

Capacidades del capital humano para la innovación tecnológica en pequeñas empresas de Jalisco, México*

*Alberto Javier Ramírez Ruiz***

RESUMEN

El precario desarrollo tecnológico de las pequeñas empresas en México no les permite ser más eficientes y productivas. Esta situación implica que invierten muy poco o nada en innovación tecnológica, que es un elemento esencial para la supervivencia en los agresivos mercados mundiales, cuyas preferencias cambian constantemente. Un estudio realizado en Jalisco identificó que uno de los principales inhibidores de la innovación es la falta de capacidades del capital humano. Esta investigación buscó evidencia que apoyara o descartara esta hipótesis. Los resultados muestran que poco más de la mitad de las empresas presentan diferencias de escala en su proceso de innovación tecnológica, además de rendimientos decrecientes, lo que implicaría que la capacidad de absorción de las empresas no está operando de una manera adecuada. La evidencia sugiere que el capital humano tiene el potencial para innovar.

Palabras clave: innovación tecnológica, pymes, DEA, proceso de innovación, eficiencia.
Clasificación JEL: O13.

ABSTRACT

The precarious state of technological development of small businesses in Mexico does not allow them to be more efficient and productive. This situation implies that small firms invest little or nothing to develop technological innovation, which is essential for survival in the aggressive world markets, whose preferences are constantly changing. A study in Jalisco, identified that one of the main inhibitors of innovation is the lack of capacities in capital human. This research looks for evidence to support or discard this hypothesis. The results show that just over half of companies have scale differences in the process of technological innovation, in addition to diminishing returns, implying that the absorptive capacity of firms is not developing in an appropriate manner. The evidence found suggests that capital human have the potential to innovate.

Keywords: technological innovation, smes, DEA, innovation process, efficiency.

JEL classification: O13.

* Fecha de recepción: 26/10/2011. Fecha de aprobación: 15/02/2013.

** Doctor en Negocios y Estudios Económicos por la Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: ajramirez74@yahoo.com.mx.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la ciencia se ha transformado en una fuerza productiva directa que incorpora los conocimientos científicos a los procesos de innovación de una manera más activa, siendo uno de los factores decisivos del desempeño económico local y regional. Esto implica que la innovación tiene una mayor relevancia para que las empresas sobrevivan en los mercados mundiales (Nelson, Winter y Schuette, 1976; Pavitt, 1984; Romer, 1990; Krugman, 1998) que evolucionan y cambian constantemente sus preferencias (Porter, 1991, p. 111), sobre todo por el efecto de la información masiva que proporcionan los sistemas de comunicación actuales.

Esta constante adaptación a los mercados es un desafío que todas las empresas deben enfrentar sin importar si su ámbito de operación es local, regional o internacional. Por lo tanto, el desarrollo del capital humano es fundamental en la construcción de capacidades locales para aprovechar el conocimiento disponible y transformarlo en actividad económica (Krugman, 1998; Vázquez-Barquero, 1999; Silva, 2005; Boisier, 2005).

El problema se presenta cuando las capacidades locales del capital humano no son suficientes o no tiene la preparación para incorporarse a los procesos de innovación en las empresas (Perroux, 1950; Pérez y Carrillo, 2000). Desde el punto de vista macroeconómico, o mesoeconómico, la falta de potencial en el capital humano puede verse como un problema de baja productividad en el trabajo. En un nivel microeconómico, como un inhibidor de las actividades de innovación (Porter, 1991, pp. 114).

En este contexto, las empresas se nutren de las capacidades locales de producción incorporadas al mercado laboral, por lo tanto, la capacitación y formación del capital humano genera un proceso reactivador de la economía, ya que se aprovechan mejor los recursos endógenos existentes en estos ámbitos locales (Perroux, 1950; Pérez y Carrillo, 2000).

Desde esta perspectiva local, los esfuerzos realizados por los diferentes actores económicos en el estado de Jalisco han permitido dinamizar un sistema regional de innovación (Medina y Ramírez, 2007) que, poco a poco, se consolida para dar forma a un núcleo económico regional basado en el conocimiento (Hualde y Díaz, 2010, p. 37) que ha sido favorecido y enriquecido con el proceso de integración productiva que se ha dado en Jalisco en los últimos años (Ruiz, 2000; Palacios, 2003; SEPLAN, s.f.).

I. PEQUEÑAS EMPRESAS E INNOVACIÓN EN JALISCO

La situación de las pequeñas empresas en México es precaria en términos de desarrollo tecnológico, ya que un gran porcentaje de ellas presentan serias carencias (Arechavala, 1998; Villalba, 2005; OCDE, 2006; Dutrénit, 2009; Dutrénit y De Fuentes, 2009), falta de financiamiento (Dussel, 2004, p. 65; Góngora y Madrid, 2010, p. 22), menor acceso al conocimiento y más obstáculos para llegar a mercados internacionales (De María, 2002), situación que les impide ser más eficientes y producir con mejores estándares de calidad y productividad. Estas empresas, generalmente, se ven más afectadas por las condiciones económicas adversas y en términos de fomento industrial y tecnológico han tenido un comportamiento muy similar a lo largo de las últimas tres décadas (De María, 2002; Dussel, 2004, p. 67).

Las políticas y los incentivos específicos prevalecientes por lo general han sido diseñados del lado de la oferta, pensando más en la gran y mediana empresa, sin reconocer suficientemente que las pequeñas empresas enfrentan desventajas informativas serias y cuentan con débiles capacidades organizacionales, de capital humano y tecnológicas, que limitan el acceso y aprovechamiento de los mecanismos e incentivos de fomento (Arechavala, 1998; De María, 2002, p. 43; Dussel, 2004; Góngora y Madrid, 2010, p. 22).

El contexto descrito en la sección anterior provoca una reflexión sobre la realidad empresarial en Jalisco. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, s.f.b), correspondientes al año 2008, el tejido empresarial de Jalisco estaba compuesto por más de 265 mil unidades económicas (tercer lugar nacional en este rubro), que generaron un producto interno bruto estatal (PIBE) de 728 916 millones de pesos, equivalentes a 6.19% del PIB nacional. El sector económico con una mayor contribución al PIBE de Jalisco fue el sector de manufactura, que aportó 22.4%, seguido del sector comercio, que aportó 21.2%.

La industria manufacturera de Jalisco se ubica en cuarto lugar nacional con un aporte de 8.18% al PIB de ese sector (INEGI, s.f.a). Esta industria agrupa poco más de 24 mil unidades económicas en todo el estado de Jalisco, que se distribuyen en 85.8% de microempresas, 10.5% de pequeñas empresas, 2.8% de empresas medianas y 0.8% de grandes empresas (INEGI, s.f.b).

El sector de manufactura es un importante generador y usuario de tecnología, que se utiliza en otros procesos industriales o bien en forma de bienes. Además, dentro de la industria manufacturera jalisciense se encuentran sectores

de alta tecnología como el de electrónica, de tecnologías de la información y el farmacéutico, que son importantes generadores de conocimiento e innovación, como lo muestra la evidencia encontrada en el último estudio sobre innovación publicado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco (COECYTJAL) en el año 2006, en el que la proporción de empresas de la muestra que señalaron haber realizado actividades de innovación en el periodo 2003-2005 fue de 41%, con un intervalo de confianza entre 36% y 46%. En comparación, el promedio nacional de empresas manufactureras que realizan innovación se ubica en 28% (CONACYT, 2001), lo que implica diferencias sectoriales, regionales y temporales en las actividades de innovación con respecto a Jalisco.

Los instrumentos utilizados en la Encuesta Nacional de Innovación (ENI) (CONACYT, 2001) y del COECYTJAL (2006) tienen como base el utilizado en la realizada por el CONACYT en 1997.¹ Esto permite, en buen grado, la comparación de los resultados entre la ENI 2001 y la encuesta del COECYTJAL publicada en 2006. En ambas, se incluye un apartado para determinar la importancia de los factores que inhiben las actividades de innovación tecnológica en las empresas, los cuales se describen en el *Manual de Oslo* (OCDE, 1997 y 2005). Este apartado de factores inhibidores resulta de especial interés en el análisis de la innovación tecnológica, ya que representan las áreas de oportunidad para las políticas públicas en materia de ciencia, tecnología e innovación.

En los resultados de la ENI 2001 se observa que los principales inhibidores de las actividades de innovación tecnológica están marcadamente orientados al aspecto económico; en orden de importancia, son los siguientes:

- a) Costos de innovación muy elevados
- b) Riesgo económico excesivo
- c) Falta de fuentes de financiamiento adecuado
- d) Falta de apoyos públicos
- e) Obstáculos de la legislación vigente

En Jalisco, los resultados del COECYTJAL (2006) señalan que entre los principales inhibidores de las actividades de innovación tecnológica están los relacionados con el capital humano, como la resistencia al cambio o la falta de habilidades que potencien la capacidad de innovación en las organizaciones.

¹ La ENI de 1997, a su vez, está basada en los lineamientos de la segunda edición del *Manual de Oslo* (OCDE, 1997).

Los datos disponibles de las mediciones realizadas por el COECYTJAL (2006) indican que 44% de las pequeñas empresas que participaron en el estudio realizaron actividades de innovación tecnológica y, de este grupo, sólo 35% manifestaron que la falta de capacidades del capital humano fuera un problema que obstaculiza la innovación. En el caso de las pequeñas empresas que no realizaron actividades de innovación, la proporción que señaló la falta de capacidades del capital humano como un obstáculo fue de 37%. Estos resultados muestran que ambos grupos tienen una baja proporción de empresas que reportan como problema la falta de capacidades; además, la diferencia entre los dos porcentajes es muy pequeña. Esto apunta a que el problema podría residir en una percepción negativa de los empresarios más que en la falta de habilidades del capital humano para innovar; sin embargo, no hay evidencia empírica concluyente que permita afirmarlo. Por lo tanto, existen dos posibles hipótesis:

1. Las empresas no tienen el capital humano con las habilidades y competencias requeridas para desarrollar actividades de innovación.
2. La falta de capacidad encontrada en el estudio del COECYTJAL refleja la percepción negativa (o muy pobre) que tienen las empresas sobre las capacidades y competencias de su capital humano.

De estas hipótesis surgen las siguientes preguntas: ¿Existe falta de capacidades en el capital humano de las pequeñas empresas para realizar actividades de innovación? ¿Los efectos de la derrama de conocimiento en las industrias electrónica y de tecnologías de información no han permeado el mercado laboral local? ¿El sector académico ha respondido a las necesidades de la industria con programas que coadyuven a la formación de profesionales con las capacidades y habilidades requeridas en la innovación? Responder a estos cuestionamientos puede resultar complejo por la gran cantidad de variables involucradas y por las diferentes dimensiones del problema (Chiesa, Coughlan y Voss, 1996).

La hipótesis que resulta de interés en esta investigación es la referente a una carencia real de habilidades y capacidades para llevar a cabo la innovación, ya que esto implicaría barreras importantes para que la innovación sea sistematizada como práctica común en este tipo de organizaciones (Van de Ven, 1986; Van de Ven y Polley, 1992; Isaksen y Smith, 1997; Pettigrew, Woodman y Cameron, 2001). Esta hipótesis tiene profundas implicaciones en el desarrollo del sistema de innovación local porque el capital humano es el elemento esencial para transformar el conocimiento (Knight, 1967; Romer, 1990, p. 79; OCDE, 1997 y 2005;

Teece, Pisano y Shuen, 1997, p. 522; Dutrénit, 2009) y la carencia de habilidades refleja un problema estructural que parte del sistema educativo y tiene efectos en el mercado laboral local.

No obstante, esta situación supondría una oportunidad para que el sector empresarial pueda generar ventajas competitivas por medio de la formación de su capital humano para desarrollar capacidades y habilidades en ellos, como la capacidad de absorción (Cohen y Levinthal, 1990; Zahra y George, 2002), de gestión de proyectos y de creatividad organizacional (Knight, 1967; DTI, 2005), además de propiciar un ambiente más idóneo para desarrollar las actividades de innovación tecnológica (Van de Ven, 1986; Van de Ven y Polley, 1992).

Finalmente, si el problema estuviera relacionado con la percepción de los empresarios, esto representaría un gran reto para la industria jalisciense, ya que implicaría transformar la cultura empresarial prevaleciente para crear organizaciones que estén dispuestas a aprender y fomentar la innovación.

II. EL PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

La innovación tecnológica puede describirse como un proceso de aprendizaje interactivo (Lundvall, 2005), en el que los involucrados incrementan su competencia mientras están dentro del proceso. En términos generales, la transformación del conocimiento en actividad económica es un proceso cognoscitivo (Arrow, 1962, p. 155; Cohen y Levinthal, 1990; Pisano, 1994; Pavitt, 2003) que se basa fundamentalmente en la capacidad de los individuos para extraer valor de las ideas y está fuertemente ligado a la capacidad para asimilar el conocimiento externo (capacidad de absorción) de la organización. Esto se da por medio del uso y aprovechamiento tanto del conocimiento implícito interno como del que proviene de fuentes externas, como universidades, centros de investigación u otras empresas (Teece, 1989; Cohen y Levinthal, 1990; Teece, Pisano y Shuen, 1997; Romijn y Albaladejo, 2002; Swann, 2002; Boisier, 2005; Murovec y Prodan, 2009).

Desde la perspectiva de la literatura sobre gestión de la innovación, la caracterización general del proceso de innovación ha evolucionado de forma importante, desde las propuestas de Knight (1967) y Myers y Marquis (1969) hasta las de Chiesa, Coughlan y Voss (1996), la OCDE (2005) y Kolodovski (2006). Todas ellas presentan varias coincidencias en términos de las actividades que comprende el proceso de innovación y permiten ir más allá de la caja negra que postulaba la teoría económica al explicar lo que ocurre dentro de este proceso a nivel

organizacional. Fundamentalmente, estas propuestas establecen la existencia de una función entre los insumos dedicados al proceso innovador y los productos y/o resultados obtenidos de él (Godin, 1996; Crépon, Duguet y Mairesse, 1998; OCDE, 1997 y 2005; Rogers, 1998; Lööf y Heshmati, 2002; Romo y Hill, 2006).

Esta perspectiva funcional puede representarse utilizando como referencia el modelo de Romer (1990, p. 79), en el que el proceso de innovación es una función de producción²

$$Y = F(K, L, A)$$

donde Y es la producción de innovaciones (productos/resultados) y K , L y A son capital, trabajo y capital humano respectivamente (insumos). En esta perspectiva, el proceso de innovación tecnológica puede analizarse desde la productividad y el uso eficiente de los factores de producción que las empresas destinan a las actividades de innovación tecnológica. Esto permitirá obtener evidencia sobre la aportación del capital humano a la productividad de la innovación en las empresas analizadas. De esta forma, se busca constatar si el problema planteado por los empresarios sobre el bajo potencial del capital humano es una realidad o sólo una percepción de una fuerza de trabajo subvalorada.

III. MÉTODO

En la teoría se asume que para que una economía sea eficiente, debe estar en su frontera de posibilidades de producción. Si está por debajo de dicha frontera, entonces existen ineficiencias técnicas en el uso de los recursos.

Utilizando este concepto de eficiencia se busca evaluar el proceso de innovación tecnológica en la muestra de pequeñas empresas bajo estudio. La medida de eficiencia técnica propuesta por Farrell (1957) resulta de especial interés, ya que indica la cantidad de desperdicio que puede ser eliminado sin empeorar cualquier insumo o producto. Además, esta medida permite analizar la eficiencia cuando se tienen múltiples insumos y productos. La eficiencia técnica puede entonces mejorarse si se obtienen mayores resultados sin cambiar los insumos, o en otras palabras, la cantidad de fricción o desperdicio es reducida. Por otro lado, la

² La función de producción representa una tecnología dentro de un conjunto de posibilidades de producción. En este contexto, la tecnología se define como el conjunto de todos los posibles métodos de producción que corresponden a un estado del arte y al desarrollo científico, para cualquier nivel de producción y dotación de recursos (Capdevielle, 1999).

eficiencia económica es la calidad o valor de producir un conjunto de efectos deseados (Färe, Grosskopf y Lovell, 1985), es decir, el valor de una decisión económica en términos de la utilidad que aporta.

Para estimar la eficiencia técnica existen diversos métodos, algunos paramétricos, como las fronteras estocásticas, y otros no paramétricos, como el *data envelopment analysis* (DEA). La estimación de fronteras estocásticas requiere de la especificación de una forma funcional que explique la relación entre insumos y productos. El proceso de innovación tecnológica es muy heterogéneo, incluso entre unidades de análisis homogéneas. Los métodos de estimación de fronteras asumen *a priori* y sin justificación que las fronteras tienen la misma forma que la función de producción, usando frecuentemente la función de Cobb-Douglas. Esto resulta bastante restrictivo al asumir sólo rendimientos de escala constante en una muestra o población con un proceso de innovación tecnológica muy heterogéneo.

La estimación de los parámetros de una función tiende a ser sensible a la especificación de la forma funcional que no es conocida, en el caso de las fronteras estocásticas, condicionando, por lo tanto, los resultados obtenidos (Baffes y Vasavada, 1989; Thompson, 1992). Otro factor a considerar en la estimación paramétrica de la frontera de producción estocástica es la necesidad de especificar la distribución de la ineficiencia (θ). Las distribuciones más utilizadas son la normal, la normal truncada y, en menor medida, la distribución gamma. Sin embargo, no es posible conocer con certeza la forma a la que se ajusta el parámetro θ de ineficiencia, cuyo valor varía significativamente dependiendo de la distribución que se adopte en la estimación (Lovell, 1993).

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) introdujeron el DEA con el fin de desarrollar una frontera no paramétrica situada por encima de todas las observaciones, que permitiera calcular los índices de eficiencia mediante la resolución de programas de optimización lineal. Esta técnica se ha utilizado ampliamente como una herramienta para medir la eficiencia relativa de las unidades de decisión (DMU, *decision-making unit*)³ en campos tan variados como la salud, la educación, los servicios gubernamentales y la productividad industrial, entre otros (Fried, Lovell y Schmidt, 1993; Charnes, Cooper, Lewin y Seiford, 1995; Emrouznejad, Parker y Tavares, 2008).

³ Una unidad de decisión es un individuo o grupo de individuos que tienen metas comunes, participan en la toma de decisiones y comparten el riesgo de ellas.

Tras estudiar las diferentes ventajas y desventajas del método de fronteras estocásticas y del DEA para estimar la eficiencia técnica del proceso de innovación tecnológica (Battese, 1992; Lovell, 1993; Greene, 1993; Bravo-Ureta y Pinheiro, 1993; Coelli, 1995; Seiford, 1996), se decidió utilizar este último por las siguientes razones:

- No se requieren supuestos *a priori*
- No se requiere conocer la distribución de las variables
- No es necesario especificar explícitamente de forma matemática la función de producción
- Ha resultado útil para descubrir relaciones que permanecen ocultas en otras metodologías
- Tiene capacidad para manejar múltiples insumos y productos
- Puede utilizarse con cualquier medida de insumo-producto
- Las fuentes de ineficiencia pueden ser analizadas y cuantificadas para cada unidad de análisis

1. Descripción de los datos

Los datos utilizados en éste trabajo corresponden a la base de datos del *Estudio sobre innovación en las pymes de Jalisco* (COECYTJAL, 2006) y fueron solicitados al autor para su uso en este proyecto de investigación. La encuesta de dicho estudio fue levantada de febrero a mayo de 2006. La cobertura temporal de los datos sobre las actividades de innovación tecnológica solicitados en la encuesta fue tomada del *Manual de Oslo*, relativa a los tres últimos años de operación (2003-2005) en el momento del levantamiento.

El tamaño de muestra del estudio del COECYTJAL fue de 380 empresas de diferentes tamaños correspondientes a 26 sectores industriales y de servicios. El método de muestreo fue de selección probabilística; en particular, se aplicó el muestreo aleatorio simple en un directorio que compila con las relaciones de cámaras y asociaciones empresariales que agrupan a la mayoría de los sectores estudiados, y complementado con listados extraídos del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) y la Sección Amarilla.

Los sujetos que respondieron a la encuesta fueron empresarios o directivos de alto nivel y sólo en algunos casos los cuestionarios fueron turnados a mandos intermedios. Todas las preguntas fueron de opción múltiple, con rangos predefinidos conforme al cuestionario originalmente utilizado por el CONACYT

en 1997. Este tipo de encuestas tiene como limitante que los datos recabados son aproximaciones a la realidad, además de estar sujetos a la percepción de quien responde. Los datos originales fueron transformados en datos de tipo continuo en el caso de las preguntas de opción múltiple con rango tomando como base la media de cada rango, mientras que las preguntas de selección múltiple se transformaron en datos de tipo discreto tomando como base la suma de las opciones seleccionadas; por ejemplo, para las aplicaciones generadas por las actividades de innovación se sumaron todas las aplicaciones que cada empresa obtuvo en el periodo de referencia.

Para elegir las variables del modelo, se revisó la literatura sobre estudios de innovación con el propósito de identificar el consenso de la comunidad académica sobre los indicadores que representan los insumos y productos del proceso de innovación tecnológica. Entre las diversas propuestas para medirlos se encontró que el referente más importante es el *Manual de Oslo*, editado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1997). Este manual contiene los lineamientos para la medición de indicadores e identifica los principales insumos (*inputs*) y productos (*outputs/outcomes*) del proceso de innovación tecnológica.

Los insumos fueron determinados utilizando como referencia a Romer (1990, p. 78), quien define la generación de innovaciones como el producto de la inversión en innovación y el capital humano dedicado a estas actividades. Para algunos autores, el tiempo laboral dedicado por el personal a las actividades de innovación también es un insumo importante (OCDE, 1997; Muller, Välikangas y Merlyn, 2005; De Jong y Marsili, 2006).

Los productos del proceso de innovación tecnológica incluyen las distintas aplicaciones obtenidas en las actividades de innovación (OCDE, 2005; Murovec y Prodan, 2009), las patentes como indicador de la capacidad tecnológica (Judd, 1985; Crépon, Duguet y Mairesse, 1998; Sanz y Arias, 1998; Aboites y Guzmán, 2002) y los incrementos en las ventas generados por las innovaciones (Muller, Välikangas y Merlyn, 2005; OCDE, 2005, p. 19). En el cuadro 1 se muestran los indicadores utilizados para determinar la eficiencia del proceso de innovación tecnológica de acuerdo a la técnica del DEA.

La muestra total del estudio del COECYTJAL ($n = 380$) fue filtrada para obtener una submuestra de *pequeñas empresas que sí realizan actividades de innovación tecnológica*. El tamaño de la muestra obtenida de la base de datos del COECYTJAL fue de cincuenta empresas. Al revisar la literatura sobre el DEA, se encontró que el tamaño de muestra óptimo para la aplicación de este modelo

debe ser de $n > 3(m + s)$, donde m es el número de insumos y s el número de productos (Banker, Charnes y Cooper, 1984).

Cuadro 1. Variables para medir la eficiencia de la innovación tecnológica

Orientación	Variable	Descripción
Insumos	personal	Personal que se dedica a realizar actividades de innovación tecnológica en equivalente de tiempo completo (ETC).
	tiempo	Tiempo laboral en horas dedicado a realizar actividades de innovación tecnológica.
	inversión	Monto de inversión, en miles de pesos, destinada a las actividades de innovación tecnológica.
Productos	prod	Número de resultados obtenidos de las actividades de innovación tecnológica.
	inc_vtas	Incremento porcentual de las ventas derivado de las actividades de innovación tecnológica.
	patentes	Número de patentes solicitadas por la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Realizando el cálculo propuesto por Banker, Charnes y Cooper (1984), tenemos que el modelo cuenta con tres variables de insumos y tres variables de productos; por lo tanto

$$n^* = 3(3+3) = 18$$

y el tamaño de muestra obtenido de la selección es de $n = 50$, que es mayor al tamaño mínimo óptimo para realizar el análisis ($n = 50 > n^* = 18$).

2. Especificaciones del modelo de estimación de la eficiencia relativa

Se definieron dos modelos de análisis: uno con orientación hacia los insumos, para determinar la eficiencia operativa del proceso de innovación tecnológica, y otro orientado a productos, para determinar el potencial de innovación tecnológica. Para comparar las diferencias de escala entre las empresas de la muestra se utilizaron dos variaciones de cada modelo de análisis.

La primera variación es el modelo con rendimientos constantes a escala o CRS (*constant returns to scale*), también conocido como CCR (por sus creadores:

Charner, Cooper y Rhodes). Este modelo asume que las escalas de operación de todas las DMU son iguales (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978), por lo que será utilizado como referencia para comparar los resultados del modelo VRS.

La segunda es, precisamente, el modelo con rendimientos variables a escala o VRS (*variable returns to scale*) también conocido como BCC (Banker, Charnes y Cooper). Este modelo asume que las escalas de operación de las DMU son diferentes.

La eficiencia operativa se define como una proporción que representa el nivel de productividad (uso de insumos) de una DMU con respecto a las mejores productividades de la muestra. Los modelos están orientados a los insumos:

Modelo CRS

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta_k \\ \text{s.a.} \quad & \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ji} \leq \theta x_{ki} \quad i = 1, \dots, I \\ & \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{jo} \geq y_{ko} \quad o = 1, \dots, O \\ & \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, J \end{aligned}$$

Modelo VRS

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta_k \\ \text{s.a.} \quad & \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ji} \leq \theta x_{ki} \quad i = 1, \dots, I \\ & \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{jo} \geq y_{ko} \quad o = 1, \dots, O \\ & \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, J \\ & \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \quad j = 1, \dots, J \end{aligned}$$

El potencial para innovar es una proporción que representa el incremento máximo en la producción del proceso de innovación tecnológica manteniendo el mismo nivel de insumos. Los modelos están orientados a los productos. En este caso, los productos considerados son: patentes, aplicaciones e incremento en ventas:

Modelo CRS

$$\max \Theta_k$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ji} \leq x_{ki} \quad i = 1, \dots, I$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j y_{jo} \geq \Theta y_{ko} \quad o = 1, \dots, O$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, J$$

Modelo VRS

$$\max \Theta_k$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ji} \leq x_{ki} \quad i = 1, \dots, I$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j y_{jo} \geq \Theta y_{ko} \quad o = 1, \dots, O$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, J$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \quad j = 1, \dots, J$$

Los criterios para determinar la eficiencia relativa en el modelo DEA son:

* Eficiencia DEA. El desempeño de DMU_0 es completamente eficiente (100%) si y sólo si

- a) $\theta = 1$, y
- b) todas las variables de holgura $s_i = s_r = 0$

* Eficiencia DEA débil. El desempeño de DMU_0 es débilmente eficiente si y sólo si

- a) $\theta = 1$, y
- b) $s_i \neq 0$ y/o $s_r \neq 0$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis fue realizado en tres pasos. En el primero se sometieron las relaciones entre insumos y productos a un análisis de correlación para identificar posibles patrones de asociación. El segundo paso fue calcular la eficiencia técnica del proceso de innovación tecnológica de las empresas de la muestra ($n = 50$) resolviendo los cuatro modelos descritos anteriormente. Por último, se realizó un análisis de correlación para determinar patrones de asociación entre las dos medidas

de eficiencia técnica (eficiencia operativa y potencial para innovar) con respecto a los insumos y productos.

1. Relación entre insumos y productos del proceso de innovación tecnológica

Los patrones de asociación encontrados entre las variables que representan los insumos y los productos del proceso de innovación tecnológica muestran tres interacciones significativas.

La primera que resultó significativa fue la de {personal, inc_vtas}, con una ligera correlación positiva ($r = 0.364, p = 0.01$). Esta relación puede explicarse por las economías de escala que pueden darse en el proceso de innovación tecnológica, es decir, a mayor número de personas dedicadas a estas actividades, mayor productividad (más ideas generadas, filtradas y transformadas) en las actividades de innovación que se traducen en mejoras sustanciales o en la creación de nuevos productos y procesos que generan más ventas.

La segunda interacción insumo-producto que resultó significativa fue el par {inversión, patentes}, con una moderada correlación positiva ($r = 0.503, p = 0.00$). Esta relación puede explicarse porque a mayor inversión, mayor es el riesgo de las empresas, por lo tanto, existen más incentivos para proteger la propiedad intelectual. Los beneficios de las patentes generadas por las actividades de innovación tecnológica justifican la inversión efectuada y refuerzan los incentivos para continuar invirtiendo en estas actividades.

Tabla 1. Matriz de correlación entre las variables de insumos y productos/resultados (n = 50)

Variables		Productos/resultados		
		patentes	aplicaciones	inc_vtas
Insumos	personal	0.0317	0.1603	0.3642
		$p = 0.827$	$p = 0.266$	$p = 0.009$
	tiempo	0.0283	0.1435	0.2384
		$p = 0.846$	$p = 0.320$	$p = 0.095$
	inversión	0.5034	0.1137	0.3607
		$p = 0.000$	$p = 0.432$	$p = 0.010$

El tercer caso de interacción insumo-producto significativa fue el de {inversión, inc_vtas}, el cual presenta una ligera correlación positiva ($r = 0.361$, $p = 0.01$). Esto refuerza la idea de que una empresa que destina más recursos a las actividades de innovación tendrá mayores posibilidades de éxito en el mercado. La relación entre el desempeño de las empresas y la actividad innovadora ha sido estudiada ampliamente (Lööf y Heshmati, 2006), con resultados similares, por lo tanto, la relación resulta congruente con los estudios realizados sobre el tema.

2. Eficiencia operativa y potencial para innovar

El segundo paso fue resolver los modelos de programación lineal para las dos medidas de eficiencia: eficiencia operativa y potencial para innovar. Los resultados de la estimación se presentan en el anexo.

La eficiencia operativa representa el nivel de productividad en el uso de insumos considerando la producción actual del proceso de innovación tecnológica. La media de la eficiencia operativa en el modelo CRS fue de 58.14% y en el modelo VRS de 65.96%. Esta diferencia indica que algunas empresas de la muestra presentan diferencias de escala en la operación del proceso de innovación tecnológica.

Los resultados del modelo CRS indican que 11 de las 50 empresas son eficientes, lo que representa 22% de la muestra. La revisión de las variables de holgura del modelo CRS muestra que las 11 empresas eficientes presentan un desempeño completamente eficiente (100%), es decir, ninguno de sus insumos puede ser optimizado sin modificar el uso de alguno de los otros insumos. En este modelo no hubo empresas que presentaran *ineficiencias técnicas*, es decir un desempeño débilmente eficiente.

En el caso del modelo VRS, los resultados de la estimación de la eficiencia relativa del proceso de innovación tecnológica muestran que del total de 50 empresas, 16 son eficientes, lo que representa 32% de la muestra. La revisión de las variables de holgura del modelo VRS, muestra que una de las 16 empresas eficientes presenta *ineficiencias técnicas*, es decir, presenta un desempeño débilmente eficiente o, en otras palabras, que determinados insumos pueden ser optimizados sin afectar el uso de otros insumos.

El potencial para innovar es el incremento máximo en la producción del proceso de innovación tecnológica que se puede lograr con el mismo nivel de insumos. Para interpretar el potencial para innovar es necesario aclarar que la

eficiencia de una DMU en el modelo orientado a producto (Färe, Grosskopf y Lovell, 1994) es igual a 1 para las DMU eficientes y mayor a 1 para las no eficientes.

La interpretación de los resultados del potencial para innovar nos indica que una empresa que se encuentra en una eficiencia de 100% ha alcanzado su máximo nivel de producción con los insumos destinados. Una eficiencia superior a 100% en una empresa indica que existe un potencial para incrementar su producción con los insumos destinados. Entre mayor sea la medida de eficiencia, mayor es el potencial que tienen las empresas para incrementar su producción actual, es decir, de incrementar su productividad.

La media del potencial para innovar en el modelo CRS fue de 320.32% y en el modelo VRS de 142.27%. Esta discrepancia indica diferencias importantes en la productividad del proceso de innovación tecnológica en las empresas de la muestra.

Los resultados del modelo CRS muestran que 11 de las 50 empresas son eficientes, lo que representa 22% de la muestra. La revisión de las variables de holgura del modelo CRS muestra que las 11 empresas eficientes presentan un desempeño completamente eficiente (100%), es decir, ninguno de sus productos puede ser optimizado sin modificar la producción de alguno de los otros productos. En este modelo no hubo empresas con un desempeño débilmente eficiente, es decir, que presentaran *ineficiencias técnicas*.

En el caso del modelo VRS, los resultados de la estimación del potencial para innovar muestran que del total de 50 empresas, 26 son eficientes, lo que representa 52% de la muestra. La revisión de las variables de holgura del modelo VRS, muestra que 11 de las 26 empresas eficientes presentan *ineficiencias técnicas*, es decir, que determinados productos/resultados pueden ser optimizados sin afectar la producción de otros productos/resultados.

3. Potencial del factor humano para innovar

Para efectuar el análisis del potencial del factor humano para innovar, se revisaron con detalle los resultados del DEA. De manera muy particular, se observa que el tiempo laboral dedicado a la innovación presenta correlaciones negativas que son significativas en tres de los cuatro modelos de eficiencia. La interpretación de este resultado es muy directa: dado que el DEA optimiza el uso de los insumos para estimar la frontera de producción (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978) es de esperarse que exista una correlación inversa entre los insumos y la eficiencia.

Lo interesante en este caso es observar la contribución de los insumos a la eficiencia operativa. Los resultados del modelo CRS muestran que, en las empresas completamente eficientes, la variable de personal dedicado contribuye a la eficiencia en 35%, mientras que en las empresas ineficientes la variable de personal dedicado es la que mayor aporte tiene, contribuyendo con 50% de la eficiencia. El modelo VRS muestra que en las empresas completamente eficientes el tiempo laboral aporta 34% de la eficiencia, mientras que en las empresas ineficientes el personal dedicado es el de mayor aporte, con 52%. Estos números indican que en las empresas completamente eficientes los tres insumos tienen un peso similar en el desempeño del proceso de innovación tecnológica. Por el contrario, en las empresas ineficientes, el personal dedicado a la innovación tecnológica es el factor que más impacta el desempeño del proceso de innovación tecnológica.

La importancia de este hallazgo es fundamental, ya que implica la posibilidad de que en las empresas completamente eficientes existan estructuras organizacionales para la innovación, o bien, una visión de la dirección para dirigir los esfuerzos de innovación (Van de Ven, 1986), donde el aprendizaje organizacional juega un papel central en la continuidad de las actividades de innovación tecnológica (Cohen y Levinthal, 1990; Van de Ven y Polley, 1992; Teece, Pisano y Shuen, 1997).

Las empresas completamente eficientes son el referente para comparar a las demás, ya que son las que fijan el nivel de la frontera de producción. En términos del potencial del factor humano, es posible inferir con los resultados obtenidos que las empresas completamente eficientes cuentan con el capital humano para generar innovaciones, es decir, existe evidencia para descartar la hipótesis de que la falta de potencial del capital humano sea un problema generalizado en la industria de Jalisco.

Esta evidencia se refuerza con los resultados obtenidos para las empresas ineficientes, en particular, en el uso de los insumos representados por las variables de holgura, donde el personal dedicado presenta valores de cero tanto para el modelo CRS como para el VRS, lo que demuestra que aquél es el insumo que se utiliza de manera óptima, mientras que la inversión y, en menor medida, el tiempo laboral dedicado son elementos que pueden ser mejorados.

Un fenómeno que es importante mencionar es el bajo nivel de correlación entre el personal dedicado y los productos obtenidos de la innovación tecnológica, tales como mejoras en productos, en procesos, aplicaciones de software, etc. (OCDE, 2005, p. 92). Esto sugiere que la productividad se ve afectada más

por el desfase temporal entre el uso de los insumos y la generación de productos/resultados de las actividades de innovación tecnológica que por la intensidad en el uso de los insumos (Castellacci y Zheng, 2007) y, en particular, del personal dedicado. Con esto se puede deducir la existencia de rendimientos decrecientes en el proceso de innovación tecnológica, por lo tanto, se puede asumir que las capacidades actuales del personal son suficientes para generar innovaciones tecnológicas descartando nuevamente la hipótesis de la falta de potencial de capital humano.

CONCLUSIONES

La principal problemática que adolecen las pequeñas empresas, además de la falta de recursos económicos, es la carencia de una cultura empresarial para invertir en innovación, incluyendo las actividades de investigación y desarrollo (Arechavala, 1998; CONACYT, 2001; Góngora y Madrid, 2010, p. 28), por lo que su situación es precaria en términos de desarrollo tecnológico.

En 2006, el COECYTJAL llevó a cabo un estudio en Jalisco sobre innovación tecnológica en el que una tercera parte de las pequeñas empresas del sector manufacturero de Jalisco manifestaron que el capital humano no tiene las capacidades y habilidades requeridas para innovar. Los datos de este estudio fueron transformados para utilizarlos en modelos de eficiencia del proceso de innovación tecnológica y del potencial de innovación. A pesar de las limitaciones en la información, fue posible determinar la eficiencia y el potencial de las empresas con resultados que son congruentes con otros estudios semejantes (Knudsen, Dallum y Villumsen, 2001; Mancusi, 2008; Murovec y Prodan, 2009).

Los hallazgos del análisis indican que poco más de la mitad de las empresas de la muestra, a pesar de ser pequeñas, presentan diferencias de escala en su proceso de innovación tecnológica, es decir, procesos diferenciados que pueden atribuirse al capital humano (habilidades para resolver problemas), a efectos de la estructura organizacional (Utterback, 1971; Van de Ven, 1986) o bien al liderazgo de la empresa (Van de Ven, 1986; Cosh, Fu y Hughes, 2005; Baumol, 2004, p. 31), lo que se puede observar por medio de la intensidad de la inversión en capital relacionado a las actividades de innovación. Estas diferencias de escala sugieren la existencia de rendimientos variables (decrecientes o crecientes) en el proceso de innovación tecnológica, lo que implica que la productividad del proceso de innovación tecnológica resulte más afectada por el desfase temporal que existe entre el uso de los insumos y la obtención de resultados, que por la

intensidad en la utilización de los insumos (Castellacci y Zheng, 2007). El grupo de empresas que operan en la misma escala de producción, aunque no sean eficientes, puede tener un nivel de madurez similar en su proceso de innovación, por lo tanto, es posible implementar una política de fomento a la innovación que coadyuve a la institucionalización de estas actividades en estas organizaciones.

También se observó que algunas empresas ineficientes podrían tener rendimientos decrecientes en su proceso de innovación. Esto implicaría, desde la perspectiva de Cohen y Levinthal (1989 y 1990), que la capacidad de absorción de conocimiento de las empresas no se está desarrollando de una manera adecuada, ya que esta capacidad es un proceso temporal de acumulación y consolidación del conocimiento tácito y explícito (Nonaka y Takeuchi, 1995) que se espera tenga un efecto positivo en la eficiencia del proceso de innovación tecnológica (Knudsen, Dalum y Villumsen, 2001; Mancusi, 2008; Murovec y Prodan, 2009).

Otro hallazgo importante se refiere a la contribución que tiene el personal dedicado a la innovación en el indicador de eficiencia, ya que va más allá de 50%, lo que sugiere la existencia de capacidades y habilidades en el capital humano, además de estructuras organizacionales funcionales o en proceso de formación (Utterback, 1971; Van de Ven, 1986), donde la continuidad sería entonces un factor importante en los procesos de aprendizaje organizacional (Utterback, 1971; Cohen y Levinthal, 1990).

Factores adicionales que pueden incidir en la eficiencia del proceso de innovación de las empresas estudiadas son la visión de la dirección para dirigir los esfuerzos de innovación (Van de Ven, 1986; Cosh, Fu y Hughes, 2005), la capacitación relacionada con las actividades de innovación (Acemoglu, 1997; Knudsen, Dalum y Villumsen, 2001; Cosh, Fu y Hughes, 2005; Murovec y Prodan, 2009), las actividades de investigación y desarrollo intramuros (Cohen y Levinthal, 1989; Cohen y Klepper, 1996; Knudsen, Dalum y Villumsen, 2001) y la asimilación tecnológica vía adquisición de tecnología (Koc y Ceylan, 2007).

Estos resultados son congruentes con los trabajos teóricos de Cohen y Levinthal (1989) y Romer (1990), así como con otros estudios empíricos (Crépon, Duguet y Mairesse, 1998; De Jong y Marsili, 2006; Lööf y Heshmati, 2006; Romo y Hill, 2006; Radas y Bozic, 2009) donde se demuestra que el capital humano es fundamental en el desarrollo de las actividades de innovación tecnológica. Esto refuerza la importancia de este capital y del desarrollo de habilidades y capacidades para realizar actividades de innovación (Penrose, 1955; OCDE, 2005).

El análisis de la eficiencia del proceso de innovación puede ampliarse e incorporar más factores de producción e incluso puede utilizarse para medir cada parte del proceso de innovación. Esto abre una línea de investigación sobre eficiencia del proceso de innovación a nivel de la empresa como objeto de estudio. Este análisis puede aplicarse en cualquier contexto geográfico utilizando técnicas de muestreo aleatorio o muestreo estratificado para posibilitar generalizaciones sobre el comportamiento del proceso de innovación por tamaño de empresa, por sector económico o por ubicación geográfica.

ANEXO. RESULTADOS DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS DE LA MUESTRA

DMU	Eficiencia operativa			Potencial para innovar		
	CRS	VRS	Escala	CRS	VRS	Escala
F1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F2	87.72%	94.05%	93.27%	113.99%	100.00%	113.99%
F3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F4	33.73%	33.85%	99.65%	296.43%	256.86%	115.41%
F5	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F6	96.22%	100.00%	96.22%	103.92%	100.00%	103.92%
F7	78.08%	78.08%	100.00%	128.07%	100.47%	127.47%
F8	37.74%	60.00%	62.90%	265.00%	259.09%	102.28%
F9	22.36%	24.67%	90.64%	447.18%	138.59%	322.66%
F10	19.18%	19.18%	100.00%	521.29%	118.74%	439.02%
F11	81.45%	85.92%	94.80%	122.77%	100.00%	122.77%
F12	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F13	97.07%	99.27%	97.78%	103.02%	100.93%	102.07%
F14	52.89%	98.61%	53.64%	189.08%	111.47%	169.62%
F15	94.80%	100.00%	94.80%	105.48%	100.00%	105.48%
F16	92.95%	100.00%	92.95%	107.58%	100.00%	107.58%
F17	7.26%	7.26%	100.00%	1376.69%	100.00%	1376.69%
F18	40.72%	41.04%	99.22%	245.55%	138.59%	177.18%
F19	12.85%	16.07%	79.96%	777.95%	133.23%	583.92%
F20	37.04%	55.00%	67.35%	269.98%	225.65%	119.65%
F21	17.33%	23.14%	74.89%	577.07%	225.65%	255.74%

DMU	Eficiencia operativa			Potencial para innovar		
	CRS	VRS	Escala	CRS	VRS	Escala
F22	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F23	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F24	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F25	18.77%	23.73%	79.10%	532.74%	202.83%	262.65%
F26	10.86%	46.67%	23.27%	921.05%	527.75%	174.52%
F27	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F28	46.18%	91.67%	50.38%	216.55%	190.91%	113.43%
F29	38.59%	42.69%	90.40%	259.13%	231.32%	112.02%
F30	98.16%	100.00%	98.16%	101.87%	100.00%	101.87%
F31	53.58%	57.28%	93.54%	186.63%	172.18%	108.39%
F32	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F33	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F34	48.59%	69.30%	70.12%	205.81%	187.90%	109.53%
F35	8.02%	8.02%	100.00%	1246.90%	138.59%	899.70%
F36	47.86%	48.25%	99.19%	208.92%	138.59%	150.75%
F37	62.82%	81.82%	76.78%	159.20%	158.09%	100.70%
F38	24.57%	27.22%	90.26%	406.98%	148.11%	274.78%
F39	54.76%	73.52%	74.48%	182.61%	182.06%	100.30%
F40	34.97%	38.74%	90.27%	285.92%	140.59%	203.37%
F41	79.92%	100.00%	79.92%	125.12%	100.00%	125.12%
F42	53.77%	55.91%	96.17%	185.97%	100.00%	185.97%
F43	80.74%	80.74%	100.00%	123.86%	100.00%	123.86%
F44	6.58%	7.58%	86.81%	1520.15%	100.00%	1520.15%
F45	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
F46	16.83%	81.12%	20.75%	594.35%	100.00%	594.35%
F47	32.35%	32.35%	100.00%	309.15%	100.00%	309.15%
F48	15.52%	24.97%	62.15%	644.38%	285.43%	225.76%
F49	18.99%	20.94%	90.69%	526.64%	100.00%	526.64%
F50	45.28%	49.40%	91.66%	220.85%	100.00%	220.85%
Media	58.14%	65.96%		320.32%	142.27%	
Desviación estándar	34.22%	33.27%		335.20%	75.61%	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboites, Jaime, y Guzmán, Alenka (2002). “La ID en la empresa innovadora”, *Administración y Organizaciones*, año 4, núm. 8, julio, pp. 89-105.
- Acemoglu, Daron (1997). “Training and Innovation in an Imperfect Labour Market”, *The Review of Economic Studies*, vol. 64, núm. 3, pp. 445-464.
- Arechavala, Ricardo (1998). “Formas de operación en pequeñas empresas del occidente de México: Los retos de la competitividad en mercados abiertos”, *Revista de Contaduría y Administración*, núm. 189, pp. 66-84.
- Arrow, Kenneth (1962). “The economic implications of learning by doing”, *Review of Economic Studies*, núm. 29, pp. 155-173.
- Baffes, John, y Vasavada, Utpal (1989). “On the choice of functional forms in agricultural production analysis”, *Applied Economics*, vol. 21, núm. 8, pp. 1053-1061.
- Banker, Rajiv; Charnes, Abraham, y Cooper, William (1984). “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Sciences*, vol. 30, núm. 9, pp. 1078-1092.
- Battese, George (1992). “Frontier production functions and technical efficiency: A survey of empirical applications in agricultural economics”, *Agricultural Economics*, vol. 7, pp. 185-208.
- Baumol, William (2004). *The Free-Market Innovation Machine. Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Boisier, Sergio (2005). “¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización?”, *Revista de la CEPAL*, núm. 68, agosto, pp. 47-62.
- Bravo-Ureta, Boris, y Pinheiro, Antonio (1993). “Efficiency analysis of developing country agriculture: a review of the frontier function literature”, *Agricultural and Resource Economics Review*, vol. 22, núm. 1, pp. 88-101.
- Capdevielle, Mario (1999). “El cambio tecnológico en la teoría microeconómica neoclásica”, en Leonel Corona Treviño (coord.), *Teorías económicas de la tecnología*, México, Jus.
- Castellacci, Fulvio, y Zheng, Jinghai (2007). “Technological Regimes, Schumpeterian Patterns of Innovation and Firm Level Productivity Growth”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 19, núm. 6, Oxford University Press, pp. 1829-1865.
- Charnes, Abraham; Cooper, William; Lewin, Arie, y Seiford, Lawrence (1995). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Norwell, Mass., Kluwer Academic Publishers.
- Charnes, Abraham; Cooper, William, y Rhodes, Edwardo (1978). “Measuring the effi-

- ciency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, vol. 3, núm. 4, p. 339.
- Chiesa, Vittorio; Coughlan, Paul, y Voss, Chris (1996). “Development of a Technical Innovation Audit”, *Journal of Product Innovation Management*, vol. 13, núm. 2, pp. 105-136.
- COECYTJAL (2006). *Estudio sobre innovación en las pymes de Jalisco*, Guadalajara, Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco.
- Coelli, Tim (1995). “Recent developments in frontier modelling and efficiency measurement”, *Australian Journal of Agricultural Economics*, vol. 39, núm. 3, pp. 219-245.
- Cohen, Wesley, y Klepper, Steven (1996). “Firm Size and the Nature of Innovation within Industries: The Case of Process and Product R&D”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 78, núm. 2, pp. 232-243.
- Cohen, Wesley, y Levinthal, Daniel (1989). “Innovation and Learning: The Two Faces of R&D”, *The Economic Journal*, vol. 99, núm. 397, pp. 569-596.
- (1990). “Absorptive Capacity: A new perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, núm. 1, pp. 128-152.
- CONACYT (2001). *Encuesta Nacional de Innovación (ENI)*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Cosh, Andy; Fu, Xiaolan, y Hughes, Alan (2005). “Management characteristics, collaboration and innovative efficiency: Evidence from UK survey data”, *working paper* 311, Centre for Business Research, University of Cambridge.
- Crépon, Bruno; Duguet, Emmanuel, y Mairesse, Jacques (1998). “Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level”, *working paper* 6696, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- DTI (2005). *Creativity, Design and Business Performance*, DTI Economics Paper 15, UK, Department of Trade and Industry.
- Dussel, Enrique (2004). “Pequeña y mediana empresa en México: condiciones, relevancia en la economía y retos de política”, *Economía UNAM*, núm. 2, pp. 64-84.
- Dutrénit, Gabriela (2009). *Sistemas regionales de innovación: un espacio para el desarrollo de las pymes*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dutrénit, Gabriela, y Fuentes, Claudia de (2009). “Abordajes teóricos sobre derramas de conocimiento y capacidades de absorción”, en Gabriela Dutrénit (coord.), *Sistemas regionales de innovación: un espacio para el desarrollo de las pymes*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 33-54.
- Emrouznejad, Ali; Parker, Barnett, y Tavares, Gabriel (2008). “Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scho-

- larly literature in DEA”, *Journal of Socio-Economics Planning Science*, vol. 42, núm. 3, pp. 151-157.
- Färe, Rolf; Grosskopf, Shawna, y Lovell, Knox (1985). *The Measurement of Efficiency of Production*, Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing.
- (1994). *Production frontiers*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Farrell, Michael (1957). “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistic Society*, vol. 120, núm. 3, pp. 253-290.
- Fried, Harold; Lovell, Knox, y Schmidt, Shelton (1993). *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*, Nueva York , Oxford University Press.
- Godin, Benoit (1996). “The State of Science and Technology Indicators in the OECD Countries”, *research paper* 1, Statistics Canada.
- Góngora, Gabriel, y Madrid, Antonia (2010). “El apoyo a la innovación de la pyme en México. Un estudio exploratorio”, *Investigación y Ciencia*, vol. 18, núm. 47, pp. 21-30.
- Greene, William (1993). “The econometric approach to efficiency analysis”, en Harold Fried, Knox Lovell y Shelton Schmidt, *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*, New York, Oxford University Press, pp. 68-119.
- Hualde, Alfredo, y Díaz, Claudia (2010). “La industria de software en Baja California y Jalisco: dos experiencias contrastantes”, *Memorias del 5º Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad 2010: Tecnologías Convergentes para la Competitividad* , s.l., SINNCO 2010.
- INEGI (s.f.a). “Banco de Información Económica”, en *Banco de Información Económica (BIE)*. Consultado el 14 de octubre de 2011 en www.inegi.org.mx/sistemas/bie/.
- (s.f.b). “Censos Económicos 2009”, en *Censos Económicos 2009*. Consultado 14 de octubre de 2011 en www.inegi.cog.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/default.asp?s=est&c=14220.
- Isaksen, Arne, y Smith, Kevin (1997). *Innovation policies for SME's in Norway: Analytical framework and policy options*, Report to the Research Council of Norway, Board for Technology Transfer Programmes 2, Oslo, STEP Group.
- Jong, Jeroen de, y Marsili, Orietta (2006), “The Fruit Flies of Innovation: A taxonomy of innovative small firms”, *Research Policy*, vol. 35, núm. 2, pp. 213-229.
- Judd, Kenneth (1985). “On the Performance of Patents”, *Econometrica*, vol. 53, núm. 3, mayo, pp. 567-585.
- Knight, Kenneth (1967). “A Descriptive Model of the Intra-Firm Innovation Process”, *The Journal of Business*, vol. 40, núm. 4, pp. 478-496.
- Knudsen, Mette; Dalum, Bent, y Villumsen, Gert (2001). “Two faces of absorptive capa-

- city creation: access and utilization of knowledge”, ponencia presentada a la Nelson and Winter Conference, organizada por la Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID), Aalborg, junio.
- Koc, Tufan, y Ceylan, Cemil (2007). “Factors impacting the innovative capacity in large-scale companies”, *Technovation*, núm. 27, pp.105-114.
- Kolodovski, Andrei (2006). *Innovation Process*, Dinamarca, Risø National Laboratory.
- Krugman, Paul (1998). “The Role of Geography in Development”, en Boris Pleskovic y Joseph E. Stiglitz (eds.), *Annual World Bank Conference on Development Economics*, Washington, DC, The World Bank.
- Lööf, Hans, y Heshmati, Almas (2002). “Knowledge Capital and Performance Heterogeneity: An Innovation Study at Firm Level”, *International Journal of Production Economics*, vol. 76, núm. 1, pp. 61-85.
- (2006). “On the relationship between innovation and performance: A sensitivity analysis”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15, núms. 4-5, pp. 317-344.
- Lovell, Knox (1993). “Production frontiers and productive efficiency”, en Harold Fried, Knox Lovell y Shelton Schmidt, *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*, New York, Oxford University Press, pp. 120-159.
- Lundvall, Bengt-Åke (2005). “The economics of knowledge and learning”, en J.L. Christensen y B. Å. Lundvall, *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance*, Amsterdam, Elsevier, pp. 21-42.
- Mancusi, Maria (2008). “International spillovers and absorptive capacity: A cross-country cross-sector analysis based on patents and citations”, *Journal of International Economics*, vol. 76, núm. 2, pp. 155-165.
- Maria, Mauricio de (2002). *Pequeñas y medianas empresas industriales y política tecnológica: el caso mexicano de las tres últimas décadas*, Serie Desarrollo Productivo 123, Santiago de Chile, CEPAL.
- Medina, Francisco, y Ramírez, Alberto (2007). *Estudio para la creación del Sistema Estatal de Innovación Jalisco*, Guadalajara, COECYTJAL.
- Muller, Amy; Välikangas, Liisa, y Merlyn, Paul (2005). “Metrics for innovation: guidelines for developing a customized suite of innovation metrics”, *Strategy & Leadership*, vol. 22, núm. 1, pp. 37-45.
- Murovec, Nika, y Prodan, Igor (2009). “Absorptive capacity, its determinants, and influence on innovation output: Cross-cultural validation of the structural model”, *Technovation*, núm. 29, pp. 859-872.
- Myers, Summer, y Marquis, Donald (1969). *Successful industrial innovations*, Washington, National Science Foundation.

- Nelson, Richard; Winter, Sydney, y Schuette, Herbert (1976). “Technical change in an evolutionary model”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 1, febrero, pp. 90-118.
- Nonaka, Ikujiro, y Takeuchi, Hitotaka (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- OCDE (1997). *Manual de Oslo*, 2.^a edición, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- (2005). *Manual de Oslo*, 3.^a edición, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- (2006). *Enhancing the Competitiveness of SMEs through Innovation*, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- Palacios, Juan (2003). “La industria electrónica en Jalisco: ¿De aglomeración desarticulada a complejo industrial integrado?”, en Enrique Dussel, Juan Palacios y Guillermo Woo (coords.), *La industria electrónica en México: problemática, perspectivas y propuestas*, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, sin paginación.
- Pavitt, Keith (1984). “Sectoral Patterns of Technical Change: Toward a Taxonomy and a Theory”, *Research Policy*, vol. 13, núm. 6, pp. 343-73.
- (2003). “The Innovation Process”, *working paper* 89, The Freeman Center, University of Sussex.
- Penrose, Edith (1995). *The Theory of the Growth of the Firm*, 3.^a edición, New York, Oxford University Press.
- Pérez, Bartolomé, y Carrillo, Emilio (2000). *Desarrollo local: manual de uso*, Madrid, ESIC Editorial.
- Perroux, François (1950). “Economic space: theory and applications”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 64, núm. 1, Cambridge, Massachusetts, pp. 89-104.
- Pettigrew, Andrew; Woodman, Richard, y Cameron, Kim (2001). “Studying organizational change and development: challenges for future research”, *Academy of Management Journal*, vol. 44, núm. 4, pp. 697-713.
- Pisano, Gary (1994). “Knowledge, integration, and the locus of learning: An empirical analysis of process development”, *Strategic Management Journal*, vol. 15, *winter special issue*, pp. 85-100.
- Porter, Michael (1991). “Towards a Dynamic Theory of Strategy”, *Strategic Management Journal*, vol. 12, pp. 95-117.
- Radas, Sonja, y Bozic, Ljiljana (2009). “The antecedents of SME innovativeness in an emerging transition economy”, *Technovation*, vol. 29, núms. 6-7, pp. 438-450.
- Rogers, Mark (1998). “The Definition and Measurement of Innovation”, Melbourne Ins-

- titude Working Paper 10/98, Melbourne Institute of Applied Economic and Social Research, The University of Melbourne.
- Romer, Paul (1990). “Endogenous Technological Change”, *The Journal of Political Economy*, vol. 98, núm. 5, octubre, pp. 71-102.
- Romijn, Henry, y Albaladejo, Manuel (2002). “Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in southeast England”, *Research Policy*, vol. 31, pp. 1053-1067.
- Romo, David y Hill, Pablo (2006). “Los determinantes de las actividades tecnológicas en México”, Documentos de Trabajo en Ciencia y Tecnología CIDEICYT 06-01, Programa de Ciencia y Tecnología del CIDE.
- Ruiz, Clemente (2000). *Esquema de regionalización y desarrollo local en Jalisco, Méjico: el paradigma de una descentralización fundamentada en el fortalecimiento productivo*, Santiago, CEPAL/GTZ.
- Sanz, Luis, y Arias, Esther (1998). “Especialización y capacidades tecnológicas de las regiones españolas: un análisis a través de las patentes europeas”, documento de trabajo 98-10, Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC).
- Seiford, Lawrence (1996). “Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995)”, *Journal of Productivity Analysis*, vol. 7, núms. 2-3, pp. 99-137.
- SEPLAN (s.f.). “¿Cómo vamos en Jalisco? Tablero de indicadores del desarrollo de Jalisco”, en *Bienvenido al Tablero de Indicadores*. Consultado el 22 de noviembre de 2012 en <http://seplan.app.jalisco.gob.mx/indicadores>.
- Silva, Iván (2005). “Desarrollo económico local y competitividad territorial en América Latina”, *Revista de la CEPAL*, núm. 85, pp. 81-100.
- Swann, Peter (2002). *Innovative Businesses and the Science and Technology Base: An Analysis Using CIS3 Data. Report for Department of Trade and Industry Final Draft*, London, University of Manchester.
- Teece, David (1989). “Inter-Organizational Requirements of the Innovation Process”, *Managerial and Decision Economics*, vol. 10, special issue: “Competitiveness, Technology and Productivity”, pp. 35-42.
- Teece, David; Pisano, Gary, y Shuen, Amy (1997). “Dynamic Capabilities and Strategic Management”, *Strategic Management Journal*, vol. 18, núm. 7, pp. 509-533.
- Thompson, Gary (1992). “Choice of flexible functional forms: review and appraisal”, *Western Journal of Agricultural Economics*, vol. 13, núm. 2, pp. 169-183.
- Utterback, James (1971). “The Process of Technological Innovation within the Firm”, *The Academy of Management Journal*, vol. 14, núm. 1, pp. 75-88.

- Van de Ven, Andrew (1986). “Central problems in the management of innovation”, *Management Science*, vol. 32, núm. 5, mayo, pp. 590-607.
- Van de Ven, Andrew, y Polley, Douglas (1992). “Learning while innovating”, *Organization Science*, vol. 3, núm. 1, febrero 1992, pp. 92-116.
- Vázquez-Barquero, Antonio (1999). *Desarrollo, redes e innovación*, Madrid, Ediciones Pirámide.
- Villalba, Nuria (2005). “Dinamismo de los establecimientos pequeños en la industria”, *Revista de Economía Aplicada*, vol. XIII, núm. 37, pp. 5-29.
- Zahra, Shaker, y George, Gerard (2002). “Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization, and Extension”, *The Academy of Management Review*, vol. 27, núm. 2, pp. 185-203.