



ALGUNAS LECCIONES DEL PROGRAMA DE FOMENTO A LA INNOVACIÓN EN MÉXICO

SOME LESSONS FROM MEXICO'S PROGRAM FOR INNOVATION PROMOTION

DANIEL VILLAVICENCIO CARBAJALⁱ y ANTONIO CHIAPA ZENÓNⁱⁱ

Fecha de Recepción: 30/10/2017 | Fecha de Aprobación: 15/12/2017

Resumen: Este trabajo analiza una muestra de empresas innovadoras en México de distintas industrias para los años 2007-2009, que fueron apoyadas por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía-Conacyt. El objetivo es construir una taxonomía que permita caracterizar las capacidades tecnológicas de las empresas, identificar los factores que subyacen a su comportamiento y evaluar el desempeño de los proyectos. Para este propósito se utilizaron dos técnicas estadísticas: conglomerados con algoritmo EM y análisis de correspondencias. Se concluye que existe poca convergencia entre las capacidades de las firmas y el impacto del proyecto, y que el problema de la divergencia puede deberse a factores estructurales del mercado o al papel de algunas instituciones.

Abstract: One of the challenges of the Economics of Innovation is the construction of models that seek to describe and explain companies' behavior during R+D activity development, and these models' application for S&T and Innovation policy design. This paper analyses a sample of innovative companies in Mexico, which were granted by the Technological Innovation Program of the Ministry of Economy and CONACYT. Our aim was to build up a classification in order to explain innovation capabilities of the granted firms, and to assess the performance of their R+D projects. For this purpose, we used two statistical techniques: conglomerates and correspondences. The taxonomy we obtained describes stylized facts and STI capabilities of the companies and their projects' impacts. We conclude that the problem of convergence or divergence may be linked to market structural factors or to the role played by some institutions.

Palabras Clave:

*Política Innovación.
Capacidades de las
empresas.*

Keywords:

*Public policy.
Science.
Technology &
Innovation Policy.
Multifactorial analysis.
Evaluation.*

ⁱ Profesor e Investigador. Posgrado en Economía y Gestión de la Innovación. División de Ciencias Sociales y Humanidades (DCSH) de la UAM Xochimilco.

ⁱⁱ Universidad Nacional Autónoma de México.

1. Introducción

El crecimiento económico se basa en gran medida en la innovación (Dosi, 1988). Conforme se difunden los beneficios en términos de generación de nuevos mercados, rendimientos crecientes, flujos de conocimiento, etcétera, la evidencia empírica sugiere que la economía de un país depende, cada vez más, de la incorporación de conocimiento científico y tecnológico al mercado. Sin embargo, la naturaleza de los procesos de innovación implica incertidumbre³ en distintos niveles: las tendencias en el mercado, la dinámica de las tecnologías insumo necesarias para la producción, el estado del arte del conocimiento, la apropiabilidad de las rentas, etcétera. Todo esto puede limitar la motivación de las empresas para realizar innovaciones, en la medida en que existen riesgos para recuperar los costos de la inversión.

Diversos estudios sugieren que para que un país o una región compongan un ambiente propicio para el desencadenamiento de este tipo de procesos, es necesaria la coordinación y la interacción de diversos agentes que permitan potenciar las motivaciones y reducir los riesgos que enfrentan las firmas. Es necesario crear incentivos y generar políticas adecuadas para que los agentes a nivel micro y otras instituciones asistan al encuentro del esfuerzo compartido por llevar a cabo procesos de innovación. Debido a lo anterior, una de las principales preocupaciones en política económica en general y científica y tecnológica en particular es el otorgamiento de estímulos a la innovación. En México, la Secretaría de Economía (SE) en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) crearon el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) para promover la innovación en las empresas⁴. El propósito del programa es apoyar a las Micro, Pequeñas y Medianas empresas, así como a Personas Físicas con actividad empresarial que desarrollen o adopten actividades de Innovación y Desarrollo Tecnológico⁵ (I+D). Uno de los retos que en términos de política presenta la aplicación de estos estímulos es hacer eficiente el uso de los recursos públicos asignados a las empresas que presentan su candidatura para el programa FIT. Así, una preocupación central de ambas instituciones es saber en qué medida un proyecto de la empresa X es lo suficientemente robusto para tener los efectos esperados. Lo deseable es que las empresas obtengan beneficios económicos derivados de la explotación y/o creación de conocimiento dando como resultado un producto o un proceso nuevos o mejorados. Asimismo, es deseable que de manera indirecta el aprendizaje logrado por la empresa a partir de la ejecución del proyecto, tenga efectos positivos sobre la cadena de valor a la cual pertenece, mediante derramas tecnológicas hacia sus proveedores de insumos, o hacia sus clientes y, en términos más generales hacia la región y la industria a la que pertenece.

En este sentido, analizar el comportamiento de los proyectos a los que se les ha otorgado el financiamiento sirve para identificar patrones y tendencias que su vez permiten hacer una evaluación de los proyectos y con ello mejorar el proceso de selección en el futuro, así como los atributos del programa mismo. En la literatura sobre el cambio tecnológico el uso de entrevistas y ejercicios estadísticos es común para hacer este tipo de evaluaciones⁶. Los modelos evolucionistas asumen que uno de los caminos más viables para incorporar las variables que describen los procesos de innovación de las empresas es generar modelos empírico-inductivos. Uno de los hitos en este tipo de ejercicios es la taxonomía de Pavitt cuyo objetivo fue clasificar empresas sobre la base de sus competencias tecnológicas para determinar la naturaleza y complejidad de las determinantes de la actividad de innovación. La taxonomía permitió identificar el comportamiento de los sectores industriales con base en características de Investigación y Desarrollo (I+D) de las empresas, los insumos tecnológicos de los procesos productivos y las principales fuentes y el tipo de

³ Con incertidumbre se refiere a la definición clásica de la economía: en dónde no es posible otorgar alguna distribución de probabilidad a las variables aleatorias necesarias para la toma de decisiones.

⁴ Es un fideicomiso público creado entre la Secretaría de Economía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

⁵ Preferentemente con propuestas sujetas a patente.

⁶ Ver por ejemplo Nelson y Winter (1982) y Pavitt (1984).

conocimiento requerido.

Sin embargo, una dificultad muy seria es la enorme variabilidad que existe dentro de los grupos que conforman la taxonomía, sobre todo si se intenta agrupar a las firmas en términos de la industria y al régimen tecnológico al que pertenecen (Archibugi, 2001). El problema fundamental es que la variabilidad en los sectores o industrias ocasiona que el efecto en términos de derramas y flujos de conocimiento sea difícil de medir. En este sentido es necesario continuar en la búsqueda de herramientas que nos permitan evaluar el comportamiento y el impacto económico de las innovaciones. Este trabajo es un intento por explicar dicho comportamiento aplicando diversas técnicas multivariadas.

Tras una breve consideración del marco institucional que ha fomentado la innovación de las empresas en México y una explicación metodológica de las técnicas multivariadas usadas para el ejercicio de clasificación, pasaremos a dar cuenta de la taxonomía elaborada para mostrar las variables relevantes correspondientes al desempeño de los proyectos de innovación, así como identificar los factores que subyacen a dicho comportamiento. Proponemos concluir con algunas recomendaciones de política pública sobre el tema de asignación de recursos del programa analizado.

2. El Fondo para la Innovación Tecnológica

De acuerdo con varios autores, el desempeño de la Política de Ciencia y Tecnología en México se ha caracterizado por una falta de continuidad institucional (por cambios políticos y crisis económicas), insuficiencia de recursos y carencia de instrumentos para evaluar el impacto de las políticas en términos del incremento en las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, del crecimiento económico y el bienestar social⁷.

Algunos estudios muestran la ausencia de capacidades de innovación en México y coinciden en que a pesar de los esfuerzos institucionales de los últimos años, la brecha tecnológica en varios sectores en relación a los competidores extranjeros aún es grande (FCCYT 2006:138; OCDE 2008). Si bien, la creación de programas de fomento a la innovación a inicios del presente siglo ha contribuido a incrementar la inversión privada en I+D por parte de las empresas, la creación de capacidades de innovación ha sido posible en porque aún predominan inercias estructurales asociadas a los rezagos tecnológicos, ineficiencias organizacionales y pautas idiosincrásicas heredadas de un marco institucional caracterizado por los subsidios directos a los costos de producción y el proteccionismo de los mercados (Villavicencio, 2009).

Los cambios ocurridos en la última década en el país, tanto en el contexto macroeconómico como en las formas de gobierno, coadyuvaron a un rediseño institucional que cambió las reglas del juego en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación. En este marco aparecieron instrumentos de fomento a la innovación con diversas características, y entre ellos el que analizamos en estas páginas.

El FIT tiene su antecedente en el fondo sectorial de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Económico implementado por el CONACYT y la Secretaría de Economía en 2002 y que operó hasta concluido el 2006. Su finalidad era promover la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector productivo, A lo largo de las convocatorias, las modalidades para apoyar los proyectos de las empresas fueron cambiando en función de las demandas del sector empresarial y de la redefinición de las estrategias de las instituciones financiadoras. Las modalidades de apoyo han sido tres: a) innovación y desarrollo tecnológico, b) creación de grupos y centros de ingeniería y diseño y c) fortalecimiento de la infraestructura tecnológica de la empresa o el sector industrial (modalidad que solo existió los dos primeros años.) (Villavicencio, 2012).

Las áreas de demanda del Fondo fueron cambiando con el tiempo de tal suerte que las empresas podían someter a concurso proyectos en diferentes sectores industriales, o bien desde la perspectiva de tecnologías transversales como las TICs, materiales, la nanotecnología, electrónica o biotecnología. Los

⁷ Véase los trabajos publicados en Valenti et al. (2008)

sectores industriales que han sido sujeto de convocatoria casi en todos los años son principalmente:

- Alimentos
- Automotriz y de autopartes
- Cuero, calzado y curtiduría
- Eléctrica y electrónica
- Farmacéutica (humana y veterinaria)
- Metalmecánica y bienes de capital
- Química y petroquímica
- Textil
- Biotecnología
- Aeronáutica

Gran parte de las empresas del país se ubican en estos sectores, que a su vez representan la base de la economía nacional tomando en cuenta indicadores como empleo, inversión, PIB, y exportaciones. En este sentido, consideramos que este Fondo enfocó sus esfuerzos para el desarrollo tecnológico y la innovación en sectores con mayor potencial y arrastre para la economía del país.

En el 2007 se introdujeron cambios en el programa, desde el nombre la intención de apoyar principalmente a las pequeñas y medianas empresas (Pymes), ya que durante el periodo anterior la mayor parte de los 282 proyectos apoyados fueron ejecutados por empresas grandes y medianas. (Villavicencio 2011). En el periodo que analizamos en este artículo (2007-2009) se han apoyado 150 proyectos, en las mismas áreas que en el período anterior. Este es el grupo de proyectos que representa el universo de nuestro análisis. Debemos tomar en cuenta que las empresas aportan menos el 50% de los recursos del proyecto, de manera que existen límites estructurales para que el número de proyectos de innovación se incremente; no solo por el monto asignado al programa por el gobierno federal que puede ser menor a la demanda de proyectos, sino porque el número de empresas que cuentan con recursos para invertir en proyectos de desarrollo tecnológico e innovación es pequeño y sobre todo las pymes, en comparación con el número total de establecimientos industriales existentes en el país. En este, las empresas grandes, medianas o pequeñas que han sometido proyectos en las convocatorias del Fondo representan un grupo que podemos denominar tecnológicamente activo o pro-activo en relación al gran universo de empresas cuya estrategia de permanencia en el mercado no se relaciona con la inversión en tecnología e innovación, sino con otros mecanismos como puede ser la reducción de costos o la venta de productos en mercados poco exigentes en calidad o de bajo valor agregado.

Consideramos que el Fondo de Innovación Tecnológica ha ofrecido incentivos a las Pymes para mejorar sus capacidades tecnológicas, incursionar en trayectorias de desarrollo tecnológico y en algunos casos proponer innovaciones con potencial de impacto sectorial en el mercado nacional. Sin embargo, para medir su impacto es necesario incorporar al análisis herramientas que permitan, de manera integral, abordar la complejidad y las múltiples dimensiones institucionales que atraviesan los procesos de I+D de las empresas.

3. Construcción del modelo

La regresión lineal múltiple y la aplicación de series de tiempo (en especial las construidas de modelos markovianos) son herramientas ampliamente usadas en la economía de la innovación para generar modelos predictivos. No obstante, la predicción para el caso de procesos de cambio e incertidumbre puede no ser siempre el mejor camino. Existen diversas técnicas capaces de lidiar con la interacción de muchas variables y explicar su compleja relación. Para los fines que nos ocupan utilizamos dos técnicas. El análisis de conglomerados y el de correspondencias.

3.1 Análisis de conglomerados

Una de las técnicas estadísticas más adecuadas para encontrar patrones a partir del análisis de múltiples variables es la de conglomerados. Esta técnica permite clasificar objetos basándose en las características que poseen (Hair, Anderson, Tatham y Black, 2005). Sin embargo, la recolección de datos sobre procesos de innovación en empresas de industrias y áreas tecnológicas diversas es un obstáculo para el análisis tradicional de conglomerados. Cuando los datos provienen de poblaciones mezcladas en distintas proporciones, emergen muchos problemas de estimación para distintas técnicas multivariadas (Miyamoto, 1990; Roberts y otros, 1998 y Watanabe, 2007).

Debido a lo anterior, este trabajo utiliza el algoritmo EM (esperanza-maximización)⁸ como una respuesta a la enorme diversidad de los procesos de innovación de las empresas que participan en este tipo de fondos. Con este algoritmo es posible estimar parámetros de proximidad inclusive si existen datos *perdidos*, variables latentes o cuando los datos provienen de una mezcla o combinación de distribuciones distintas.

Si se tienen observaciones multivariadas en un conjunto de n objetos que forman un arreglo, X_1, X_2, \dots, X_n donde cada X_j es un vector de dimensión p . Cada X_j emerge de una superpoblación G , que es una mezcla de un número finito g de poblaciones G_1, G_2, \dots, G_g en proporciones $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$

Donde la sumatoria sobre las proporciones es 1, por tanto tenemos que:

$$(1) \sum_{i=0}^g \pi_i = 1, \pi_i \geq 0; i = 1 \dots g$$

$$(2) f(x; \bar{\theta}) = \sum_{i=0}^g \pi_i f_i(x; \bar{\theta})$$

$$(3) \tilde{\pi}_i = \sum_{i=0}^n \frac{\tilde{\tau}_i}{n} \quad i = \{1, \dots, g\}$$

En donde $\tilde{\tau}_i$ es la probabilidad de pertenecer al grupo i

$$(4) \sum_{i=0}^g \sum_{j=0}^n \frac{\tilde{\tau}_{ij} \delta \log f_i(x_i; \theta)}{\delta \theta}$$

$$(5) Q = (\varphi_t, \varphi_0) = E \{ \langle L(\varphi) | X; \varphi \rangle \}$$

En (5) se reduce el problema a una función Q , que depende del parámetro ϕ para un valor inicial ϕ_0 y para un valor en el tiempo ϕ_t que es igual a la esperanza del logaritmo de la distribución conjunta dados los valores. El siguiente paso es maximizar dicha función. Con la igualdad de la ecuación (5) es factible maximizar una función Q (cuando no era posible maximizar una distribución multimodal). La razón por la que en la práctica estos modelos son ampliamente usados es que se satisface que, sin importar con que valores se comience en ϕ_0 , se convergerá a valores cada vez más altos de verosimilitud conforme el número de iteraciones crezca. Esto sin duda es una razón empírica de peso para evaluar, en el caso que nos ocupa, procesos de aglomeración vía este algoritmo.

⁸ El algoritmo EM es una estimación bayesiana más robusta que permite lidiar con el ruido y los datos atípicos. Sin embargo, este acercamiento solo permite calcular un número óptimo de componentes sólo para datos continuos Roberts, Husmeier, Rezek, & Penny (1998).

3.2 Análisis de correspondencias

El análisis de correspondencias es una excelente técnica para procesar datos cuando no hay un cuerpo teórico probado que describa de manera confiable el comportamiento de las poblaciones. Su objetivo no es la prueba de hipótesis sino la exploración de los datos. Este análisis es una herramienta útil para explorar las relaciones entre los distintos niveles de una tabla de contingencia y generar hipótesis que puedan ser útiles en etapas de análisis posteriores.

Con esta técnica se probará si existe relación estadística entre el tamaño de la empresa y la trayectoria tecnológica de las empresas. Así, se generarán hipótesis sobre la relación estadística entre (i) las actividades tecnológicas realizadas por la empresa antes de iniciar el proyecto con el FIT y su tamaño y (ii) el grado de innovación de los procesos y productos anterior al Fondo y su tamaño.

4. El ejercicio estadístico

Se aplicó una encuesta electrónica a las empresas cuyos proyectos fueron aprobados en las convocatorias del FIT de 2007 a 2009. La encuesta permitió recabar información de (1) las variables económicas que definen el comportamiento de la empresa y (2) el impacto que ha tenido el proyecto aprobado en relación a las estrategias tecnológicas de la propia empresa. La encuesta se envió a los responsables técnicos de los proyectos a partir del mes de enero de 2011, y se divide en 4 partes. La primera es sobre datos generales de la empresa, mientras que las otras tres recogen información económica, el perfil tecnológico y el impacto del proyecto.

4.1 Taxonomía de las empresas del FIT

Con la finalidad de caracterizar a las empresas beneficiadas por el fondo se utilizaron los datos económicos y de perfil tecnológico que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 Perfil de variables utilizadas en la modelación

| Dimensión | Variable | Tipo de variable | Codificación |
|---|---|------------------|-----------------|
| Desempeño económico ⁹ | Promedio de Monto de ventas (miles de pesos) | Numérica | Ventas |
| | Promedio de % de ventas para exportación | Numérica | Exportaciones |
| | Promedio ponderado de ventas y el número de productos principales | Numérica | Diversificación |
| Usuarios de la tecnología | Porcentaje de ventas por tipo de clientes (Consumidores finales, Otras empresas y Sector gubernamental) | Numérica | Finales |
| | | Numérica | Intermedios |
| | | Numérica | Gobierno |
| Proveedores | Porcentaje de insumos que representan sus 3 principales proveedores | Numérica | Diversificación |

⁹ Para la serie de 2007-2010. Deflactado a precios de 2008. El método de imputación fue el promedio de la serie para los datos existentes.

| | | | |
|----------------------------|---|----------|----------------|
| | Porcentaje de insumos de proveedores especializados | Numérica | Especializados |
| | Porcentaje de insumos de proveedores extranjeros | Numérica | Extranjeros |
| Esfuerzo innovativo | Presupuesto asignado a un área de I+D | Numérica | I+D |

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el algoritmo de esperanza-maximización se obtuvo una taxonomía de tres grupos. En la figura 1 a 3 se muestran las gráficas de los hechos estilizados. En la parte horizontal derecha se muestra una escala que va de -1.5 a 1.5. Esto representa una medida estandarizada. Una distancia sobre la cual podemos analizar cada variable.

En el lado horizontal izquierdo se utiliza una escala ordinal, declarada subjetivamente, para dividir en 5 grados la escala. Aquellos promedios entre -1.5 y -1.0 son denominados como *muy bajo*, entre -1.0 y -0.5 *bajo*, entre -0.5 y 0.5 como *medios*, y los mismos intervalos se mantienen hacia los signos positivos para las categorías *alto* y *muy alto*.

I. El primer grupo se encuentra dominado por aquellas empresas cuyos usuarios de tecnología son otras empresas. Las ventas y las exportaciones tienen un valor bajo, y en promedio son caracterizados por tener pocos proveedores. Por otro lado, tienen valores medio y bajo para una de las variables más reconocidas en la literatura sobre esfuerzo innovativo, a saber, el presupuesto asignado a un departamento de ID. Una caracterización importante de este grupo es que tiene niveles medios altos en el uso de insumos extranjeros y proveedores especializados.

II. El grupo dos presenta los valores más altos para las variables de *ventas* y *exportación*. Sin embargo, al revisar el tamaño de las empresas que fueron aglomeradas en este grupo hallamos que aquí se encuentra el mayor número de proyectos que pertenecen al tipo de empresa grande. Es probable que por esta razón también se caracteriza por tener altos valores en presupuesto asignado al departamento de investigación y desarrollo. En cuanto al tipo de usuarios, este grupo es dominado por la variable *gobierno*. Es decir, un alto porcentaje de ventas de estas empresas se origina por compras del sector gubernamental. Con respecto a la dimensión de proveedores resulta significativo que no tenga valores altos para proveedores especializados, pero sí para insumos extranjeros.

III. El desempeño económico del tercer grupo tiene los valores más bajos para las variables *ventas*, *exportación* y *diversificación*. En términos de los usuarios de la tecnología, este grupo está claramente dominado por el consumidor final, mientras que tiene valores medios para el sector gobierno y casi nada para la variable *intermedios*. También está caracterizado por un nivel medio en cuanto a la diversificación de proveedores. Este grupo casi no importa insumos para sus procesos productivos pero sí utiliza insumos especializados. En cuanto al esfuerzo innovativo las empresas de este tercer conjunto tienen un valor más grande para el presupuesto en I+D que el grupo I.

Figura 1. Hechos estilizados del grupo 1

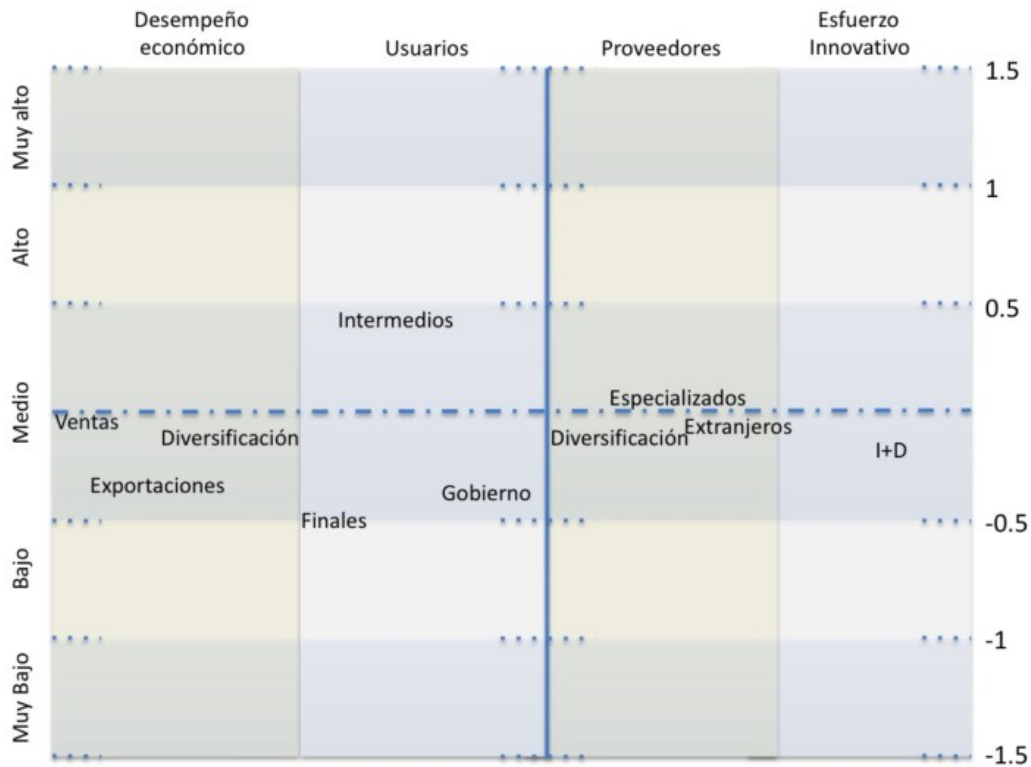


Figura 2. Hechos estilizados del grupo 2

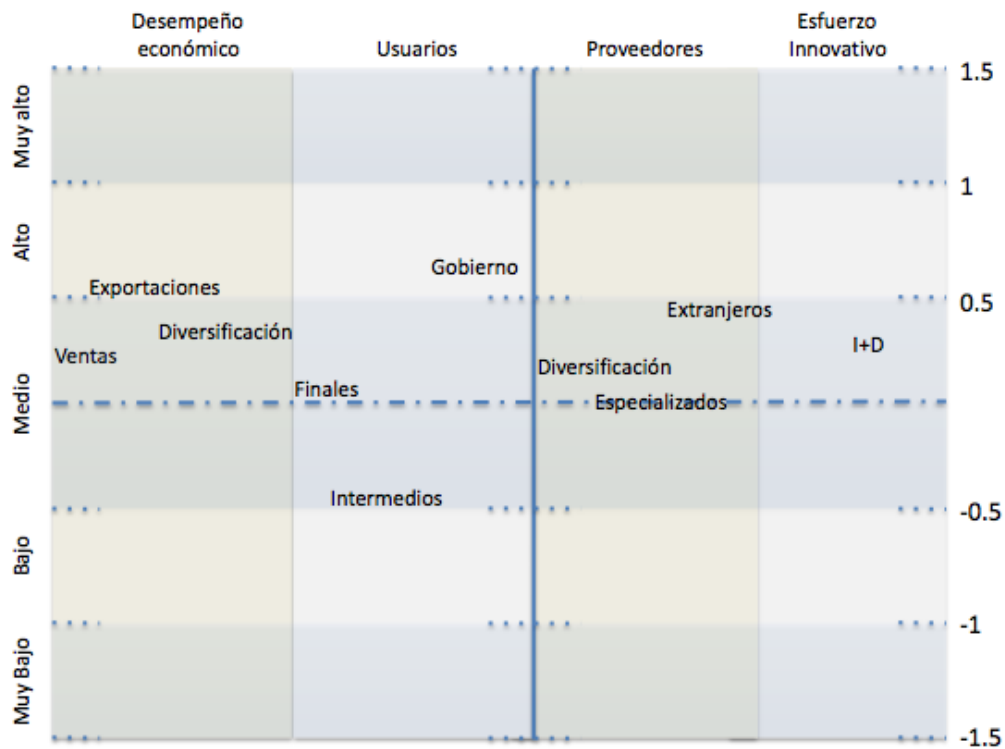
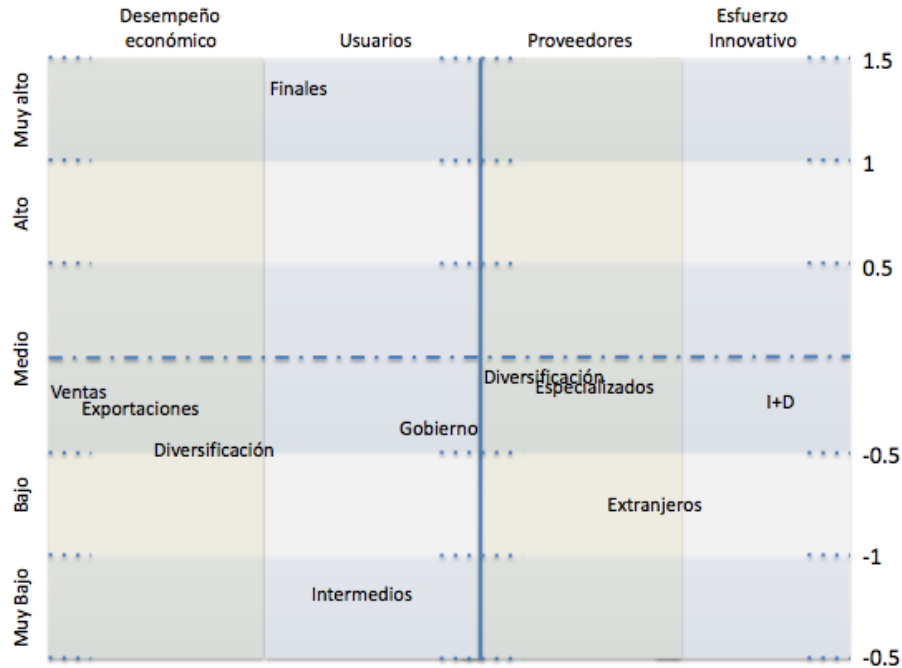


Figura 3. Hechos estilizados del grupo 3



Si bien el grupo dos presenta la caracterización más cercana a las expectativas que el tomador de decisiones en materia científica y tecnológica le gustaría encontrar con frecuencia en un aspirante para la obtención de estímulos de innovación (en términos de desempeño económico y esfuerzo innovativo) podría ocurrir que estas empresas no capitalicen los apoyos con innovaciones de alto impacto. Por ejemplo, este grupo (en su mayoría formado por empresas grandes) dependen de la importación de insumos clave en la elaboración de sus productos. Además, tienen una gran dependencia en ventas hacia el sector gubernamental. En muchas ocasiones la normatividad de estos sectores demanda certificaciones de calidad y técnicas pero no de innovación. Por otro lado, los usuarios de tecnología del grupo uno son otras empresas (generalmente manufactura) y podrían estar sujetas a las fuerzas de competitividad específicas de su industria. Asimismo, el uso de proveedores especializados y altamente diversificados podría convertirse en un fuerte incentivo a explorar áreas del conocimiento fuera de su vecindad tecnológica lo que podría redundar en innovaciones con impacto.

Se puede afirmar que las empresas que han participado en el FIT se clasifican en tres grupos. Dos de ellos exhiben desempeños alrededor de la media y por debajo, mientras que sólo un grupo muestra un comportamiento por arriba del promedio. Sin embargo, como resultado de este ejercicio de conglomerados se concluye que no se aprecia una clara convergencia entre las variables que miden las capacidades de las empresas y aquellas que se encuentran ligadas al aprendizaje tecnológico y organizacional (relación proveedor-usuario).

Para profundizar sobre la hipótesis de que las empresas no capitalizan de manera adecuada sus capacidades se realizaron diversos ejercicios taxonómicos que analizan el comportamiento de la empresa anterior al proyecto con el impacto posterior al mismo. Se encontró que las capacidades tecnológicas de las empresas no están correlacionadas con el impacto económico e innovativo del proyecto. Es decir, a pesar

de que existen empresas con altas o medianas capacidades tecnológicas instaladas¹⁰, realizan proyectos con poco impacto mediante innovaciones incrementales. Mientras que hay empresas que con menor capacidad instalada tienen proyectos con mayor potencial de innovación, derrama, y frontera tecnológica. Otro hallazgo interesante es que los mecanismos institucionales y legales a los que tienen acceso no son suficientes para apropiarse de los retornos que devienen de los proyectos. Resulta contra intuitivo pensar que si realizan de manera rutinaria actividades de innovación no hayan incorporado a sus procesos organizacionales acciones encaminadas a protegerlas. Pero, de ser así, se deberían reforzar los mecanismos para que las empresas especifiquen o detallen cuáles serán los mecanismos de protección intelectual que utilizarán.

Es interesante observar que la mayoría de empresas de tamaño Mediano cuentan con una infraestructura importante en actividades de I+D, y sus proyectos se encuentran áreas de alto valor agregado como por ejemplo en *Diseño y Manufactura avanzada*. Además, en este grupo se encuentran la mayoría de las empresas que pertenecen a sectores con las mayores tasas de innovación.

Por ejemplo, las empresas de aeronáutica, a pesar de ser una quinta parte de los proyectos en la muestra, tienen una tasa de innovación casi tres veces mayor a la tasa de innovación que hacen en su conjunto las empresas del sector agro industrial que conforman el 25 % de los proyectos en la muestra. La estructura del sector en aeronáutica incentiva el comportamiento de las empresas hacia actividades con una mayor competitividad, inserción en cadenas de proveeduría globales y el uso de insumos especializados que en su mayoría no son nacionales. Estas actividades motivan a las empresas a explorar en espacios tecnológicos de fronteras, o a incluir actividades de vigilancia tecnológica o *forecasting* que les permiten ampliar su frontera de conocimiento para la creación de nuevos productos, procesos o sustituir el uso de insumos especializados. Por el contrario, la dinámica del sector agro industrial responde a una estructura de menor competitividad, donde los insumos y los requerimientos tecnológicos son en su mayoría regionales, y donde los agentes exploran en espacios científicos de la biotecnología, más que en ámbitos tecnológicos.

Al menos para el análisis de los proyectos en la muestra, parece que estas consideraciones sobre la lógica del sector tienen un peso importante al momento de definir las capacidades tecnológicas y de innovación de las empresas; pero sobre todo, del impacto innovativo de los proyectos apoyados por el FIT. Si analizamos el comportamiento del grupo taxonómico III, el cual tuvo el peor desempeño, veríamos que se encuentra dominado por empresas del agro, en el área de la biotecnología, y por empresas en tecnologías de la información. Estas últimas, tienen un amplio potencial de innovación debido a su aplicación transversal a lo largo de diferentes industrias y su capacidad de potenciar nuevo conocimiento. Sin embargo, se podría cometer el error sistemático de suponer que es una variable que funciona de manera independiente en la selección de los proyectos que postulan al FIT.

4.2 Caracterización de las actividades tecnológicas y tipos de innovación de las empresas

Además de las variables continuas con las que se realizó el ejercicio taxonómico, construimos tablas que nos dan información sobre las rutinas organizacionales y patrones de aprendizaje tecnológico y de innovación de las empresas anterior al proyecto. Para realizar la tabla de contingencia se decidió filtrar por tamaño de empresa. A continuación se hace el análisis de correspondencias para las rutinas de las empresas antes del proyecto.

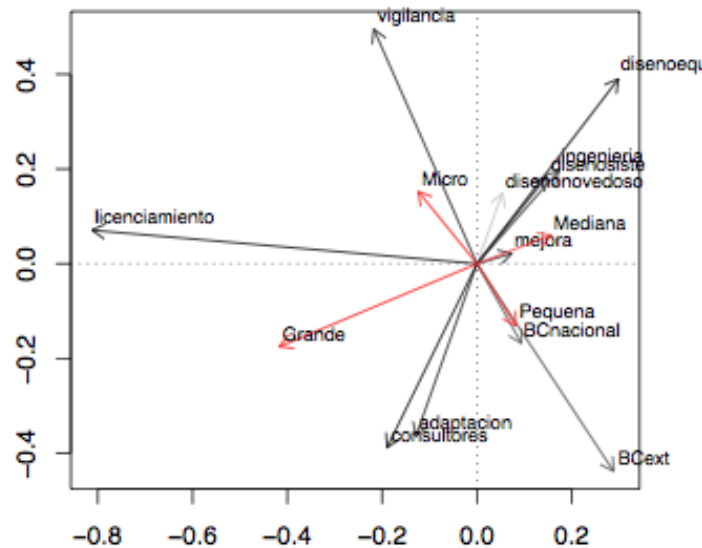
¹⁰ Aquellas que tienen valores por encima del promedio para las siguientes variables categóricas: Utilización de algún tipo de certificación o estandarización en sus procesos productivos, utilización de personal especializado (recursos humanos con posgrado relacionado a sus actividades productivas), modelo de gestión de tecnología, utilización de apoyos CONACYT anteriores al proyecto, grado de innovación de sus productos.

Cuadro 2. Actividades que se desarrollaban en las empresas antes del proyecto

| | Micro | Pequeña | Mediana | Grande | Total |
|--|-------|---------|---------|--------|-----------|
| Adaptaciones menores a los procesos | 17 | 25 | 15 | 7 | 64 |
| Mejoras incrementales de producto | 17 | 21 | 18 | 5 | 61 |
| Ingeniería de reversa | 9 | 10 | 11 | 2 | 32 |
| Licenciamiento de tecnología patentada | 7 | 3 | 2 | 4 | 16 |
| Diseño de procesos novedosos | 17 | 19 | 13 | 3 | 52 |
| Desarrollo sistemático de productos nuevos | 15 | 17 | 15 | 3 | 50 |
| Diseño de equipos para el proceso productivo | 10 | 10 | 12 | 1 | 33 |
| Adquisición de BC de origen nacional | 7 | 11 | 7 | 2 | 27 |
| Adquisición de BC de origen extranjero | 4 | 12 | 11 | 3 | 30 |
| Vigilancia tecnológica | 11 | 6 | 9 | 3 | 29 |
| Contratación de consultores y servicio tecnológico especializado | 12 | 18 | 11 | 6 | 47 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Relación entre tamaño de empresa y rutinas organizacionales



Análisis de correspondencias representado en un mapa asimétrico¹¹

De acuerdo con la figura 4, la longitud en las flechas demuestra la diferencia en intensidad y su contribución relativa de cada elemento que se muestra en el mapa. Las categorías de tamaño de empresa son ortogonales entre ellas, esto quiere decir que el tamaño de las empresas define actividades de aprendizaje

¹¹ En este caso los renglones se encuentran en coordenadas principales. Un mapa asimétrico se define como una gráfica conjunta de renglones y columnas donde ambos conjuntos de puntos tienen diferente normalización. De esta manera es posible observar la correlación entre renglones y columnas en un mismo plano.

y gestión de la tecnología.

También se aprecia que las actividades relacionadas con aprendizaje de procesos productivos se encuentran a la derecha del eje vertical. Así, las empresas medianas están asociadas con tareas de alto valor agregado y complejidad tecnológica como lo son: el diseño de procesos novedosos, la ingeniería de reversa, el desarrollo sistemático de nuevos productos, el diseño de equipos para el proceso productivo y mejoras incrementales de producto. Las firmas de tamaño pequeño se vinculan con procesos productivos menos complejos como la adquisición de bienes de capital nacional y extranjero.

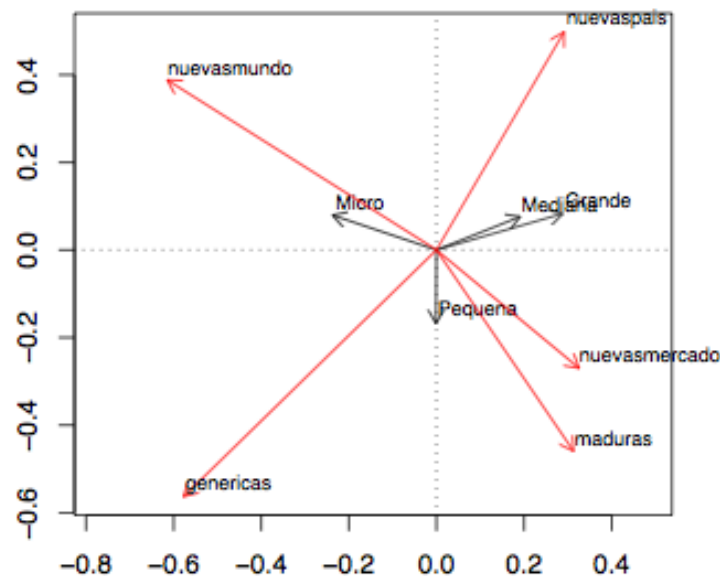
En el lado izquierdo del eje horizontal se encuentran las actividades relacionadas a la obtención y la explotación del conocimiento. Se observa que ningún tipo de empresa está asociado a actividades de licenciamiento de tecnología. Es interesante observar la relación que existe entre la categoría micro y las actividades de vigilancia tecnológica. Finalmente, las firmas de gran tamaño se vinculan con actividades de consultoría.

A continuación se presenta el ejercicio de análisis de correspondencias relativo al grado de innovación por tamaño de empresa.

Cuadro 3. Tecnologías utilizadas en los procesos productivos de las empresas antes del proyecto

| | Genéricas | Nuevas en el mercado | Nuevas en el país | Nuevas en el mundo | Maduras |
|---------|-----------|----------------------|-------------------|--------------------|----------|
| Micro | 6 | 12 | 18 | 18 | 6 |
| Pequeña | 6 | 16 | 16 | 11 | 10 |
| Mediana | 2 | 13 | 10 | 8 | 7 |
| Grande | 0 | 5 | 6 | 3 | 3 |
| TOTAL | 14 (8%) | 46 (26%) | 50 (28%) | 40 (23%) | 26 (15%) |

Figura 5. Relación entre tamaño de empresa e innovaciones organizacionales



Análisis de correspondencias representado en un mapa asimétrico

Como se puede ver en la figura 5, sólo existe asociación entre tres tamaños de empresa y dos grados de innovación. En los cuadrantes que se encuentran por encima del eje horizontal yacen los grados de mayor novedad. Esto es, aquellos proyectos que fueron innovadores a nivel país y a nivel internacional. Hacia abajo están las innovaciones de menor nivel, es decir, aquellas que se catalogaron como novedad en México, tecnologías maduras y genéricas.

En los cuadrantes que se ubican por encima del eje horizontal se aprecian dos grupos. En el primer grupo tenemos a las empresas de tamaño micro, están asociadas con el grado de innovación más alto. Este hallazgo es interesante puesto que, como se observó en el apartado anterior, este tipo de empresas realizan ejercicios de vigilancia tecnológica como actividad primordial. Sin duda esto es una característica de perfil muy importante de estas empresas en la muestra, aunque no necesariamente quiere decir que dichas empresas puedan o tengan la capacidad para optimizar los recursos otorgados por el FIT. En el segundo grupo se encuentran las firmas de tamaño grande y mediano. Éstas se encuentran asociadas a innovaciones a nivel país.

Si se analizan detalladamente los procesos de aprendizaje de las empresas y su capitalización en actividades de innovación se podrían construir esquemas que expliquen *ex ante*, de qué manera las empresas que postulan al FIT pueden eficientar los recursos que se les asignan y con ello cumplir con los objetivos de la política pública. Si definimos los procesos de aprendizaje de las empresas como las causas o precondiciones necesarias para la emergencia de innovaciones, y a la generación de productos y procesos como el efecto o resultado de dichos procesos, se observa entonces que los elementos causales de la innovación se encuentran estrechamente vinculados con la escala de las empresas y los efectos de la innovación con la lógica del sector a la que pertenecen y el mercado en el que se desempeñan.

Por otro lado, las prácticas organizacionales que identifican a las micro empresas se encuentran relacionadas a la obtención de conocimiento sobre el estado del arte del conocimiento como la vigilancia tecnológica. Los esfuerzos tecnológicos que realizan estas empresas son variables importantes puesto que es una forma de sobreponerse a los problemas de escala o de *barreras a la entrada* existentes en la industria a la que pertenecen. De tal manera, se observa que algunas empresas micro logran consolidar sus actividades de vigilancia tecnológica innovando en productos a nivel mundial.

En términos generales, las empresas logran capitalizar sus procesos de aprendizaje e innovación al abocarse a mejoras de proceso, generación de bienes de capital y diseño de manufactura avanzada. La escala y la infraestructura instalada con la que cuentan se los permite. En este sentido, es un acierto continuar apoyando a empresas de este tamaño que necesiten fortalecer su encadenamiento productivo, en especial aquellas que busquen sustituir insumos especializados que todavía se importan al país.

Por otro lado, las grandes empresas se encuentran muy relacionadas a sectores maduros y de baja innovación. Esta observación es importante ya que las empresas grandes cuentan con el cociente más bajo de esfuerzo innovativo (ventas destinadas a la inversión I+D), y si bien muchas de ellas se encuentran en el grupo II de mejor desempeño económico y mayor gasto en I+D, los efectos en términos de innovación no son los esperados. Lo anterior podría deberse a que su producción se encuentra inserta en una lógica de proveeduría global, y las decisiones sobre el tipo y grado de innovación son realizadas en las oficinas centrales de las empresas multinacionales. Así que en términos de política pública, un criterio de selección es que las grandes empresas deberían mostrar el rumbo de sus innovaciones y que éstas se encuentren, o bien en la frontera tecnológica o con una capacidad articuladora de proveeduría mayor, y con esto aprovechar su escala.

5. Conclusiones

Una de las conclusiones más importantes de este trabajo es acerca del perfil de las empresas que ha apoyado el FIT. En la dimensión tecnológica y de innovación, podemos decir que las capacidades y la predisposición a innovar de las empresas son homogéneas. Sin embargo, al incluir en el ejercicio estadístico la dimensión de desempeño económico y variables sobre el entorno (áreas tecnológicas, dinámica de mercado, instituciones, etc.), el comportamiento de las empresas se vuelve sumamente heterogéneo.

La taxonomía nos señala algunas características particulares de las empresas que deberían ser tomadas en cuenta en los programas de fomento a la innovación, pero también apunta la necesidad de incorporar algunos aspectos que se encuentran fuera del ámbito de las mismas, como lo es la lógica del sector o mercado al que pertenecen, y deberían ser tomadas en cuenta en los criterios de selección. En este sentido, se confirma la idea presentada en el apartado dos, al asumir que un ejercicio de evaluación que integre mayores dimensiones al análisis de los procesos de IDT de las empresas, permite generar información sobre el comportamiento de las empresas que debe ser tomada en cuenta en términos de política científica y tecnológica.

En este sentido, sugerimos que además de los requisitos administrativos y técnicos de una solicitud, se profundice en las características competitivas y tecnológicas de los sectores a los que pertenecen a las empresas postulantes. Para ello, es necesario profundizar en el conocimiento del sector, y en la mejor comprensión de los procesos de aprendizaje como resultado de la trayectoria específica de la empresa y su capitalización en innovaciones con impacto en el mercado nacional y también mundial.

En cuanto al impacto de los proyectos apoyados por el FIT, hemos encontrado aspectos interesantes. Se encontró que el grado de innovación del proyecto no se distribuye de manera homogénea. Es decir, al igual que cuando se hace la taxonomía de las empresas, se observa un grupo pequeño que tiene un impacto muy alto del proyecto; otro grupo, muy nutrido, con un impacto medio y por último un conjunto de empresas con un desempeño muy pobre. No obstante un análisis estadístico reporta que, consistentemente, las capacidades de las empresas y el desempeño del proyecto en términos de innovación no están necesariamente relacionados, dado que hay aspectos del sector y los mercados que intervienen en la relación causal.

Lo anterior quiere decir que con regularidad podríamos confundir el verdadero potencial que una empresa tiene para aprovechar los recursos del FIT en términos de aquello que las empresas reportan o que realizarán con el proyecto. Por ejemplo, para el caso de las empresas que cuentan con altas capacidades tecnológicas y no generan desempeños sobresalientes en innovación, puede deberse a que los mecanismos financieros no les permitan trascender las limitaciones del mercado o del sector en el que se encuentran. Otro factor podría ser el comportamiento propio del sector o de la región, e.g., altos costos de materia prima, de energéticos o de distribución; o incluso ausencia de proveedores eficientes y confiables. O simplemente porque no hay clientes suficientes y disponibles con quienes comercializar una innovación de mayor alcance.

Por tanto, el problema de la divergencia entre las capacidades de las empresas y el impacto de los proyectos puede deberse a factores estructurales del mercado, a factores de información o a fallas institucionales (reglamentaciones) que impiden aprovechar todo el potencial de un producto o proceso nuevo o mejorado. Los primeros se refieren a elementos de la estructura económica, financiera y productiva del entorno de las empresas. Los segundos a las asimetrías de información, es decir, a pesar de que se encuentran los elementos en la estructura para lograr un mejor desempeño, no hay las vías de comunicación y canales de divulgación suficientes para vincular la oferta y la demanda. Finalmente, los terceros se refieren al marco regulatorio del comercio, de la propiedad industrial, de la transferencia de tecnología, de la vinculación con la academia, entre muchos otros aspectos, que son generales para el

conjunto de agentes de la economía, pero que afectan de manera diferenciada a las empresas de acuerdo al sector de pertenencia. Así, mientras que para algunas empresas en sectores emergentes alguna dispositivo regulatoria (certificaciones ambientales por ejemplo) se convierte en un incentivo para innovar, en sectores maduros el mismo dispositivo se convierte en una traba.

La recomendación es que en la medida en que los diversos programas de fomento a la innovación del CONACYT y la SE no se articulen de manera sistémica, y generen mecanismos integrales de incentivos, se tendrán resultados atípicos donde una empresa con bajas capacidades tenga buenos desempeños o viceversa. Es necesario que la Secretaría de Economía genere estudios del comportamiento de los mercados nacionales, regionales, sectoriales y globales, no únicamente en términos de los precios y sus índices, sino de la incorporación de conocimiento y la dinámica tecnológica. Es decir, urge la creación de índices tecnológicos y de innovación que permitan medir o fungir como factor de discriminación para la aceptación de proyectos para el FIT.

En países desarrollados se observa que el apoyo a las empresas en su esfuerzo por adquirir y mejorar las tecnologías e incrementar las actividades de I+D, ha sido posible mediante la combinación de instrumentos enfocados hacia las diferentes dimensiones que implica la innovación: recursos humanos calificados, infraestructura de I+D, redes de colaboración, absorción y transferencia tecnológica, escalamiento de proyectos, etcétera. De tal manera, las políticas no se encauzan únicamente a concebir programas para la solución de la visión particular de las empresas, sino para promover el aprovechamiento de oportunidades que genera el uso de nuevas tecnologías, para su difusión y apropiación, y para la innovación colaborativa entre la amplia gama de actores que concurren en la producción del conocimiento.

6. Referencias Bibliográficas

- Archibugi, D., 2001. Pavitt taxonomy: sixteen years on: a review article, *Economy Innovation new technology*, Vol. 10: 415-425.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and Soete, L., 1988. *Technical Change and Economic Theory*, London, New York: Pinter Publishers.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (2006). "Informe de actividades junio 2004-2006", FCCyT, México
- Greenacre, M., 2007. *Correspondence analysis in practice*, 2nda. Edición, Chapman and Hall: 274.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., y Black W., 2005. *Análisis Multivariante*, 5a edición, Pearson Prentice Hall: 799.
- Hardle, W. y Leopold S., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Ed. Springer: 486.
- Miyamoto, S., 1990. *Fuzzy Sets in information Retrieval in Cluster Analysis*, Springer-science: 259.
- Nelson, R. y Winter, S., 1982. *An evolutionary theory of economic change*, The Belknap Press of Harvard University Press: 454.
- Pavitt, K., 1984. Patrones sectoriales de cambio técnico: Hacia una taxonomía y una teoría, *Research Policy*, Volumen 13, Número 6: 343-373.
- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2008. *Handbook on constructing composite indicators*, Methodology and user guide.
- Roberts, S., Husmeier, D., Rezek, I., y W. Penny, (1998). Bayesian approaches to gaussian mixture modelling. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(11): 1133-1142.
- Valenti, G., Casalet, M., Avaro, D., 2008. *Instituciones sociedad del conocimiento y mundo de trabajo*, FLACSO México, Plaza y Valdés Editores: 473.
- Watanabe, M., Yamaguchi, K. 2004. EM algorithm in neural network learning. En N. Murata, S. Ikeda (Eds.) *The EM algorithm and related statistical models*. New York: Marcel Dekker: 95-125.
- VILLAVICENCIO D., (2009), "Recent changes in science and technology policy in Mexico: innovation incentives" en Martínez J.M. (Ed.) *Generation and Protection of Knowledge: intellectual property, innovation and economic development*, ECLAC, United, Nations, Santiago, pp. 263-290

VILLAVICENCIO D., (2011), “Retos para el diseño de políticas en México en el marco de la innovación abierta”, en Bracamontes A. y O. Contreras (eds), **Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Económico**, COLSON-COECYT, México, pp. 73-102

VILLAVICENCIO D., (2012), “Incentivos a la innovación en México: entre políticas y dinámicas sectoriales” en Carrillo, Hualde y Villavciencio., (Eds.), **Dilemas de la innovación en México**, COLEF-Red CCS, México, pp. 27-72