

Modelos para la evaluación de política pública en CTI: lecciones de los programas de innovación en México

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. El objetivo es construir una taxonomía que permita caracterizar los hechos estilizados de las empresas, identificar los factores que subyacen a su comportamiento y concluir en términos de recomendaciones de política pública. Las preguntas que se busca responder son ¿en qué medida las capacidades en CTI que poseen las firmas contribuyen al desempeño de los proyectos? Y ¿cómo pueden evaluarse dichas capacidades? Se concluye que existe poca convergencia entre las capacidades CTI de las firmas y el impacto innovativo del proyecto, y que el problema de la divergencia puede deberse a factores estructurales del mercado, a factores de información o a fallas institucionales.

Abstract

One of the challenges of the Economics of Innovation is the construction of models to describe and explain the firms' behavior when they develop R+D activities, and to use them for the creation of S&T and Innovation policies. This paper analyses a sample of innovative firms in Mexico belonging to different industrial sectors, who 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 the innovation capabilities of the granted firms, and to assess the performance of their R+D projects. For this purpose, we used two multivariable analysis techniques: conglomerates and correspondences. The taxonomy we obtained describes stylized facts and the links between the scientific, technological and innovation capabilities of firms and the impact of their granted projects. We conclude that the problem of convergence or divergence can be related to structural factors of the market, lack of information, or even to institutional failures.

1. Introducción

Un aspecto central del crecimiento económico son los procesos de innovación y el cambio tecnológico (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 contiene incertidumbre¹ 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 las motivaciones de las firmas para generar innovación.

Existe evidencia teórica que sugiere que para que un país o una región genere un ambiente

¹ 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.

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. A nivel de la empresa, podríamos dividir este proceso en dos. Uno de ellos es el conocimiento que se requiere para modificar las técnicas actuales de producción. Y el otro, que las modificaciones en esquemas de productos y procesos tengan una implementación o aceptación exitosa en el mercado.

Por lo tanto, 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 generar procesos de cambio tecnológico. Además, es necesario construir mecanismos de evaluación informativos. 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 de innovación al sector empresarial. En México, la Secretaría de Economía (SE) en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) han creado, desde hace más de 5 años, el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) para promover dichas actividades en las empresas². Tiene el propósito de 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 Tecnológico³. Uno de los retos que en términos de política presenta la aplicación de estos estímulos es eficientar el uso de los recursos asignados a las empresas que presentan su candidatura para el programa FIT. Es decir, ¿es el proyecto de la empresa X lo suficientemente robusto para reportar resultados adecuados según las expectativas de la SE y CONACYT? Adecuado se define como aquel proyecto que permita obtener beneficios económicos y flujos de conocimiento que se derramen al interior de la firma así como hacia el exterior vía el encadenamiento productivo, el aprendizaje hacia sus proveedores o usuarios y en términos más generales hacia la región e industria a la que pertenece.

Pero, ¿cómo identificar dichos proyectos de manera *a priori*? ¿De qué manera el conocimiento sobre el pasado puede ser una guía para dirigir los esfuerzos de la política de CTI en el futuro? En este sentido, existe una preocupación por encontrar mecanismos que permitan medir, identificar y construir categorizaciones útiles para mejorar nuestro conocimiento sobre el campo innovativo en contextos específicos. Se asume que al hacerlo es posible contar con una guía que permita asignar de mejor manera el fondo en los siguientes años.

De tal manera, si el comportamiento de los proyectos a los que se les ha otorgado el financiamiento sirve para el descubrimiento de patrones válidos entonces la evaluación de los proyectos a los que se les ha asignado el fondo es un mecanismo viable para eficientar el proceso de asignación en el futuro cercano⁴. En la literatura sobre el cambio tecnológico el uso de entrevistas y ejercicios estadísticos es común para hacer este tipo de evaluaciones (Nelson y Winter, 1982, Pavitt, 1984). Los modelos evolucionistas asumen que uno de los caminos más viables para incorporar las variables de CTI es generar modelos empírico-inductivos. Uno de los hitos en este tipo de ejercicios es la taxonomía de Pavitt. El objetivo consistió en clasificar firmas sobre la base de sus competencias tecnológicas, para determinar la naturaleza y complejidad de las determinantes de la actividad innovativa. Su taxonomía permitió obtener mapas del comportamiento industrial con base en características de IDT de las empresas, y a su vez generar modelos estáticos o evolutivos

² Es un fideicomiso público creado entre la Secretaría de Economía y en particular la Subsecretaría para la Pequeña y Mediana Empresa (SPYME) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

³ Preferentemente con propuestas sujetas a patente.

⁴ Aunque como es bien sabido en la literatura de economía de la innovación, la aparición de nuevas tecnologías y la incertidumbre sobre su distribución obliga a tomar con cierto cuidado tal afirmación

de las industrias.

No obstante, como lo señalan algunos autores. 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 primero con respecto a su industria y posteriormente con relación a su régimen tecnológico (Archibugi, 2001). Esta dificultad para capturar el impacto de la innovación en las empresas y fuera de ellas⁵ es una observación común dentro del cuerpo teórico que los estudia.

El problema fundamental es bifronte, primero porque muchas veces el impacto económico no es inmediato y segundo porque la variabilidad en los sectores o industrias ocasiona que el efecto en términos de derramas y flujos de conocimiento sea sumamente elusivo. 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.

Los objetivos particulares son:

1. Caracterizar a las empresas que participan en el fondo a través de una taxonomía que permita identificar las variables relevantes que se involucran con el desempeño de los proyectos de innovación.
2. Identificar los factores que subyacen a dicho comportamiento.
3. Concluir en términos de recomendaciones de política sobre la asignación de recursos para el FIT

2. La innovación y su contexto

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 social.⁶ Varios estudios muestran la ausencia de capacidades de innovación en México 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; ADIAT 2006; OCDE 2009). La creación de capacidades de innovación ha sido posible en pocos casos y en la mayor parte de las empresas del país 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.

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

⁵ En términos no sólo de distribución de recursos en la industria sino sobre todo de flujos de conocimiento en la región y en las cadenas productivas de las cuales forman parte de la empresa.

⁶ Véase los trabajos publicados en Valenti et al. (2008)

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 IDT de las empresas (OECD, 2008).

Este estudio propone la evaluación integral y sistémica de los proyectos del FIT, en oposición a una visión de la innovación y el desarrollo en función exclusivamente de las capacidades de la empresa y algunas características del entorno ampliamente señaladas en la literatura tradicional de la economía evolucionista (Archibugi, 2001). Es necesario incorporar otras variables en las cuales se expresan los sectores, las áreas tecnológicas, la dinámica del mercado específica al nicho industrial y territorial al que pertenecen, entre otras. El evaluar los proyectos de IDT con énfasis a si pertenecen o no a áreas ubicadas como potencialmente innovadoras como lo han sido la biotecnología, la nanotecnología o las tecnologías de la información (TICS) es insuficiente.

Tal situación revela la dificultad de escoger una herramienta que permita incorporar mayores dimensiones al procesamiento de los datos, y superar la enorme diversidad que supone dicha adición de variables.

3. Técnicas multivariadas alternativas como vía para la generación de modelos y taxonomías.

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

Según Hair, Anderson, Tatham, & Black (2005) el análisis de cluster es la denominación de un grupo de técnicas multivariantes cuyo principal propósito es agrupar objetos basándose en las características que poseen. Clasifica objetos o sujetos, es decir, a las instancias a las cuales se les mide alguna propiedad. Se pretende que los objetos agrupados en un sub conjunto sean lo más parecidos entre ellos y que a su vez sean lo más disímiles con respecto a los objetos que se encuentran en otros subconjuntos. En este caso la técnica está dirigida a realizar la taxonomía de las empresas del FIT.

El análisis de cluster es una técnica estadística y de programación que define, a partir de algún tipo de algoritmo, cómo se separan los objetos de alguna población. Sin embargo, la presencia de observaciones atípicas y variables no contempladas que afectan el comportamiento de los datos pueden surgir graves problemas en la construcción de los conglomerados.

Debido a lo anterior, diversos autores Miyamoto (1990); Roberts, Husmeier, Rezek, & Penny (1998); y Watanabe (2007) afirman que cuando los datos provienen de poblaciones mezcladas en distintas proporciones, emergen muchos problemas de estimación para distintas técnicas multivariadas. Para esos casos es conveniente utilizar una técnica que se llama Algoritmo de esperanza-maximización (EM). El cual es una estimación bayesiana

más robusta que permite lidiar con el ruido y los datos atípicos. Este acercamiento permite calcular un número óptimo de componentes sólo para datos continuos (Roberts et al, 1998).

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. En este sentido la técnica EM explota una estructura específica de problemas particulares, e.g. inconvenientes en la recolección de los datos.

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:

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

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

De la ecuación (ii) tenemos del lado derecho una distribución compuesta. Es decir, una función que depende de los datos x y de un vector de parámetros $\bar{\theta}$ que definen el comportamiento de cada sub población que se encuentra en la muestra. Esta distribución es multimodal. Es decir, el parámetro de interés no se encuentra alrededor de un solo máximo. Por tanto, la estimación de los parámetros por medio del método de máxima verosimilitud no es aconsejable. A diferencia de lo que sucede cuando se maximiza un parámetro en una distribución unimodal donde fácilmente se obtiene un máximo, en este tipo de distribuciones existen muchos puntos críticos.

Como señala Watanabe (2007), la función compuesta de la ecuación (ii) pertenece a la familia exponencial, por lo que la técnica EM se puede usar para calcular el máximo valor del parámetro de una distribución binomial, normal, exponencial etcétera. De lado izquierdo de la ecuación (ii) tenemos el vector de parámetros asociados a las formas paramétricas adoptadas por los g_i densidades que lo componen. Pero como no conocemos las proporciones verdaderas, entonces la estimación estaría dada por:

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

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

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

$$Q = (\varphi_t, \varphi_0) = E \{ \{L(\varphi) | X; \varphi\} \} \text{ (v)}$$

En (v) se reduce el problema a una función Q , que depende del parámetro para un valor inicial φ_0 y para un valor en el tiempo 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 (v) 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 EM para mezcla de distribuciones de la familia exponencial, el cual es un proceso de aglomeración no jerárquica. En este caso se toman en cuenta sólo distribuciones gaussianas.

3.2 Análisis de correspondencias

Las pruebas de Ji-cuadrada para tablas de contingencia son sumamente usadas para corroborar la independencia estadística entre dos variables. No obstante, esta técnica sólo puede confirmar estadísticamente si dos variables son dependientes o no, entre ellas. No establece la relación que existe entre las diferentes dimensiones de cada una de esas variables. El análisis de correspondencias es una excelente herramienta analítica para esquematizar la asociación entre los renglones y las columnas de una tabla de contingencia. Estas medidas indicarán, de manera simultánea, que categorías de las columnas tienen un mayor peso en los renglones y viceversa. Cada renglón y cada columna en la tabla representan una categoría de una variable. La entrada X_{ij} en la tabla (con dimensiones $n \times p$) es el número de observaciones en una muestra que simultáneamente cae en la categoría i -ésima (renglones) y en la j -ésima (columnas), para $i = 1, \dots, n$ y $j = 1, \dots, p$

De manera gráfica las relaciones entre los renglones y las columnas de una tabla de contingencia se basan en la idea de representar todas las categorías de los renglones y las columnas e interpretar sus posiciones relativas de los puntos en términos de sus pesos correspondientes a los renglones y las columnas.

Los puntos correspondientes a los renglones con una gran masa y grandes coordenadas en la K -ésima dimensión, contribuirán más a dicha dimensión. Las categorías de renglones que tienen un perfil similar, deben aparecer cercanos en la representación bidimensional. La distancia entre renglones y columnas no representa ninguna similitud entre los mismos.

A pesar de los beneficios de ambas técnicas, la limitación más grande consiste en la carencia de un modelo estadístico. De tal manera, sólo cumplen con un aspecto descriptivo y no predictivo.

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 2011⁷, y se divide en 4 partes. Dos de ellas recaban los datos más generales de la empresa, mientras que las otras dos recogen su perfil económico y tecnológico y el impacto del proyecto. Para fines de este trabajo se utilizan sólo éstas últimas dos partes. A continuación se presenta la cantidad de proyectos en la muestra por rama industrial en el cuadro 1.

Cuadro 1. Encuestas recibidas por rama industrial

Rama Industrial	Proyectos
Aeronáutica	4
Alimentaria y agroindustrial	23

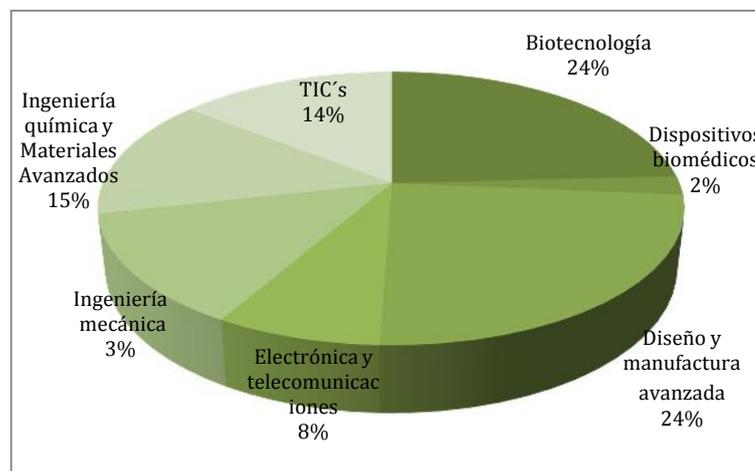
⁷ Si bien el universo de proyectos comprendía 172 empresas al inicio del estudio, de acuerdo con las bases de datos proporcionadas por la S. de Economía y Conacyt, los datos se modificaron a 92 empresas porque resultó que varias no firmaron sus respectivos convenios de asignación de recursos, y aquellas que si lo habían hecho no facilitaron la información de manera clara y concisa.

Automotriz y de autopartes	7
Celulosa, Papel y sus derivados	2
Cuero, calzado y curtiduría	1
Eléctrica y electrónica	8
Farmacéutica y ciencias de la salud	5
Metalmecánica y bienes de capital	8
Metalurgia	4
Química y petroquímica	13
Tecnologías de la información	16
Total general	91

Fuente: Elaboración propia

Las áreas tecnológicas a las que pertenecen estos proyectos se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Gráfico 1. Proyectos en la muestra por área tecnológica



Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 1 y en el gráfico 1 se tienen proyectos en cada uno de los sectores y áreas, sin embargo, hay una tendencia de aceptar proyectos en los sectores de agroalimentaria, tecnologías de la información e industria química y en las áreas de biotecnología y diseño de manufactura avanzada.

4.1 Taxonomía de las empresas del FIT

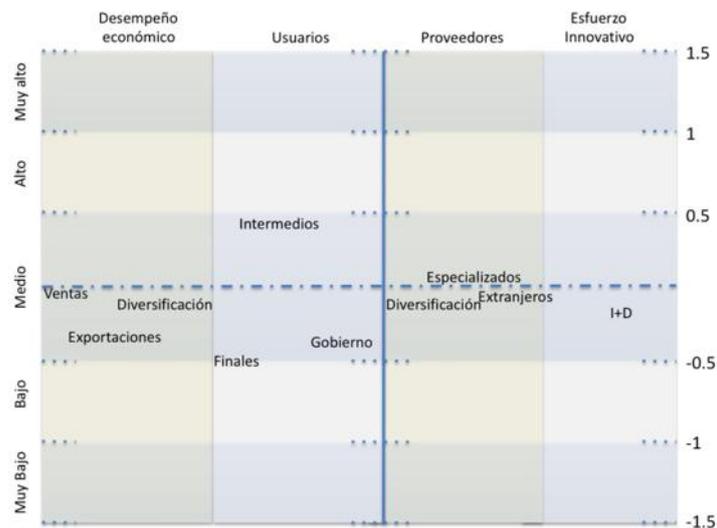
Se realiza una taxonomía utilizando solamente la parte del perfil económico y tecnológico de las empresas. Se trata de responder, de qué manera su desempeño económico, tipo de usuarios, tipo de proveedores y esfuerzo innovativo caracterizan el comportamiento de las empresas anterior al proyecto sometido al FIT. 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*. Las variables se agrupan en las siguientes categorías: para el desempeño económico se consideran la media de las ventas, la media de las exportaciones y la diversificación de producto. La etiqueta de usuarios mide los porcentajes de tipo de cliente: usuarios finales, intermedios y gobierno. Para proveedores se agrupan los relacionados a insumos: diversificación, uso de insumos especializados e insumos extranjeros. Por último, la etiqueta de esfuerzo innovativo mide el presupuesto asignado a I+D.

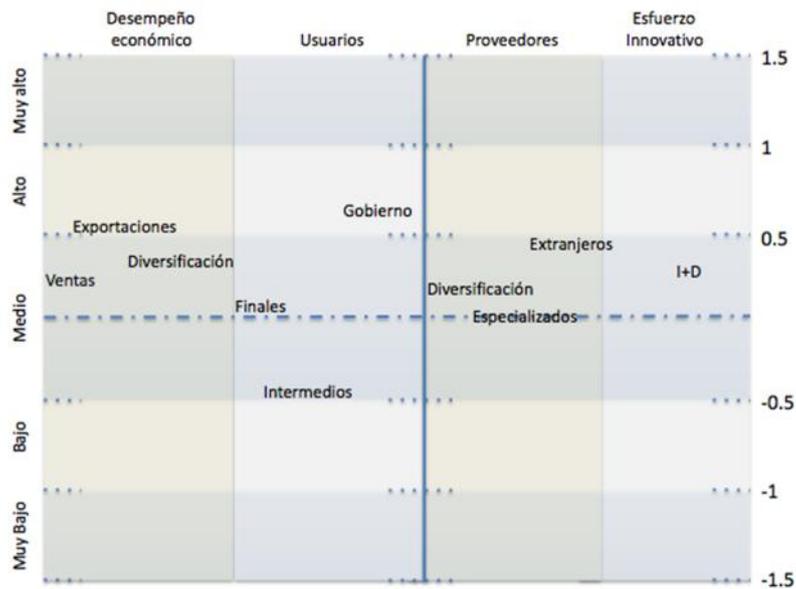
I. El primer grupo: dominado por usuarios intermedios, regularmente otras empresas. Las ventas y las exportaciones tienen un valor bajo, y en promedio son caracterizados por una pobre diversificación en proveedores, y valor medio y bajo para una de las variables más reconocidas en la literatura sobre esfuerzo innovativo, a saber, el presupuesto asignado a un departamento de ID. Una caracterización importante de este grupo es que tiene valores medios altos de insumos extranjeros y proveedores especializados lo que les podría dar un fuerte incentivo a explorar áreas del conocimiento fuera de su vecindad tecnológica lo que podría redundar en innovaciones con impacto.

Figura 1. Hechos estilizados del grupo 1



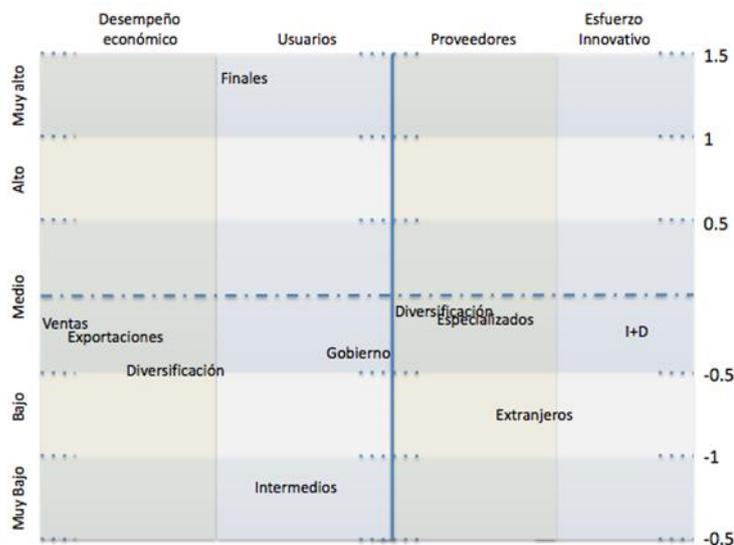
II. Dominado por usuarios identificados, de manera general, como sector gubernamental. Tienes los valores más altos para ventas y exportación por que en ese grupo fueron asignados el mayor número de proyectos que pertenecen al tipo de empresa grande. Seguramente por lo mismo, también se caracteriza por altos valores en presupuesto asignado al departamento de investigación y desarrollo. Es significativo que no tenga valores altos para proveedores especializados, pero si para insumos extranjeros. Como se vio en el apartado anterior apoyar a empresas grandes no es una condición *sine qua non* de proyectos innovadores a nivel mundial, más bien las empresas grandes mantienen un mayor número de innovaciones a nivel país. Seguramente por la mayor posibilidad de las economías a escala y de alcance, este sector tienen el valor más alto de diversificación de producto.

Figura 2. Hechos estilizados del grupo 2



El tercer grupo está dominado por empresas que venden principalmente al consumidor final, está caracterizado por una alta diversificación de proveedores, pero una muy baja diversificación de productos. Este grupo tiene un mayor valor para el presupuesto en ID que el grupo I pero sigue siendo muy bajo.

Figura 3. Hechos estilizados del grupo 3



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 mayor frecuencia en un aspirante para la obtención de estímulos de innovación. Es la variable exportación la que identifica con mayor claridad a este grupo y, en segundo lugar, aquellos con la necesidad de comprar algún insumo en el extranjero.

Como se mencionó en el apartado 3.2, la técnica EM sólo puede ser usada para variables continuas, por lo que se utilizó una técnica de aglomeración que soporta datos categóricos a fin de explotar otras variables de la encuesta. Así, se realizaron diversos ejercicios taxonómicos que analizaban el comportamiento de la empresa anterior al proyecto con el impacto posterior al mismo. Se encontró que las capacidades tecnológicas de las empresas no se encuentran correlacionadas con el impacto económico e innovativo del proyecto. Es

decir, a pesar de que existen empresas con altas o medianas capacidades tecnológicas instaladas, 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 debería ser aún más estricto al pedir a las empresas que especifiquen o detallen cuáles serán los mecanismos de protección intelectual que utilizarán.

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. Es interesante observar que este grupo está dominado en su mayoría por empresas de tamaño Mediano, que 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, de acuerdo al desempeño del proyecto en el FIT.

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 más alejados, o a incluir actividades de vigilancia o *forecasting* que les permitan 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 del 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.

Se sabe que dichas áreas 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.

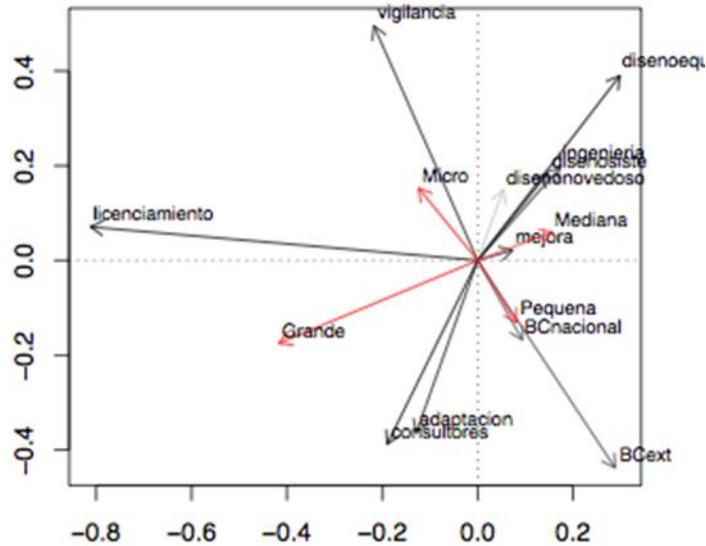
4.2 Caracterización de las actividades tecnológicas y tipos de innovación de las empresas

Además de las variables continuas con las que se realizó el ejercicio taxonómico anterior, se contaba con tablas de contingencia que permiten establecer 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.

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

Figura 4. Relación entre tamaño de empresa y rutinas organizacionales



La longitud en las flechas demuestra la diferencia en intensidad y su contribución relativa. En la figura 4 se aprecia que las flechas de las categorías de tamaño son ortogonales entre ellas, esto quiere decir que el tamaño de las empresas define actividades de aprendizaje y gestión de la tecnología *escala específicas*.

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 lo son 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.

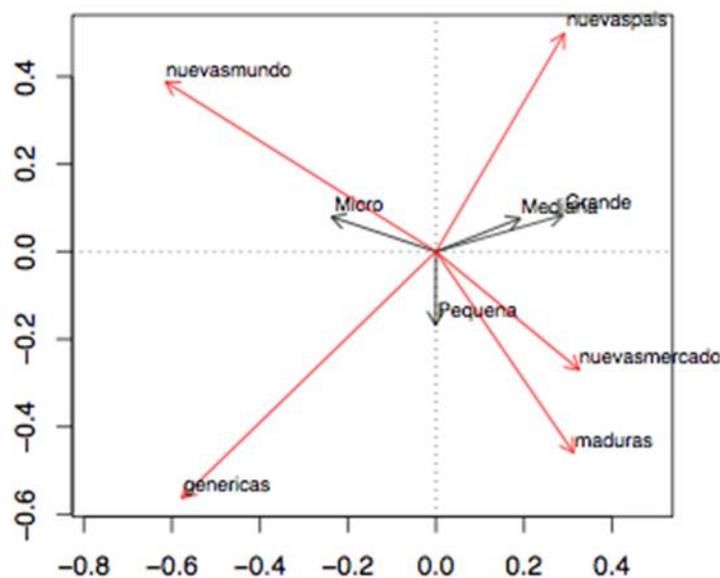
A continuación se presenta el ejercicio de análisis de correspondencias para el caso de grado de innovación por tamaño de empresa.

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



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 debajo del eje horizontal se encuentran los grados de menor novedad. Si bien la categoría de pequeña empresa se localiza en este sector, no se está asociado a ninguno. Es interesante observar que las innovaciones para el mercado se encuentran en los cuadrantes de baja innovación.

En los cuadrantes que se ubican por encima del eje horizontal se aprecian dos grupos. En el primer grupo se aprecia que 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 actividades de vigilancia tecnológica como actividad primordial anterior a la ejecución del proyecto del FIT. 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 para el FIT.

En el segundo grupo se muestra que existe relación entre firmas de tamaño grande y mediano con tecnologías nuevas en el país. Un aspecto que resalta sobre el ejercicio pasado es que los tamaños de empresa no se encuentran en cuadrantes distintos. Es decir, mientras que para las actividades de aprendizaje en procesos y productos es primordial la escala, para los productos de esos procesos de aprendizaje no.

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. 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 esta escala 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 para el FIT, 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 cresta de la ola 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 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 para futuras convocatorias, pero también apuntala la necesidad de

incorporar algunas particularidades 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 capítulo 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, lo que se pretende es que más allá de los requisitos administrativos y técnicos de una solicitud, se profundice en las características competitivas y tecnológicas de los sectores a los que pertenecen. 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 innovativo de los proyectos apoyados por el FIT, hemos encontrado aspectos interesantes. Se encontró que el grado innovativo 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 innovativos, 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 que tienen 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 CTI de las empresas y el impacto innovativo 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 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 este sentido, el diseño de las políticas de innovación en muchos países muestra desde fines de los 90 la importancia de fomentar la participación de diversas instituciones públicas y privadas en la definición de objetivos e instrumentos. 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, 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

- Archibugi, D. *Pavitt taxonomy: sixteen years on: a review article*, Economy Innovation new technology, Vol. 10, 2001, p. 415-425.
- Casella, G., y Berger, L., *Statistical Inference*, Ed. Duxbury Press, 1990.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. Silverberg, G. and Soete, L., *Technical Change and Economic Theory*, London, New York: Pinter Publishers, 1988.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., y Black W., *Análisis Multivariante*, 5a edición, Pearson Prentice Hall, 2005, pp. 799
- Hardle, W. y Leopold S., *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Ed. Springer, 2007, pp. 486.
- Lundvall, B.-., *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg: Aalborg University Press, 1985.
- Miyamoto, S., *Fuzzy Sets in information Retrieval in Cluster Analysis*, 1990.
- Nelson, R. y Winter, S., *An evolutionary theory of economic change*, U.S.A., The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
- Pavitt, K., *Patrones sectoriales de cambio técnico: Hacia una taxonomía y una teoría*, Research Policy, Volumen 13, Número 6, diciembre de 1984, páginas 343-373.
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Handbook on constructing composite indicators*, Metodology and user guide, 2008.
- Roberts, S., Husmeier, D., Rezek, I., and Penny, W. *Bayesian approaches to gaussian mixture modelling*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(11), 1998, p.1133-

1142.

Valenti, G et al., *Financiamiento y evaluación: capacidades institucionales para una sociedad del conocimiento*. Valenti et al (2008), Instituciones sociedad del conocimiento y mundo de trabajo, FLACSO

Watanabe M., *The EM Algorithm and related statistical models*, 2007.