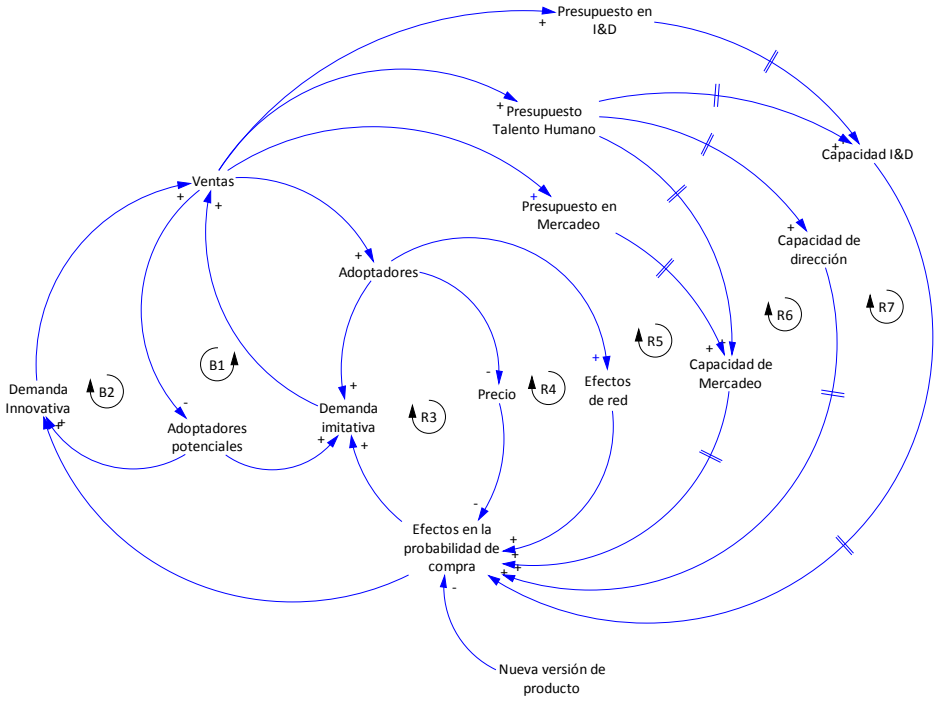


Figura 1. Diagrama Causal

En la perspectiva de los recursos, se reconoce la importancia crítica de los recursos como base para la construcción de capacidades organizacionales que sustentan la competitividad de las empresas. Por ello, las inversiones en las capacidades de innovación tecnológica son decisiones estratégicas críticas para la competitividad. El modelo representa la acumulación de capacidades de I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico como resultado de la decisión de inversión de una parte de las ventas de la empresa. La capacidad de I+D se fortalece con inversiones en proyectos de I+D para producir nuevas generaciones de productos con especificaciones técnicas superiores. Esta capacidad también se aumentan en la medida que se destine personal más idóneo para las tareas de I+D (ciclo R7). La inversión en talento humano también fortalece las otras capacidades. Dicha inversión hace referencia a la capacitación del personal existente, así como a la contratación de nuevos empleados que cuenten con conocimiento y experiencia adecuados para el desarrollo de actividades especializadas.

Por otro lado, la empresa que invierta en fortalecer la capacidad de mercadeo, logrará una mayor comprensión de las necesidades de los clientes y, a través de la publicidad y las estrategias de venta, aumentará la probabilidad de compra de su producto (ciclo R5). Por último, invertir en talento humano de nivel directivo contribuirá al fortalecimiento de la capacidad de direccionamiento estratégico, lo que pondrá a la empresa en una mejor posición para formular e implementar estrategias de innovación exitosas (ciclo R6).

Otro factor que influye en la probabilidad de compra de los adoptadores potenciales es la estrategia de precios establecida por la empresa. Para el caso de las empresas de software, el precio de un producto no es estático durante toda su vida útil, sino que cambia a través del tiempo como resultado de decisiones estratégicas. El modelo representa el caso en que el precio disminuye a medida que aumenta el número de adoptadores. Con esto la empresa garantiza que los costos incurridos en el desarrollo de un producto sean cubiertos con los ingresos de las primeras ventas, para luego captar nuevos adoptadores potenciales con un precio menor (ciclo R3).

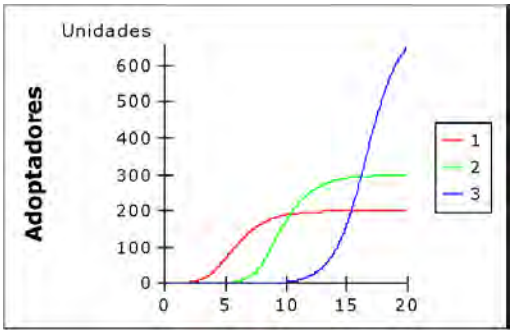
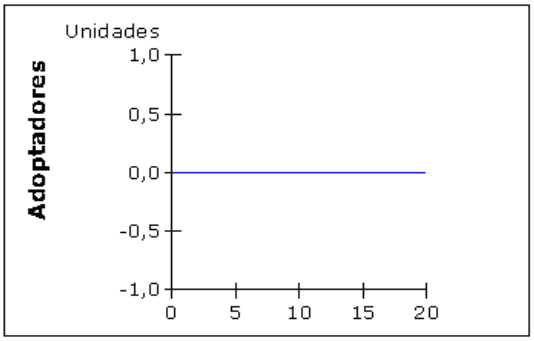
En cuanto a los efectos directos de red, éstos forman el ciclo de realimentación R4, que impacta la demanda imitativa: a medida que crece el número de adoptadores, aumenta la probabilidad de compra del producto por parte de los potenciales adoptadores de tipo imitador. Por último, el modelo contempla el efecto producido por una nueva generación de producto; cuando un producto de nueva generación es lanzado al mercado, la atractividad de los productos de la generación anterior comienza a disminuir ante la competencia de productos con mejores especificaciones.

4.3. Verificación del modelo

Se examinaron tres aspectos para la verificación: la estructura, los parámetros y el comportamiento. Gracias a que el modelo base es un modelo de difusión, al replicar el comportamiento en S de las ventas, no solo para la primera generación de un producto sino también para las siguientes generaciones, se verifica que el modelo tiene el comportamiento esperado. Al momento de la construcción del modelo se definieron hipótesis sobre las relaciones causa efecto de las variables, sustentadas en la literatura. Para conservar la simplicidad del modelo, estas relaciones se establecieron de manera lineal, sin que la inclusión de las nuevas variables afectara el comportamiento esperado de la difusión del producto.

De igual forma, se realizaron pruebas para ratificar el tipo de comportamiento esperado al introducir valores extremos para ciertos parámetros (en la Tabla 3 se presentan algunos de los resultados). Ante la decisión de no invertir en capacidades de innovación, por ejemplo, las ventas de los productos disminuyen según el comportamiento esperado, al igual que se garantiza la competencia de todos aquellos productos de diferentes empresas y las diferentes generaciones que se encuentran en el mercado en el mismo período de tiempo. Sin embargo, se observa que, por tratarse de modelos de innovación, no se cuenta con datos empíricos para la validación; en las simulaciones de prueba se trabaja con los datos aportados por la literatura que otorgan información estadística y esperada de las empresas según ciertas características.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de verificación

	
Prueba de comportamiento en "S" de la difusión de un producto que cuenta con tres generaciones, lanzadas en los tiempos 0, 5 y 10.	Prueba extrema con valores nulos para los coeficientes de innovación e imitación; se espera que no existan ventas ni se acumulen capacidades.

4.4. Implementación del modelo

El diagrama causal de la Figura 1 hace referencia a la dinámica interna de una empresa que refleja los resultados de sus estrategias a través de la difusión de sus productos. Las diferencias entre las empresas se encuentran en las decisiones estratégicas: porcentajes de inversión en capacidades, precios, tiempo de entrada y de lanzamiento de sus productos y número de generaciones. Por tanto, al replicar este diagrama para varias empresas se puede simular la competencia entre tipos de empresas que compiten por un mismo mercado potencial, de tal manera que un tipo de estas empresas sea una multinacional. Para ello se plantean las siguientes premisas:

- Es posible representar un grupo de empresas de características similares mediante el comportamiento de una única empresa en un modelo de difusión competitiva. Por tanto, es posible representar la competencia entre ***n*** grupos de empresas de características similares mediante la representación de ***n*** empresas en un modelo de difusión competitiva.

- Las empresas multinacionales, cuando llegan a un nuevo país, se caracterizan por poseer altos niveles de capacidades de innovación, resultado de la acumulación de inversiones en la casa matriz y otras posibles filiales. Las empresas nacionales, por el contrario, son entrantes tardías al mercado del software, lo que hace que se caractericen por tener unos niveles de capacidades significativamente menores que las multinacionales.

Por tanto, mediante un modelo de difusión competitiva que representa dos empresas, se puede simular la competencia entre dos tipos de empresas que representan conjuntos de empresas de características similares. En este caso, los dos conjuntos de empresas de características similares son las empresas multinacionales, por una parte, y las empresas nacionales, por otra.

5. Escenarios

Se analizan dos escenarios en los cuales se representan los resultados de las decisiones estratégicas de una empresa nacional, que ingresa a un mercado en el cual se encuentra como competencia una empresa multinacional. Para estas simulaciones, se define un mercado ficticio y empresas ficticias que compiten, bajo las siguientes condiciones generales:

- Potencial de mercado inicial = 1000 adoptadores potenciales
- Horizonte de tiempo = 20 unidades de tiempo

Escenario 1: Empresa nacional con bajos niveles de capacidades de innovación.

Se simula una empresa nacional con bajos niveles de inversión en todas las capacidades de innovación, lo que tendrá como principal consecuencia la descompensación de los atributos de su producto antes que los de la competencia. Un bajo nivel de inversión en I+D es responsable de un bajo estándar tecnológico y de que las próximas versiones del producto salgan al mercado en un tiempo de lanzamiento relativamente tardío. Un bajo nivel de inversión en mercadeo impide una buena promoción del producto, disminuyendo su probabilidad de compra por desconocimiento. De igual manera, un bajo nivel de inversión en la capacidad de direccionamiento estratégico da como resultado una mala articulación e implementación de políticas y mecanismos que conlleven a una adecuada administración de su portafolio y a la toma de decisiones que mejoren la difusión. En cuanto al precio y a la variación del mismo, la empresa implementa una estrategia de bajo precio para atraer más adoptadores potenciales, el cual va disminuyendo aún más a medida que su competidora disminuye los precios de sus productos. En las columnas 2 y 3 de la Tabla 4 se muestran los valores correspondientes al escenario descrito y en las columnas 4 y 5 los valores del escenario 2.

Tabla 4. Parámetros de los escenarios 1 y 2

Parámetro	Escenario 1		Escenario 2	
	Multinacional	**Nacional**	**Multinacional**	**Nacional**
Tiempo de entrada	0	4	0	4
Número de generaciones	3	3	3	3
Tiempo lanzamiento de las generaciones	0; 5; 10	4 ; 9 ; 13	0; 5; 10	2 ; 7 ; 12
Precios Generación 1	0 < t< 2 = 200 2 < t< 4 = 180 4 < t< 8 = 150 8 < t< 20 = 100	4 < t< 6 = 180 6 < t< 8 = 160 8 < t< 12 = 130 12 < t< 20 = 80	0 < t< 2 = 200 2 < t< 4 = 180 4 < t< 8 = 150 8 < t< 20 = 100	4 < t< 6 = 180 6 < t< 8 = 160 8 < t< 12 = 130 12 < t< 20 = 80
Precios Generación 2	5 < t< 7 = 180 7 < t< 9 = 160 9 < t< 20 = 140	9 < t< 11 = 160 11 < t< 13 = 140 13 < t< 20 = 120	5 < t< 7 = 180 7 < t< 9 = 160 9 < t< 20 = 140	9 < t< 11 = 160 11 < t< 13 = 140 13 < t< 20 = 120
Precios Generación 3	10 < t< 12 = 160 12 < t< 14 = 140 14 < t< 20 = 120	13 < t< 15 = 140 15 < t< 19 = 120 19 < t< 20 = 100	10 < t< 12 = 160 12 < t< 14 = 140 14 < t< 20 = 120	13 < t< 15 = 140 15 < t< 19 = 120 19 < t< 20 = 100
% de inversión en I+D sobre las ventas	20%	5%	20%	0 < t< 6 = 10% 6 < t< 20 = 15%
% de inversión en Talento Humano sobre las ventas	20%	5%	20%	0 < t< 6 = 10% 6 < t< 20 = 15%
% de inversión en Mercadeo sobre las ventas	20%	5%	20%	0 < t< 6 = 10% 6 < t< 20 = 15%
Capacidad inicial de I+D	1	0.1	1	0.3
Capacidad inicial de mercadeo	1	0.1	1	0.3
Cap. inicial de direccionamiento	1	0.1	1	0.5

Nota: Las capacidades iníciales están dadas de manera relativa, donde la mayor inversión toma un valor de 1 y las otras el porcentaje correspondiente.

Este escenario representa para la empresa nacional un deterioro progresivo en las ventas de su producto en las sucesivas generaciones. La empresa, al salir al mercado, consigue un aceptable nivel de ventas acumuladas durante la primera generación; sin embargo, para las próximas generaciones obtiene niveles inferiores al inicial. La empresa multinacional, en cambio, mantiene su crecimiento en ventas con el lanzamiento de nuevas generaciones de su producto (ver Figura 2). Este comportamiento es una de las razones que explica por qué algunas

empresas nacionales de la industria colombiana del software no permanecen mucho tiempo en el mercado. Los niveles de venta y las inversiones en capacidades de innovación tecnológica no son suficientes para cerrar la brecha de competitividad que las separan de las empresas multinacionales.

Escenario 2: Empresa nacional con inversión en capacidades de innovación tecnológica.

Basados en los resultados anteriores, la empresa que está en la situación de ingreso tardío debe lanzar un producto cuyos atributos sean realmente competitivos, permitiéndole superar las barreras ya levantadas por la empresa multinacional. Por tanto, antes de ingresar al mercado, debe contar con un nivel suficiente de capacidades de innovación y establecer estrategias agresivas de aumento de la inversión para mejorar los niveles de ventas de las próximas generaciones. Con estas decisiones puede ofrecer un producto con menor precio y lanzar las nuevas generaciones en tiempos más cercanos al de la competencia y al declive de la generación anterior.

Los resultados de este escenario muestran cómo la empresa procura mantener niveles de capacidades de innovación competitivos, asignado mayores porcentajes al momento de lanzar una nueva generación, lo que garantiza la superioridad de atributos entre generaciones y, con ello, efectos positivos en la probabilidad de compra del producto (Figura 3).

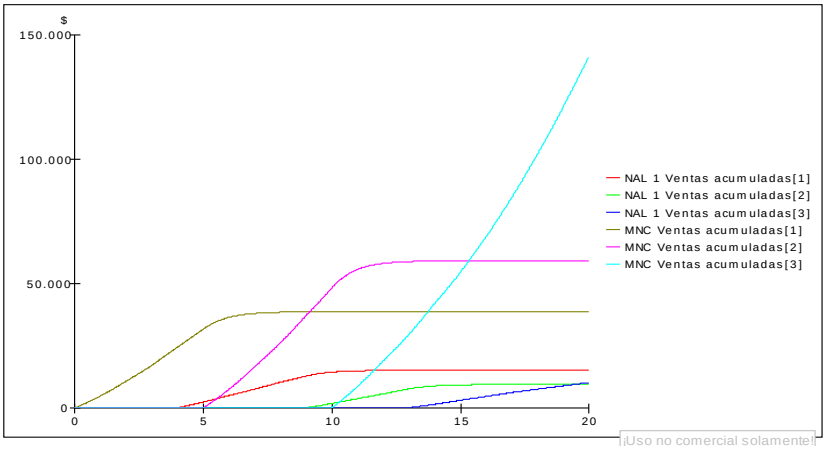


Figura 2. Resultado del escenario 1

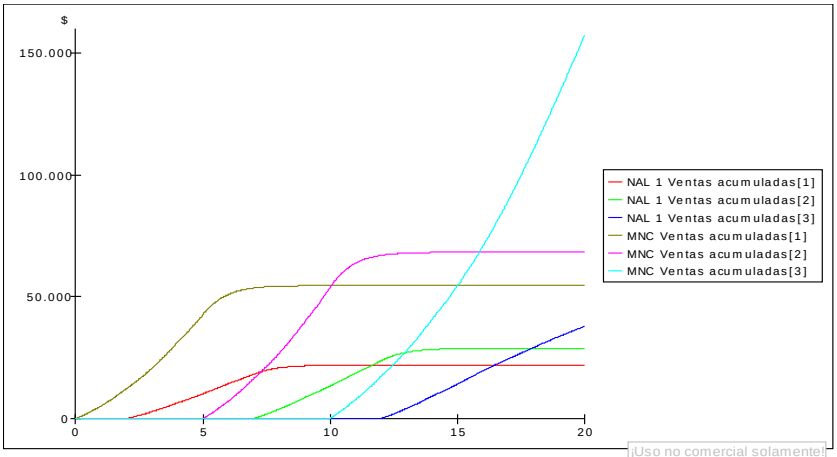


Figura 3. Resultados del escenario 2

Conclusiones

En los mercados competitivos de las empresas de software, la presencia de las multinacionales significa una gran barrera de entrada a nuevas empresas que deseen obtener una cuota de mercado. Sin embargo, a través de este trabajo, se han identificado varias estrategias que pueden implementar los empresarios que busquen sostenerse en el tiempo siendo competidores de empresas multinacionales, las cuales, por su experiencia en el mercado y por contar con mayores niveles de capacidades de innovación tecnológica, tienden a conservar el liderazgo con niveles de ventas significativamente superiores.

El estudio muestra que si una empresa no cuenta con suficientes capacidades de innovación ni define adecuadamente sus estrategias de lanzamiento de versiones y penetración del mercado, no conseguirá aumentar sus niveles de venta, lo que repercutirá en bajos niveles de inversión en capacidades de innovación y, eventualmente, la llevará a salir del mercado. Sin embargo, este fracaso puede ser evitado con ciertas decisiones estratégicas: 1) entrar al mercado con un nivel de capacidades adecuado. Esto se logra con inversiones previas en I+D y talento humano y con adecuadas estrategias de precio, de tal manera que se cuente con un producto innovador que impacte en los adoptadores potenciales; y 2) definir estrategias agresivas de inversión para alcanzar mayores niveles de capacidades de innovación cuando se encuentra en el mercado. Si la empresa permanece con las mismas políticas de inversión, puede no lograr el efecto suficiente para poder hacerle competencia a una empresa multinacional.

Como direcciones de trabajo futuro, se incluirán en el modelo otros aspectos que permitan analizar escenarios complementarios a la competencia con empresas multinacionales. Entre estos aspectos se encuentran el establecimiento de alianzas y la contratación de ex empleados de las multinacionales. El propósito es analizar posibles efectos positivos de la presencia de las multinacionales en el crecimiento de la industria nacional del software, buscando una mejor comprensión de los efectos que tienen las multinacionales en la economía sectorial, para sugerir orientaciones de políticas industriales y estrategias empresariales para fortalecer las capacidades de las empresas nacionales y desarrollar el potencial benéfico de las multinacionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Colciencias, entidad financiadora del proyecto “Modelamiento y simulación de estrategias de innovación para el crecimiento de la industria colombiana de software y su ingreso al mercado exportador”, del cual hace parte este trabajo. Igualmente, agradecen a la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín por la contrapartida otorgada, así como a los integrantes del equipo del proyecto, quienes hicieron varios aportes al trabajo y crearon un ambiente propicio a la creatividad y el intercambio de ideas.

Referencias

AGUIRRE, J.J.; ROBLEDO, J.; PÉREZ, A.L. Metodología para medir y evaluar las capacidades tecnológicas de innovación en fábricas de software utilizando lógica difusa. **XIII Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica**, 2009.

ARORA, A.; GAMBARDELLA, A.; TORRISI, S. Human capital, international linkages and growth: the software industry in India and Ireland. In **Reunión de la American Economic Association, Nueva Orleans**, 2001.

BELL, M.; PAVITT, K. "**The Development of Technological Capabilities**". In HAQUE (ed), Trade, Technology and International Competitiveness, p. 69-101, 1995.

BITZER, J. **The computer software industry in East and West: do Eastern European countries need a specific science and technology policy?** Deustches Institut für Wirtschaftsforsschung, Discussion Paper N° 149, Berlin. 1997.

CAPALDO, G.; LANDOLI, L.; RAFFA, M. & ZOLLO, G. The Evaluation of Innovation Capabilities in Small Software Firms: A Methodological Approach. Small **Business Economics**, v. 21, p. 343-354, 2003.

CASTAÑEDA, J.A. Sistema regional de innovación para potenciar la industria del software en Antioquia. **XIII Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica**, 2009.

CHANDA, U; BARDHAN, A.K. Modelling innovation and imitation sales of products with multiple technological generations. **Journal of High Technology Management Research**, v. 18, p. 173-190, 2008.

COSTA, I.; DE QUEIROZ, S. Foreign direct investment and technological capabilities in Brazilian industry. **Research Policy,** v. 31, p. 1431–1443, 2002.

DAVERI, F.; MANASSE, P.; SERRA, D. **The Twin Effects of Globalization.** Centro Studi Luca D'Agliano Development Studies Working Papers, N. 171, November, 2002.

D'COSTA, A. P. **Export Growth and Path-Dependence, The Locking-in of Innovations in the Software Industry**, 2002.

FEDESOFT. **Informe de cifras del sector del software y servicios relacionados 2005-2010**, 2011.

GIARRATANA, M.; PAGANO, A.; TORRISI S. "The role of multinational firms in the evolution of the software industry in India, Ireland and Israel", **DRUID Summer Conference, Elsinore**, 2004.

GONZÁLEZ, D. Y RODENES, M. Factores críticos de éxito de la industria del software y su relación con la orientación estratégica de negocio: un estudio empírico exploratorio. Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 4, n. 1, p. 47-70, 2007.

GÖRG, H.; STROBL, E. Multinational companies and indigenous development: An empirical analysis. **European Economic Review,** v 46, p. 1305–1322, 2002.

GRANT, R. The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. **California Management Review**, Spring, p. 114-135, 1991.

GUAN, J.; MA, N. Innovative capability and export performance of Chinese firms. **Technovation**, v. 23, p. 737–747, 2003.

HEIMAN, A. The economics of demonstrations: The effect of competition on demonstration and pricing strategies. **Mark Lett**, v. 21, p. 351–363, 2010.

HEWING, M. A Theoretical and Empirical Comparison of Innovation Diffusion Models Applying Data from the Software Industry, **IEEE,** 2010.

HERNÁNDEZ, I.; CASTAÑEDA, J. Caracterización de la industria Antioqueña del software. In ROBLEDO, J. (ed) **Gestión de las capacidades de innovación tecnológica para la competitividad de las empresas antioqueñas de software**. p. 23-72, 2010.

LATORRE, M. C.; BAJO-RUBIO, O.; GÓMEZ-PLANA, A. The effects of multinationals on host economies: A CGE approach. **Economic Modelling,** v. 26, p. 851–864, 2009.

LIU, Y.; CHENG, H. K.; TANG, Q. C.; ERYARSOY, E. Optimal software pricing in the presence of piracy and word-of-mouth effect. **Decision Support Systems,** v. 51, p. 99–107, 2011.

MILLING, P; MAIER, F. **Invention, Innovation and Imitation,** Berlin: Duncker & Humblot, 1996.

PATIBANDLA M.; PETERSEN B. Role of Transnational Corporations in the Evolution of a High-Tech Industry: The Case of India's Software Industry. **World Development**, v. 30, n. 9, p. 1561–1577, 2002.

PATIBANDLA M.; PETERSEN B. Role of Transnational Corporations in the Evolution of a High-Tech Industry: The Case of India's Software Industry''—A Reply. **World Development,** v. 32, n. 3, p. 561–566, 2004.

RAFFA, M.; ZOLLO, G., **Economia del software**, Napoli, ESI, 1998.

RENARD, L.; SAINT-AMANT, G. Capacité, capacité organisationnelle et capacité dynamique: une proposition de définitions. **Les Cahiers du Management Technologique**, v. 13, n. 1, p. 1-26, 2003.

ROBLEDO, J. (Ed) **Gestión de las capacidades de innovación tecnológica para la competitividad de las empresas antioqueñas de software.** Medellín: Todográficas, 2010.

ROBLEDO, J.; CEBALLOS, Y. Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. **Cuadernos de Administración, Bogotá** (Colombia), v. 21, n 35, p. 127-159, 2008.

ROBLEDO, J.; GÓMEZ, F.; RESTREPO, J. F. Relación entre capacidades de innovación tecnológica y desempeño empresarial en Colombia. **Memorias del Primer Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación,** Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, agosto 14 y 15, 2008.

ROBLEDO, J.; GÓMEZ, F.A.; RESTREPO, J.F. Relación entre capacidades de innovación tecnológica y el desempeño empresarial y sectorial. In ROBLEDO, J.; MALAVER, F.; VARGAS, M. (Ed) **Encuestas, datos y descubrimiento de conocimiento sobre la innovación en Colombia.** Bogotá: Ed. Javergaf, 2009, cap. 4.

ROBLEDO, J.; LÓPEZ, C.; ZAPATA, W.; PÉREZ, J. Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Capacidades de Innovación, **Perfil de Coyuntura Económica,** v. 15, p. 133-148, 2010.

ROBLEDO, J.; MALAVER, F.; VARGAS, M. (Ed) **Encuestas, datos y descubrimiento de conocimiento sobre la innovación en Colombia.** Bogotá: Ed. Javergaf, 2009.

ROBLEDO, J.; PÉREZ, J.D. Modelo conceptual y aplicativo informático para la evaluación de capacidades de innovación tecnológica en PYMES del sector eléctrico colombiano. Ponencia presentada a consideración del Comité Científico del **XIV Seminario Latino-**

Iberoamericano de Gestión Tecnológica, a realizarse en Lima (Perú), del 19 al 21 de octubre, 2011.

SCHNEIDER, M.; SCHADE, B. y GRUPP, H. **Innovation Process 'Fuel Cell Vehicle': What Strategy Promises To Be Most Successful?** University of Karlsruhe (TH) Institute for Economic Policy Research Conference Paper July, 2003.

TAMAI, T. Y TORIMITSU, Y. **Software Lifetime and its Evolution Process over Generations**, 1992.

WANG, C.H.; LU, I.Y.; CHEN, C.B. Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. **Technovation,** v. 28, p. 349-363, 2009.

YAM, R.C.M.; GUAN, J.C.; PUN, K.F.; TANG, E.P.Y. An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firms: Some Empirical Findings in Beijing, China. **Research Policy,** v. 33, p. 1123–1140, 2004.