

# Uso y aplicación de la técnica de análisis estadístico multivariante de *cluster* sobre la capacidad de innovación tecnológica en Latinoamérica y España

USE AND APPLICATION OF THE MULTIVARIANT STATISTICAL CLUSTER ANALYSIS TECHNIQUE TO THE CAPACITY FOR TECHNOLOGICAL INNOVATION IN LATIN AMERICA AND SPAIN

**ABSTRACT:** This work analyzes the capacity for technological innovation in Latin America and Spain. Based on the literature on national capacity for innovation and economy of technological change, an empirical study was made using the Multivariant Statistical Cluster Analysis technique and the technological innovation indicators published in the 2002-2003 and 2009-2010 Global Competitiveness Reports (WEF, 2002; WEF, 2009). The aim was to explore the existence of groups of countries characterized by different levels of technological innovation, focusing on their characteristics and on the distance that separates them, as well as their evolution throughout the 2002-2009 period. The results show the existence of 4 groups of countries defined by different capacities for technological innovation, both in terms of governmental and business technology policy as well as technological infrastructures and human capital. The groups also differ in their evolution with respect to these factors during the period considered.

**KEYWORDS:** technological innovation; multivariant statistical cluster analysis; technological policy; available base and results; Latin America.

UTILISATION ET APPLICATION DE LA TECHNIQUE D'ANALYSE STATISTIQUE MULTIVARIABLE DE CLUSTER SUR LA CAPACITÉ D'INNOVATION TECHNOLOGIQUE EN AMÉRIQUE LATINE ET EN ESPAGNE

**RÉSUMÉ:** Cet article analyse la capacité d'innovation technologique en Amérique latine et en Espagne. À partir de publications concernant la capacité nationale d'innovation et l'économie de changement technologique, une étude empirique a été effectuée utilisant la technique d'Analyse Statistique Multivariante de Cluster et les indicateurs d'innovation technologique publiés par Global Competitiveness Report 2002-2003 et 2009-2010 (WEF, 2002; WEF, 2009), pour déterminer l'existence de groupes de pays caractérisés par différents niveaux d'innovation technologique, tout en analysant leurs caractéristiques et la distance qui les sépare ainsi que leur évolution au cours de la période 2002-2009. Les résultats démontrent l'existence de quatre groupes de pays qui sont définis par une capacité d'innovation technologique différente, en ce qui concerne autant la politique technologique gouvernementale et entrepreneuriale que les infrastructures technologiques et le capital humain. Les groupes se distinguent aussi dans leur évolution en rapport avec ces facteurs durant la période considérée.

**MOTS-CLEFS:** innovation technologique, analyse statistique multivariante de Cluster, politique technologique, bases des données disponibles et résultats, Amérique latine.

USO E APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DE CLUSTER SOBRE A CAPACIDADE DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA AMÉRICA LATINA E NA ESPANHA

**RESUMO:** O presente trabalho realiza uma análise sobre a capacidade de inovação tecnológica na América Latina e na Espanha. Apoiando-nos na literatura sobre capacidade nacional de inovação e economia da mudança tecnológica, realizou-se um estudo empírico utilizando a técnica de Análise Estatística Multivariada de Cluster e os indicadores de inovação tecnológica publicados no *Global Competitiveness Report* 2002-2003 e 2009-2010 (WEF, 2002; WEF, 2009), para explorar a existência de grupos de países caracterizados por diferentes níveis de inovação tecnológica, aprofundando em suas características e na distância que lhes separa, assim como em sua evolução ao longo do período 2002-2009. Os resultados mostram a existência de 4 grupos de países que se definem por uma distinta capacidade de inovação tecnológica, tanto com referência à política tecnológica governamental e empresarial, como em referência a infraestruturas tecnológicas e capital humano. Os grupos também diferem em sua evolução em relação a esses fatores no período considerado.

**PALAVRAS CHAVE:** inovação tecnológica; análise estatística multivariada de cluster; política tecnológica; base disponível e resultados; América Latina.

CLASIFICACIÓN JEL: O31, O33, O38.

RECIBIDO: abril de 2010 ACEPTADO: marzo de 2012.

**CORRESPONDENCIA:** Mónica García-Ochoa-Mayor, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Organización de Empresas, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (Pabellón de Tercero), Campus de Somosaguas, Pozuelo de Alarcón, 28.223 Madrid, España.

**CITACIÓN:** García-Ochoa-Mayor, M., Blázquez-de-la-Hera, M. L., & López-Sánchez, J.I. (2012). Uso y aplicación de la técnica de análisis estadístico multivariante de *cluster* sobre la capacidad de innovación tecnológica en Latinoamérica y España. *Innovar*, 22(44), 21-40.

*Mónica García-Ochoa-Mayor*

Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales. Profesora del Departamento de Organización de Empresas de la Universidad Complutense de Madrid, España.  
Correo electrónico: mgarciaocha@ccee.ucm.es

*María Luisa Blázquez-de-la-Hera*

Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales, MBA por MIT. Investigadora asociada del International Center for Competitiveness, IESE Business School, Madrid, España.  
Correo electrónico: MLBlazquez@iese.edu

*José Ignacio López-Sánchez*

Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales. Director del Grupo de Investigación en Producción y Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (GIPTIC-UCM). Profesor titular de Organización de Empresas de la Universidad Complutense de Madrid, España.  
Correo electrónico: jilopez@ccee.ucm.es

**RESUMEN:** El presente trabajo lleva a cabo un análisis sobre la capacidad de innovación tecnológica en Latinoamérica y España. Con apoyo en la literatura sobre capacidad nacional de innovación y economía del cambio tecnológico, se realizó un estudio empírico utilizando la técnica de análisis estadístico multivariante de *cluster* y los indicadores de innovación tecnológica publicados en el *Global Competitiveness Report 2002-2003 y 2009-2010* (WEF, 2002; WEF, 2009), para explorar la existencia de grupos de países caracterizados por diferentes niveles de innovación tecnológica, profundizando en sus características y en la distancia que les separa, así como en su evolución a lo largo del período 2002-2009. Los resultados muestran la existencia de cuatro grupos de países que se definen por una distinta capacidad de innovación tecnológica, tanto en lo referente a política tecnológica gubernamental y empresarial como en lo relativo a infraestructuras tecnológicas y capital humano. Los grupos también difieren en su evolución en relación con estos factores en el período considerado.

**PALABRAS CLAVE:** innovación tecnológica, análisis estadístico multivariante de *cluster*, política tecnológica, base disponible y resultados, Latinoamérica.

## Introducción\*

Hasta no hace mucho tiempo, la mayoría de economistas creía que las diferencias en los niveles de desarrollo de los países se explicaban por un

\* Los autores quieren agradecer a dos evaluadores anónimos sus valiosos comentarios y sugerencias; igualmente quieren dar las gracias al Ministerio de Ciencia e Innovación de España por la financiación prestada para la realización de este proyecto de investigación con número de contrato: PLAN NACIONAL I+D+i 2008-2011 – REFERENCIA ECO2010-19787.

único factor, que era el capital acumulado por trabajador (Solow, 1956; Fagerberg, 1994). Sin embargo, a partir de los años 1960, la idea de que las diferencias en el desarrollo se debían principalmente a diferencias tecnológicas recibe un apoyo creciente (Gerchenkron, 1962). Este punto de vista es consistente con la teoría de crecimiento de Schumpeter (1934, 1943) y durante los años 1980 muchos estudios sobre las diferencias en el desarrollo y crecimiento entre países se inspiraron en esta perspectiva emergente (Freeman *et al.*, 1982; Fagerberg, 1987; Dosi *et al.*, 1988; Verspagen, 1991).

Hoy en día está ampliamente aceptado que la tecnología<sup>1</sup> es uno de los principales conductores del crecimiento económico sostenido (Romer, 1990; Aghion y Howitt, 1992; Grossman y Helpman, 1993; Juma, 2001; Fagerberg y Srholec, 2008; Lee y Kim, 2009, y muchos otros). Esto justifica que, en los últimos años, académicos y gobernantes dediquen cada vez más atención a esta cuestión y a intentar medir las capacidades tecnológicas de las naciones. En las dos últimas décadas, hay dos cuestiones que han interesado de forma persistente a la comunidad académica que estudia las capacidades tecnológicas de los países: la primera se refiere a intentar proporcionar una medida general de las capacidades tecnológicas a nivel nacional (Grupp y Schubert, 2010; OCDE, 2007), y la segunda está relacionada con la dinámica global de la tecnología, y en particular con el estudio de un grupo pequeño de países avanzados que son responsables de la producción de la mayor parte de la tecnología y de la innovación en el mundo (Archibugi e Iammarino, 2002; Kemeny, 2009).

Al estudiar en profundidad las fuentes y consecuencias de la innovación tecnológica, se observa que la innovación "nueva para el mundo" tiende a estar concentrada en unos pocos países (Furman *et al.*, 2002). De hecho, son pocas las naciones que mejoran constantemente su base de conocimientos; una mayoría permanece rezagada e incluso tiene muchas dificultades para absorber capacidades consideradas obsoletas en otras partes del mundo (Archibugi y Coco, 2004).

Por consiguiente, debido a la concentración geográfica de la innovación<sup>2</sup>, existe un interés creciente por comprender

los factores que determinan la distinta capacidad de innovación de los países. En este sentido, para los investigadores, las diferencias en las capacidades tecnológicas entre países es uno de los principales factores que explican la existencia de *clusters*<sup>3</sup> o grupos de países, por lo que esta es una hipótesis que merece la pena investigar (Godinho *et al.*, 2005).

Así pues, en los últimos años, se ha producido un importante aumento en el número de estudios comparativos internacionales sobre capacidad de innovación tecnológica (Archibugi e Iammarino, 2002; Archibugi y Coco, 2004; Castellaci y Archibugi, 2008; Fagerberg y Srholec, 2008; Kemeny, 2009). A este respecto, los especialistas en la economía del cambio tecnológico se han interesado por investigar la existencia y las características de los "sistemas nacionales de innovación", argumentando que tiene sentido analizar las capacidades tecnológicas de distintos estados territoriales, ya que estos proporcionan uno de los principales ámbitos institucionales para la generación y difusión de *know how* (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Freeman, 1997). Este análisis ya se ha aplicado con éxito a los países en desarrollo (Sutz, 1997).

Especialmente en el ámbito de la economía de la innovación y el cambio tecnológico, y siguiendo el enfoque de "sistema de innovación", han proliferado algunos estudios que tratan de caracterizar e individualizar estas capacidades, sus elementos y sus implicaciones para el desarrollo y el crecimiento económico. En este sentido, cabe mencionar los trabajos de Abramovitz (1986), Fagerberg (1987), Dosi *et al.* (1988), Cohen y Levinthal (1990), Lall (1992), Lundvall (1992), Nelson (1993), Edquist (1997, 2004), Freeman (1997), Sutz (1997), Archibugi y Coco (2004), Fagerberg y Godinho (2004), Navarro *et al.* (2009), entre otros.

Por tanto, esto pone de relieve la necesidad de profundizar en el estudio de los indicadores que miden las capacidades tecnológicas y de innovación tratando de analizar su composición y de estudiar qué componentes tienen más importancia a la hora de que un país mejore su capacidad de innovación tecnológica, con objeto de que puedan ayudar a tomar decisiones estratégicas acerca de las activi-

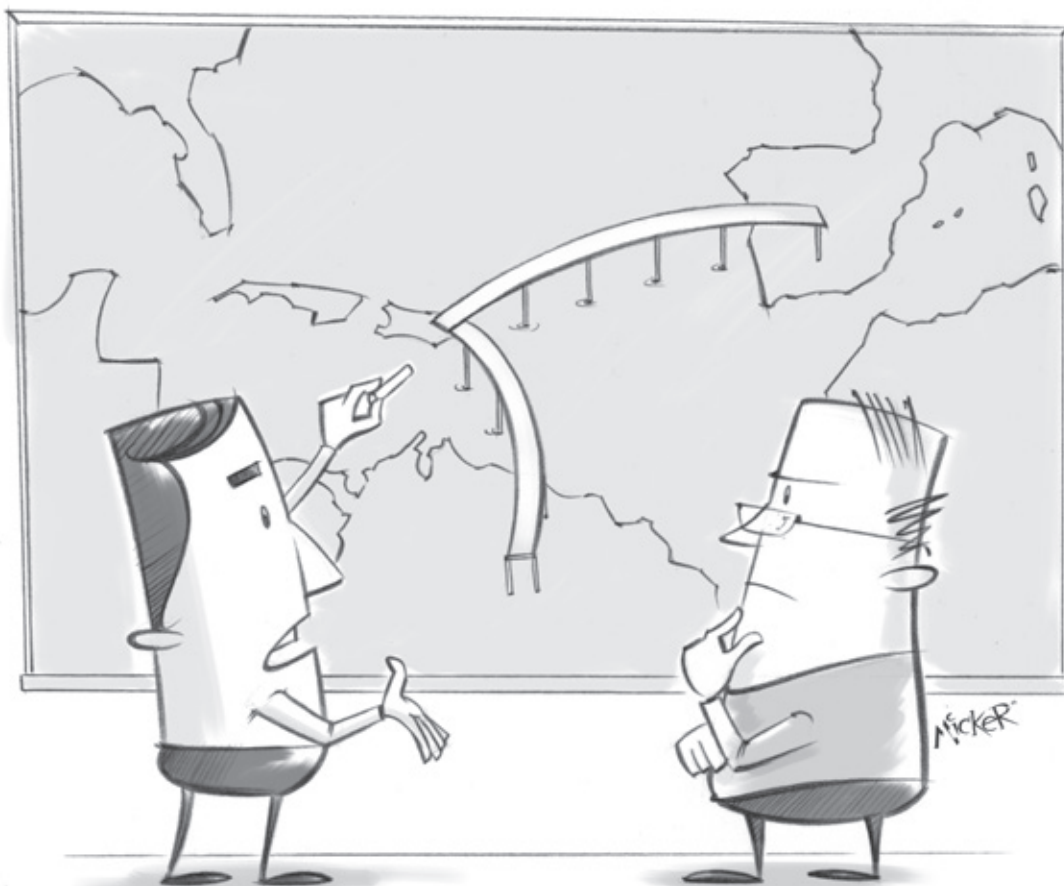
---

vinculadas al concepto de innovación tecnológica". El Manual de Frascati (OCDE, 2002) define innovación tecnológica como "el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados".

<sup>1</sup> La OCDE (2006) define tecnología como "conjunto de conocimientos, habilidades, rutinas, competencias, equipamientos y prácticas de ingeniería que son necesarias para producir un producto o servicio". Para una discusión, ver Metcalfe (2010).

<sup>2</sup> En este trabajo, cuando se utiliza el término "innovación", se hace referencia siempre a "innovación tecnológica". El Manual de Oslo (OCDE, 2006) establece cuatro tipos de innovación: "de producto, de proceso, comerciales y de organización. Las innovaciones de producto y las innovaciones de proceso están estrechamente

<sup>3</sup> En este documento se hablará indistintamente de *cluster*, "grupos" o "conglomerados" haciendo referencias siempre a los diferentes "grupos de países" que resultan de llevar a cabo el análisis de *cluster*, tal y como se explica con detalle en el apartado de Metodología de este trabajo.



dades de innovación, llevar a cabo acciones políticas para estimular la innovación en las áreas donde se necesita y entender mejor las transformaciones económicas y sociales que acontecen en los países (Archibugi *et al.*, 2009; Grupp y Schubert, 2010).

Así pues, con apoyo en la literatura sobre capacidad nacional de innovación y economía del cambio tecnológico, el objetivo de este trabajo es realizar un análisis sobre la capacidad de innovación tecnológica de 18 países latinoamericanos y España. El estudio explora la existencia de grupos de países caracterizados por diferentes niveles de innovación tecnológica, mostrando las características de cada grupo y la distancia que les separa. Al mismo tiempo, se examina la evolución de estos grupos en el período 2002-2009, tratando de ver cuáles países se han movido a un grupo o *cluster* situado en posiciones más avanzadas y cuáles han retrocedido, y en este sentido se destacan las áreas emergentes donde está aumentando la capacidad de innovación tecnológica en Latinoamérica y se pone de relieve la escasa evolución en materia de innovación tecnológica para la mayoría de los países considerados.

El estudio se realizó utilizando los indicadores de innovación tecnológica publicados en el *Global Competitiveness*

*Report* (GCR) 2002-2003 y 2009-2010 (WEF, 2002; WEF, 2009). El trabajo empírico analiza estos datos a través de tres pasos que se desarrollan tanto en el período 2002-2003 como en el período 2009-2010. El primero, consiste en reducir el gran número de indicadores a través de un análisis factorial, obteniéndose dos factores (política tecnológica gubernamental y empresarial, y base disponible y resultados). En segundo lugar, estos dos factores se utilizan para identificar diferentes grupos de países a través de la técnica estadística de análisis de *clusters*. Finalmente, se realiza un test econométrico para evaluar la precisión estadística de los resultados de los conglomerados obtenidos.

El trabajo se ha organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se proporciona el marco teórico para el análisis empírico y al mismo tiempo se definen los trece indicadores utilizados para medir la capacidad de innovación tecnológica de los diferentes países de la muestra, justificando igualmente la selección de los mismos. La tercera sección muestra la metodología utilizada en el análisis empírico, realizando en primer lugar una revisión de los estadísticos descriptivos de todas las variables y en segundo lugar un análisis factorial para los periodos 2002-2003 y 2009-2010. La cuarta, presenta

los resultados del análisis de *clusters* para los dos períodos mencionados, revelando la existencia de cuatro conglomerados o grupos de países diferentes en cada uno de los períodos, que se caracterizan por diferentes niveles de innovación tecnológica. La quinta sección muestra los resultados de la realización de dos tests econométricos, que proporcionan validez a los resultados obtenidos en los análisis de *clusters*. El último apartado concluye este estudio analizando la evolución que se ha producido en los grupos de países que conforman los conglomerados y discutiendo las principales implicaciones políticas que se deducen de los resultados empíricos, proponiendo finalmente algunas recomendaciones en términos de políticas de innovación tecnológica para cada uno de los cuatro grupos o *clusters* obtenidos.

### Marco teórico sobre capacidad de innovación tecnológica

Antes de definir los indicadores seleccionados para medir la capacidad de innovación tecnológica de los países, y de proceder a justificar y razonar la elección de los mismos, los autores estimaron conveniente intentar aclarar algunos conceptos que consideran similares y que a menudo se solapan y se confunden.

En los últimos años han aparecido términos como "capacidades tecnológicas" (Kim, 1980, 1997), "capacidad de absorción" (Cohen y Levinthal, 1990; Dahlman y Nelson, 1995), "sistemas de innovación" (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997, Sharif, 2006), "capacidad de innovación" (Kim, 1997; Furman *et al.*, 2002) al tiempo que ha emergido una amplia literatura empírica que estudia estos aspectos del desarrollo económico (Fagerberg y Godinho, 2004; Archibugi y Coco, 2005, entre otros). Sin embargo, como se verá en la siguiente sección del artículo, y como apuntan Fagerberg y Srholec (2008), hay un importante solapamiento entre algunos de estos conceptos, siendo la relación entre el trabajo empírico y conceptual en esta área frecuentemente muy débil.

A este respecto, Kim (1997) define la capacidad tecnológica nacional como "la habilidad para hacer un uso eficaz del conocimiento tecnológico que permita asimilar, utilizar y cambiar las tecnologías existentes". Siguiendo a Fagerberg y Srholec (2008), esta definición es muy similar a la de "capacidad de absorción". Dahlman y Nelson (1995) definen capacidad de absorción nacional como "la habilidad para aprender e implementar las tecnologías y las prácticas asociadas de países desarrollados". Esta definición se deriva del análisis a nivel empresa que realizan Cohen y Levinthal (1989) sobre este aspecto, quienes sugirieron el término de "capacidad de absorción" y lo definen como "la capacidad

de una empresa para reconocer el valor de la información nueva externa, asimilarla y desarrollar su aplicación para fines comerciales" (Cohen y Levinthal, 1990). Por tanto, este concepto representa el enlace entre las capacidades de las empresas para desarrollar y mejorar nuevos productos por un lado, y el stock externo de oportunidades tecnológicas por otro (Criscuolo y Narula, 2008). En este punto, es importante señalar que Kim (1997) utiliza los conceptos de capacidad nacional de absorción y el de capacidades tecnológicas nacionales de forma intercambiable.

Asimismo, cabe destacar que el concepto de capacidad de absorción nacional ha estado asociado hasta ahora en la literatura sobre transferencia de tecnología con el concepto de capacidades tecnológicas nacionales y en la literatura sobre crecimiento endógeno con el concepto de capital humano (Lucas, 1988; Romer, 1990).

Siguiendo a Criscuolo y Narula (2008), y a partir de la definición de capacidades tecnológicas, habría que tener en cuenta que estas incluyen no sólo la capacidad de buscar y seleccionar la tecnología más apropiada para asimilarla a la ya existente disponible (la capacidad de absorción), sino también la creación de nuevos conocimientos fundamentalmente mediante la inversión en I+D. Por tanto, la capacidad de absorción representa un subconjunto de las capacidades tecnológicas (Criscuolo y Narula, 2008).

Por otro lado, durante los años 1980 surge un nuevo enfoque sistémico para el estudio de la habilidad de los países para generar y mejorar a través de la tecnología, que se llamó "sistema nacional de innovación", convirtiéndose este en una herramienta analítica para estudiar el desarrollo económico y las habilidades tecnológicas de los países (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 2004). El concepto de sistema nacional de innovación hace referencia al conjunto de instituciones que de manera conjunta o individualmente contribuyen al desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías. Estas instituciones proporcionan el marco en el cual los gobiernos implementan políticas para influir en el proceso de innovación. Por consiguiente, como tal se puede decir que es "un sistema de instituciones interconectadas, para crear, almacenar y transferir conocimiento, habilidades que definen a las nuevas tecnologías" (Sharif, 2006).

Como se mencionó antes, el concepto de capacidades tecnológicas se refiere a la habilidad para desarrollar y explotar nuevo conocimiento comercialmente, y un elemento importante de estas es la habilidad para innovar (Fagerberg y Srholec, 2008), lo que Kim (1997) denominó "capacidad de innovación". Por tanto, la capacidad nacional de innovación se puede definir como "la habilidad de un país como entidad política y económica para producir y

comercializar un flujo de tecnología innovadora a largo plazo" (Furman *et al.*, 2002).

### Medición de las capacidades tecnológicas: indicadores utilizados

Como se puede apreciar, el concepto de capacidades tecnológicas ha sido utilizado en un gran número de estudios. Aunque inicialmente se desarrollaron para el análisis de empresas, también se han aplicado a industrias y países. Lall (1992) subrayó tres aspectos que definen las "capacidades tecnológicas nacionales": 1) la habilidad de reunir los recursos financieros necesarios y la utilización de los mismos eficientemente; 2) habilidades, incluyendo no sólo la educación general sino también la especialización en competencias técnicas y de gestión, y 3) lo que él denominó "esfuerzo tecnológico nacional", que estaría asociado con medidas como la inversión en I+D, patentes y personal técnico. Esto implica que en la construcción de capacidades tecnológicas intervienen factores que son específicos de la empresa y otros que son propios de un país dado (régimen de incentivos, estructura institucional, dotación de recursos, capital humano y esfuerzo tecnológico). De esta manera es posible identificar la acumulación de capacidades tecnológicas a nivel microeconómico (en las empresas), pero también a nivel nacional (macroeconómico) (Cepal, 2007). Por ello, la producción de indicadores de las capacidades de innovación tecnológica se ha desarrollado y crecido recientemente tanto a nivel micro como macroeconómico. De hecho, las colecciones de datos y encuestas se desarrollan de forma sistemática a nivel de empresa, industria, campo tecnológico y país (Sirilli, 1997; Smith, 2005).

El principal objetivo de los indicadores es permitir la comparación de las diferentes posiciones de los países y sus cambios. En este punto Archibugi *et al.* (2009) plantean dos cuestiones metodológicas interesantes. La primera está relacionada con la utilización de "países" como unidad de análisis, ya que los países se componen de diferentes áreas y regiones que pueden ser heterogéneas. A este respecto, la posibilidad de realizar comparaciones entre países se basa en la suposición de que un sistema nacional de innovación es capaz de distribuir conocimiento a través de todo el país (Patel y Pavitt, 1995). Por otro lado, una segunda cuestión que se puede plantear es la utilidad de realizar comparaciones internacionales, puesto que las diferencias en las capacidades tecnológicas pueden ser muy grandes entre determinados países, por lo que las comparaciones tendrán mayor significado si se realizan entre sistemas nacionales de innovación más similares, y esta sería una de las razones que llevó a los autores a centrar su investigación en Latinoamérica.

Así pues, partiendo de una base inicial de 24 países latinoamericanos y España, en la presente investigación se excluyeron algunos países, reduciendo la muestra a 18 países latinoamericanos y España, debido a la falta de datos para algunas de las variables en el período 2002-2003. Por otro lado, en cuanto al período de tiempo considerado, el contemplar un espacio de tiempo más largo habría implicado que muchos de los datos no habrían estado disponibles y que muchos países habrían tenido que ser excluidos del análisis.

En el estudio se utilizó una serie de indicadores que miden directamente distintos aspectos relevantes de la capacidad de innovación tecnológica. La necesidad de utilizar diferentes indicadores obedece a una mayor conciencia de que una única estadística, por ejemplo recursos dedicados a I+D, número de patentes o comercio de productos de alta tecnología, puede proporcionar información acerca de determinados aspectos específicos relacionados con las competencias tecnológicas, pero será una información incompleta (Archibugi *et al.*, 2009). Por tanto, utilizando una batería de indicadores, se consigue definir con mayor precisión la situación de cada país, proporcionando una más fácil comprensión de las diferencias entre ellos. Además, ninguno de los indicadores considerados se debe tener en cuenta por separado para el análisis, sino que es necesario contemplarlos conjuntamente, combinando y ponderando los elementos de juicio proporcionados por cada uno (Cepal, 2007).

Con respecto a la selección de indicadores concretos empleados para llevar a cabo el análisis empírico de este trabajo conviene señalar que desde la década de 1970 se han realizado numerosos esfuerzos para medir las capacidades tecnológicas. Archibugi y Coco (2004) desarrollaron un indicador sintético de las capacidades tecnológicas para una amplia muestra de países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, y referido a dos momentos de tiempo (1990 y 2000). Su indicador se divide en tres dimensiones principales: "creación de tecnología", "infraestructuras tecnológicas" y "desarrollo de habilidades humanas". Algunos organismos internacionales como World Bank (WB), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Industrial Development Organization (Unido), World Economic Forum (WEF) y la Comisión Europea (CE) han desarrollado sus propios indicadores. Todos ellos tienen en cuenta diversos aspectos de lo que constituyen las capacidades tecnológicas de un país, e intentan proporcionar un ranking de países en referencia a las mismas.

Archibugi y Coco (2005) y Archibugi *et al.* (2009), en un intento por avanzar en este campo de estudio, han realizado una recopilación de los trabajos previos (ver tabla 1).

TABLA 1. Síntesis de las principales medidas de las capacidades tecnológicas.

Institución	Comisión Europea	Comisión Europea	World Economic Forum (WEF)	World Economic Forum (WEF)	World Economic Forum (WEF)
Indicador sintético	Summary Innovation Index	Global Summary Innovation Index	Technology Index (Tech)	Technological Readness Index (TechRead)	Technological Innovation Index (TechInnov)
Creación de nuevo conocimiento científico y tecnológico	Gasto público I+D (% PIB) Gasto en I+D de empresas (% PIB) I+D en alta tecnología Empresas con fondos públicos para innovación (%) Gasto en innovación (% volumen de negocios) PYME innovadoras (%) PYME innovadoras colaborando con otras (%) Patentes y marcas (por millón de hab.)	Gasto público en I+D (% PIB) Gasto empresarial en I+D (% PIB) Patentes por millón de hab. Artículos científicos por millón de hab.	Patentes por millón de hab. Gasto en I+D (% PIB) (encuesta)	Inversiones extranjeras directas (encuesta)	Gasto empresarial en I+D (% PIB) (Encuesta) Patentes (dato)
Infraestructuras y difusión de nuevas TIC	Penetración de banda ancha (líneas por 100 hab.) Capital riesgo fase inicial (% PIB) Gasto TIC (% PIB)	Gasto en TIC (% PIB)	Cooperación universidad-empresa en investigación (encuesta) Líneas de teléfono fijo por 100 hab. (dato) Móviles por 100 hab. (dato) Usuarios PC por 100 hab. (dato) Usuarios de Internet por 10.000 hab. (dato) Capacidad de las instituciones para crear un ambiente propicio de difusión y eficiencia de TIC (encuesta)	Capacidad de las empresas para adoptar nueva tecnología (encuesta) Leyes TIC (encuesta) Móviles por 100 hab. (dato) Usuarios PC por 100 hab. (dato) Usuarios de Internet por 10.000 hab. (dato)	Calidad de las instituciones de investigación (encuesta) Cooperación Universidad-empresa en investigación (encuesta) Demanda pública de productos de alta tecnología (encuesta) Derechos de propiedad intelectual (encuesta)
Capital humano	Científicos e ingenieros graduados por 1000 hab. Edad 20-29 Habitantes con educación de tercer ciclo por 100 hab., edad 25-64 Participación en aprendizaje permanente por 100 hab. Edad 25-64. Nivel educativo de los jóvenes (% hab., edad 20-24 con educación secundaria completa)	Graduados de científicos e ingenieros (% fuerza laboral) Investigadores por millón de hab.	Tasa de matrículas en tercer ciclo (dato)		Disponibilidad de científicos e ingenieros (encuesta)
Fuente	Comisión Europea (2007)	Comisión Europea (2007)	WEF (2004) y WEF (2006)	WEF (2004) y WEF (2006)	WEF (2004) y WEF (2006)
Institución e indicador sintético	World Bank (WB) Knowledge Index (KI)	Unido Technological Advance Index (TechAdv)	Unctad Technological Activity Index (TAI)	Archibugi y Coco (2004) ArCo	
Creación de nuevo conocimiento científico y tecnológico	Patentes por millón hab. Artículos científicos por millón hab.	Patentes ante USPTO Empresas que financian I+D	Patentes por millón de hab.	Patentes por millón hab. Artículos científicos y técnicos por millón de hab.	
Infraestructuras y difusión de nuevas TIC	Líneas de teléfono por 1000 hab. PC por 1000 hab. Usuarios de Internet por 1000 hab.	Importaciones de tecnología. Líneas de teléfono		Líneas de telef. fijo por 1000 hab. Móviles por 1000 hab. Usuarios de Internet por 1000 hab.	
Capital humano	Tasa de alfabetización Matrícula de educación secundaria Matrícula universitaria Investigadores por millón de hab.	Inscripción científicos de tercer ciclo	Personal involucrado en actividades de I+D por millón de hab. Tasa de alfabetización Matrícula de educación secundaria	Tasa de alfabetización Tasa matrículas de científicos e ingenieros en tercer ciclo Media de años de escolarización por encima de 14	
Fuente	World Bank web (2006)	Unido (2005)	Unctad (2005)	Archibugi y Coco (2004)	

Fuente: adaptado de Archibugi y Coco (2005) y Archibugi et al. (2009).

Con objeto de ser consistentes con estos estudios anteriores, y partiendo del concepto de capacidad nacional de innovación que propone Furman *et al.* (2002), ya definido anteriormente, para realizar el análisis empírico del presente trabajo se tomaron en cuenta los indicadores incluidos en el Technology Index (Tech), el Technological Readness Index (TechRead) y el Technological Innovation Index (TechInnov) que elabora el World Economic Forum (WEF) (tabla 1), ya que los tres consideran dimensiones relacionadas con las capacidades tecnológicas y de innovación. En concreto, el Tech Index es el sub-indicador del Growth Competitiveness Index (GroCI)<sup>4</sup> relacionado con las capacidades tecnológicas e incluye tres categorías principales: capacidad de innovación, transferencia de tecnología y difusión de las TIC. En cuanto al TechRead y el TechInnov, conviene aclarar que el Global Competitiveness Index (GloCI)<sup>5</sup> del GCR 2009-2010 está compuesto por doce categorías y estas se subdividen en tres grupos: requerimientos básicos, potenciadores de la eficiencia, y factores de innovación y sofisticación. De las doce categorías, aquellas que consideran las dimensiones relacionadas con la capacidad de innovación son la nueve y la doce, que se corresponden respectivamente con el TechRead y el TechInnov (Archibugi *et al.*, 2009).

De todos los indicadores incluidos en los tres índices que se acaban de describir, en el análisis empírico de este trabajo se utilizaron solo aquellos que estuvieran disponibles para todos los países de la muestra en los dos períodos de tiempo considerados (2002-2003 y 2009-2010). Estos

indicadores seleccionados para el estudio están recopilados en diferentes pilares del *Global Competitiveness Report* (GCR) 2002-2003 y 2009-2010 (WEF, 2002; WEF, 2009) y se definirán con detalle más adelante (tabla 2).

Es importante señalar que los indicadores del WEF provienen de dos fuentes: por un lado están los datos que proceden de organismos institucionales (datos publicados), y por otro lado están aquellos que proceden de la Encuesta de Opinión a Ejecutivos (datos de encuesta)<sup>6</sup> (para una revisión crítica sobre la metodología del WEF, ver Lall y Albadalejo, 2001). Asimismo, conviene incidir en la disponibilidad de los datos y fiabilidad de la fuente, pues el GCR está continuamente actualizado y mejorado cada año.

La capacidad de innovación tecnológica refleja un fenómeno heterogéneo, que se relaciona principalmente con las infraestructuras que dan soporte a la producción industrial y a las actividades de innovación, la formación del capital humano, y la habilidad de las naciones para crear, imitar y gestionar una compleja reserva de conocimiento tecnológico avanzado (Castellaci y Archibugi, 2008). Como se puede observar en la tabla 1, el Technology Index (Tech), el Technological Readness Index (TechRead) y el Technological Innovation Index (TechInnov) que elabora el World Economic Forum (WEF) contemplan una serie de indicadores relacionados directamente con estos aspectos (generación, transmisión y difusión de la innovación tecnológica), cuestiones que han sido estudiadas ampliamente por la literatura, tanto desde un punto de vista teórico como empírico (Pietrobelli, 1994).

A continuación se define cada uno de los indicadores concretos utilizados en el análisis empírico del presente trabajo (tabla 2), justificados según los criterios ya expuestos en este apartado.

Por último, conviene puntualizar que la elección de estos indicadores permite contemplar simultáneamente medidas de *input* y de *output*. Esto resulta especialmente indicado porque mientras que las medidas de *input* contemplan el esfuerzo dedicado a I+D fundamentalmente, las medidas de *output* se fijan en la eficiencia con la que dicho esfuerzo llega a producir nuevo conocimiento (Sancho, 2002).

<sup>4</sup> El Growth Competitiveness Index (GroCI) publicado en el GCR fue desarrollado para analizar las potencialidades de crecimiento de un sistema económico a medio plazo, a través de la evaluación de sus factores competitivos macroeconómicos. Este índice está compuesto por tres pilares, y cada uno refleja un elemento crítico del proceso de crecimiento económico de un sistema económico nacional. Estos son: 1) calidad del escenario macroeconómico, 2) robustez de las instituciones públicas y 3) capacidades de innovación tecnológica. Cada uno de estos pilares está asociado a un sub-indicador. Aquí la atención se centrará en el Technology Index (Tech) ya que es el sub-indicador del GroCI relacionado con las capacidades tecnológicas (Archibugi *et al.*, 2009).

<sup>5</sup> El Global Competitiveness Index (GloCI) se publicó por primera vez en el *Global Competitiveness Report* (GCR) 2004-2005, y es un indicador desarrollado por el WEF para evaluar la capacidad competitiva de los sistemas económicos, tanto para países desarrollados como para países en desarrollo, siendo su principal objetivo sintetizar en un único indicador tanto los conductores económicos de la productividad, como los componentes microeconómicos de las capacidades de crecimiento. Para ello, considera una serie de variables agrupadas en pilares, los cuales reflejan diferentes aspectos del sistema económico. Cada pilar considera tanto variables de encuesta como datos publicados. El GloCI del GCR 2009-2010 está compuesto por doce categorías, de las cuales los autores han considerado solo la nueve y la doce, que son las que se corresponden con el TechRead y el TechInnov (Archibugi *et al.*, 2009).

<sup>6</sup> La Encuesta de Opinión a Ejecutivos es un panel compuesto por directivos y expertos que proporcionan una evaluación (en una escala de 0 a 7) sobre aspectos generales que afectan al ambiente competitivo de un sistema económico para los que los datos oficiales no están disponibles.

TABLA 2. Indicadores utilizados en el análisis empírico.

Indicador	Definición
Nivel de absorción de tecnología por las empresas (dato de encuestas)	Grado en que las empresas de los países considerados están preparadas para absorber las nuevas tecnologías.
Compañías que invierten en I+D (dato de encuestas)	Grado en que las empresas de los países considerados realizan inversiones importantes en I+D en comparación con países semejantes.
Colaboraciones Universidad – Empresa en investigación (dato de encuestas)	Grado de colaboración en I+D entre la comunidad de negocios y las universidades locales.
Patentes (dato publicado)	Número de patentes USPTO (Oficina Estadounidense de Patentes y Marcas) solicitadas por millón de habitantes.
Educación de tercer ciclo (dato publicado)	Tasa de escolarización en educación de tercer ciclo.
Inversión directa extranjera y transferencia de tecnología (dato de encuestas)	Grado en el que la inversión directa extranjera es una fuente de nueva tecnología en el país.
Prevalencia de tecnología de licencia extranjera (dato de encuestas)	Frecuencia de las licencias de tecnología extranjera en cada país.
Priorización de las TIC (dato de encuestas)	Prioridad que otorga el Gobierno a las TIC.
Promoción de las TIC (dato de encuestas)	Éxito del Gobierno en la promoción de las TIC.
Leyes relacionadas con las TIC (dato de encuestas)	Leyes que tienen que ver con el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), en concreto comercio electrónico, firmas digitales y protección del consumo.
Usuarios de Internet (dato publicado)	Usuarios de Internet por cada 100 habitantes.
Líneas telefónicas (dato publicado)	Líneas de teléfono por cada 100 habitantes.
Ordenadores personales (dato publicado)	Ordenadores personales por cada 100 habitantes.

Fuente: elaboración propia a partir de Archibugi y Coco (2005), Archibugi *et al.* (2009) y WEF (2009).

### Metodología: identificación de variables y análisis factorial

Para llevar a cabo el análisis estadístico de este trabajo se ha procedido como sigue: en primer lugar, se realizó una revisión de los estadísticos descriptivos de todas las variables; en segundo lugar, se efectuó un análisis factorial sobre 13 indicadores de datos y 19 países, tanto para el período 2002-2003 como para el período 2009-2010. A continuación y con los resultados obtenidos se desarrolló el análisis de *clusters* para cada uno de los períodos examinados. Finalmente, se llevó a cabo el test de validez de la metodología *cluster* utilizada.

#### Revisión de los estadísticos descriptivos

Inicialmente, conviene recordar que, como ya se mencionó, las observaciones que se utilizan en la base de datos del World Economic Forum y que se han empleado en este trabajo como indicadores de innovación tecnológica provienen de dos fuentes: algunas variables se obtienen a través de encuestas y otras a través de datos publicados.

Como se señaló, las variables obtenidas a través de la Encuesta Ejecutiva de Opinión que el World Economic Forum realiza a ejecutivos y líderes de opinión en cada uno de los países incluidos en el análisis tienen valores comprendidos entre el 1 y el 7. Las variables cuyas observaciones se obtienen a través de datos publicados tienen unos valores

más dispersos. Para lograr que sean comparables con las variables de encuesta se procedió a normalizarlas mediante la siguiente fórmula:

$$6 \times (\text{dato del país} - \text{mínimo de la muestra}) / (\text{máximo de la muestra} - \text{mínimo de la muestra}) + 1$$

Los mínimos y máximos de la muestra son las puntuaciones mínimas y máximas dentro del grupo de países incluido en el análisis. Normalizando de este modo, las variables que se obtienen a través de datos publicados también están comprendidas en un rango del 1 al 7.

Así pues, en este apartado se han analizado los estadísticos básicos para cada una de las principales variables, incluyendo valores mínimos y máximos, medias y desviaciones típicas, tanto en el período 2002-2003, como en el período 2009-2010.

Como se puede observar en la tabla 3, los valores mínimos oscilan entre 1 en el caso de "usuarios de Internet" o "patentes", y 3,7 en "FDI y transferencia tecnológica". Los valores máximos también presentan una elevada dispersión, desde un 1,13 para la variable "patentes", hasta un 6 de nuevo en el caso de "FDI y transferencia tecnológica". En el caso de las medias, también hay diferencias significativas, desde 1,01 en el caso de "patentes", hasta 4,82 en la variable de "FDI y transferencia tecnológica".

La tabla 4 presenta los datos correspondientes a 2009-2010; allí también se observa una alta dispersión entre los



**TABLA 3. Estadísticos descriptivos. Variables 2002-2003.**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Absorción tecnol.	19	3,30	5,30	4,3368	0,61211
Gasto ID	19	2,20	4,20	2,9684	0,56180
Colab. empresa univers.	19	2,20	3,90	2,8789	0,53911
Patentes	19	1,00	1,13	1,0179	0,03066
Educ. superior	19	1,35	4,98	2,6537	0,97613
FDI y transf. tecnol.	19	3,70	6,00	4,8211	0,66964
Preval. tecnol. extranj.	19	2,70	5,30	4,2526	0,66697
Priorización TIC	19	2,00	5,50	3,7421	0,91185
Promoción gubern.TIC	19	2,00	4,40	3,1526	0,64581
Usuarios Internet	19	0,99	2,61	1,4542	0,43363
Líneas teléf.	19	1,22	4,49	2,3016	0,81577
PC	19	1,07	2,63	1,5553	0,45970
Leyes TIC	19	2,40	4,40	3,2947	0,58259
N válido (según lista)	19				

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 4. Estadísticos descriptivos. Variables 2009-2010.**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Absorción tecnol.	19	3,34	5,46	4,6032	0,53229
Gasto ID	19	2,17	3,79	2,9084	0,44734
Colab. empresa univers.	19	2,45	4,25	3,3826	0,50236
Patentes	19	1,00	1,15	1,0174	0,3347
Educ. superior	19	1,19	5,37	3,1747	1,23325
FDI y transf. tecnol.	19	3,34	5,61	4,7658	0,66254
Preval. tecnol. extranj.	19	2,71	5,24	4,3005	0,63410
Priorización TIC	19	2,92	5,19	4,1384	0,63895
Promoción gubern.TIC	19	2,58	4,79	3,7963	0,64154
Leyes TIC	19	2,03	5,08	3,6653	0,70486
Usuarios Internet	19	1,17	5,05	2,7489	1,07872
Líneas teléf.	19	1,40	5,23	2,7211	0,90892
PC	19	1,11	3,52	1,8000	0,69113
N válido (según lista)	19				

Fuente: elaboración propia.

valores mínimos de las distintas variables y entre los valores máximos, así como en las medias. La variable "patentes" presenta, al igual que en el período 2002-2003, los valores más bajos (1,00 de mínimo y 1,15 de máximo), y también se repite la variable "FDI y transferencia tecnológica" como la que obtiene valores mayores (3,34 de mínimo y 5,61 de máximo).

### Análisis factorial

Antes de continuar con el presente estudio empírico, se consideró conveniente reducir el conjunto de indicadores a un número menor de dimensiones.

Para ello se realizó un análisis factorial, con objeto de identificar las variables explicativas que mejor analizan la distribución de innovación tecnológica entre países, es decir, aquellas que discriminan mejor el nivel de innovación tecnológica de los mismos. El objetivo del análisis factorial es, por tanto, extraer un número menor de factores que expliquen la mayor parte de la varianza de la muestra, y es una técnica ampliamente utilizada y aceptada en este tipo de

estudios (ver por ejemplo: Adelman y Morris, 1965, 1967; Basilevsky, 1994; Temple y Johnson, 1998; y más recientemente Clarysse y Muldur, 2001; Brujin y Lagendijk, 2005, Castellaci y Archibugi, 2008; Dory, 2008 y Fagerberg y Srholec, 2008).

Previo al análisis factorial se estudió la viabilidad de realizarlo para ese conjunto de datos, tanto en el período 2002-2003 como en el período 2009-2010, para lo cual se utilizó la prueba de Kaiser-Meyer-Okin (KMO)<sup>7</sup> y la prueba de esfericidad de Bartlett<sup>8</sup> (tablas 5 y 6).

<sup>7</sup> El índice de KMO, desarrollado por Kaiser (1974) se utiliza para comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación múltiples observados con las magnitudes de coeficientes de correlación parcial. Cuando el valor del índice es bajo, menor de 0,5, se desaconseja la aplicación del análisis, ya que las correlaciones entre pares de variables no se pueden explicar a través de las otras variables. Cuanto más próximo a 1 esté el índice KMO, más adecuada es la utilización del análisis factorial.

<sup>8</sup> La prueba de esfericidad de Bartlett contrasta si hay interrelaciones entre las variables mediante la enunciación de la hipótesis nula consistente en que la matriz de correlación es la matriz identidad

**TABLA 5. KMO y prueba de Barlett (2002-2003).**

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,679
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	227,129
	gl	78
Sig.		,000

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 6. KMO y prueba de Barlett (2009-2010).**

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,608
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	277,382
	gl	78
Sig.		,000

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de las pruebas de esfericidad de Barlett y de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin confirman que el análisis realizado es adecuado en los dos períodos de tiempo considerados, al ser el índice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) superior a 0,5 en ambos períodos (Kaiser, 1974; Hair *et al.*, 1999).

Por otro lado, las tablas 7 y 8 presentan los resultados del análisis factorial para la base de datos de los autores en los años 2002-2003 y 2009-2010, respectivamente. El análisis identifica dos factores principales que permanecen estables en el período considerado. Estos dos factores conjuntamente explican un alto porcentaje de la varianza de la muestra (entre 74,4% y 78,6%), lo cual es significativo a niveles convencionales, e indica, por tanto, que estos dos factores representan la mayor parte de la variabilidad en los datos.

A partir de la revisión de la literatura y de los antecedentes respecto de la medición de la capacidad de innovación tecnológica, se seleccionó una serie de indicadores (variables en la parte empírica del trabajo) que están relacionados con tres dimensiones clave (Cepal, 2007): la base disponible (infraestructuras y recursos humanos); los esfuerzos realizados para el incremento y la consolidación de la capacidad de innovación tecnológica (política gubernamental, I+D, adquisición de conocimiento, y otros), y los resultados logrados a partir de las capacidades existentes (patentes).

(la que tiene unos en la diagonal principal y ceros en el resto de valores). Si se confirma la hipótesis nula, supondría que las variables no están correlacionadas. Si por el contrario, se rechaza la hipótesis nula, las variables estarían relacionadas y sería adecuado realizar el análisis factorial.

Partiendo de la definición de estas tres dimensiones, los autores interpretan los dos factores de la siguiente manera:

El factor 1 se puede interpretar como una medida de la *política tecnológica gubernamental y empresarial*. Este componente está relacionado con lo que Cepal (2007) denomina “esfuerzo realizado para el incremento y la consolidación de la capacidad de innovación tecnológica”, observando que tiene cargas factoriales muy altas en todas las variables que miden la política tecnológica gubernamental (leyes relacionadas con las TIC, promoción gubernamental de las TIC, priorización por parte del gobierno de las TIC); aquellas que miden las actividades de innovación de las empresas (compañías que invierten en I+D, colaboración universidad-empresa), y las que tienen que ver con la adquisición de conocimiento externo (absorción de tecnología, inversión directa extranjera y transferencia tecnológica, prevalencia de tecnología extranjera). Este factor es una combinación de estas variables y supone el 45,8% de la varianza de la muestra en el período 2002-2003 y el 51,7% en el período 2009-2010, por lo que supone una dimensión muy relevante para analizar las diferencias en la capacidad de innovación tecnológica entre países (tablas 7 y 8).

El factor 2 puede ser interpretado como una medida de la *base disponible y resultados* (Cepal, 2007), ya que agrupa por un lado a aquellas variables que están relacionadas con las infraestructuras tecnológicas y el capital humano (capacidades existentes en el país), es decir, con la base disponible, y por otro lado también agrupa los resultados (patentes) logrados a partir de estas capacidades. Por tanto, como se puede observar, este componente tiene cargas factoriales muy altas en todas las variables que miden las infraestructuras tecnológicas (líneas telefónicas, usuarios de Internet, PC), así como en aquella variable relacionada con el capital humano (educación de tercer ciclo) y la variable que mide los resultados (patentes). Este factor indica que la base disponible y los resultados están altamente correlacionados con el nivel de innovación tecnológica de los países y supone el 28,6% de la varianza de la muestra en el período 2002-2003 y el 26,9% en el período 2009-2010. Por tanto, cabe señalar que, junto con el factor 1, parece ser un aspecto importante para estudiar las diferencias entre países en cuanto a su capacidad de innovación tecnológica (tablas 7 y 8).

A continuación se muestra la matriz de componentes con el resultado del análisis factorial para los períodos 2002-2003 y 2009-2010.

**TABLA 7. Matriz de componentes rotados<sup>a</sup> 2002-2003.**

Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>		
	Componente	
	1	2
Promoción gubern. TIC	,925	,088
Colab. empresa univers.	,899	,295
Absorción tecnol.	,859	,181
Gasto ID	,851	,358
Leyes TIC	,766	,168
Priorización TIC	,755	,166
Preval. tecnol. extranj.	,740	,365
FDI y transf. tecnol.	,714	,080
Usuarios Internet	,159	,880
Educ. superior	-,069	,852
Líneas teléfono	,526	,779
Patentes	,256	,762
PC	,500	,761
Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: normalización Varimax con Kaiser.		
a. La rotación ha convergido en tres iteraciones.		

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 8. Matriz de componentes rotados 2009-2010.**

Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>		
	Componente	
	1	2
FDI y transf. tecnol.	,929	,002
Promoción gubern. TIC	,903	,013
Absorción tecnol.	,891	,182
Leyes TIC	,875	,290
Preval. tecnol. extranj.	,869	,338
Priorización TIC	,860	,124
Colab. empresa univers.	,813	,290
Gasto ID	,805	,403
Patentes	,162	,870
Líneas teléfono	,343	,852
Educ. superior	-,268	,747
PC	,499	,702
Usuarios Internet	,464	,689
Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: normalización Varimax con Kaiser.		
a. La rotación ha convergido en tres iteraciones.		

Fuente: elaboración propia.

## Los grupos tecnológicos y su evolución en el período 2002-2009

Esta sección presenta los resultados de un análisis estadístico multivariante *cluster*<sup>9</sup> que divide los países latinoamericanos en cuatro grupos o *clusters* caracterizados por distintos niveles de capacidad de innovación tecnológica en los períodos 2002-2003 y 2009-2010.

En la tabla 9 aparecen los países que integran cada uno de los grupos en los dos períodos considerados.

**TABLA 9. Clusters obtenidos.**

Cluster	2002	2009
Cluster 1	España	España
Cluster 2	Brasil Chile Costa Rica Colombia Jamaica México Trinidad y Tobago	Brasil Chile Costa Rica Uruguay
Cluster 3	Uruguay Argentina	Argentina Venezuela Ecuador Bolivia
Cluster 4	Panamá El Salvador Perú Ecuador Nicaragua Guatemala Honduras Bolivia Venezuela	Nicaragua Colombia Jamaica México Trinidad y Tobago Guatemala Panamá El Salvador Perú Honduras

Fuente: elaboración propia.

### Cluster 1: Alto en base disponible y resultados, y medio en política tecnológica gubernamental y empresarial

Este grupo está formado por un solo país que es España, en los dos períodos de tiempo. A pesar de presentar un

<sup>9</sup> El análisis *cluster* es una técnica de análisis estadístico multivariante que permite la partición de un conjunto de datos (en este caso correspondientes a distintos países) en grupos, de tal forma que los datos pertenecientes a un mismo grupo son muy similares entre sí, pero muy diferentes a los de los otros grupos (Hair *et al.*, 1999; Everitt *et al.*, 2001). Este tipo de análisis ha sido desarrollado por numerosos autores (Johnson, 1967; Jardine y Sibson, 1968; Rohlf, 1970; Lerman, 1970; Benzecri, 1976; Clarysse y Muldur, 2001; Bruijn y Lagendijk, 2005; Castellacy y Archibugi, 2008; Dory, 2008). Para conseguir formar grupos homogéneos de observaciones (en este caso de países), hay que medir su similaridad o su "distancia" (disimilaridad). A este respecto, se han desarrollado numerosos métodos para medir la distancia entre los casos. En este trabajo se va a utilizar la distancia euclídea.

nivel medio en cuanto a política tecnológica gubernamental y empresarial en comparación con algunos países como Brasil, Chile y Costa Rica (gráficos 1 y 2), España tiene una posición claramente avanzada en lo referente a base disponible y resultados. Esto hace que no pueda agruparse con ningún otro país, y por ello el *cluster* 1 está constituido por una única observación que es España<sup>10</sup>. Es sin embargo destacable que no se ha producido una evolución visible en ninguno de los dos factores en el período considerado.

A modo orientativo, se tomó como indicador del desarrollo económico de los distintos *clusters* el PIB per cápita de la media de los países que integran cada *cluster*. En este caso, el PIB per cápita de España, en 2002 era 20.374 dólares, y en 2009, 35.331 dólares, siendo muy superior al del resto de los grupos.

### **Cluster 2: Medio-alto en política tecnológica gubernamental y empresarial, y medio en base disponible y resultados**

Este grupo se encuentra a una distancia considerable respecto del *cluster* 1 formado por España, en cuanto a base disponible y resultados. Sin embargo, es el grupo que obtiene una mejor posición en cuanto a política tecnológica, destacando claramente como líderes en 2009 en este aspecto Brasil, Costa Rica y Chile, los cuales han mejorado notablemente con respecto a los dos factores en este período. Se observa también en este grupo una cierta dispersión de resultados en los países en lo referente a los dos factores, destacando positivamente Brasil en 2009 en política tecnológica, y Costa Rica, Chile y Uruguay en base disponible. Este conglomerado estaba formado en 2002 por siete países (Brasil, Chile, Costa Rica, Jamaica, Colombia, México y Trinidad y Tobago); sin embargo en 2009 este grupo está compuesto solamente por cuatro países, de los cuales tres de ellos estaban en ese mismo *cluster* en 2002, que serían Brasil, Costa Rica y Chile, y el cuarto país que integraría este *cluster* en 2009 es Uruguay, el cual se habría movido desde el *cluster* 3 debido fundamentalmente a una gran mejora en política tecnológica. El resto de países que estaban en este *cluster* en 2002 y que ya no están en 2009 son Jamaica, Colombia, México y Trinidad y Tobago, debido fundamentalmente a que se han mantenido prácticamente igual tanto en política tecnológica como en base disponible, y esto ha motivado que pasen al *cluster* 4 que tiene un nivel bajo en política tecnológica y medio-bajo en base disponible, como se verá a continuación.

<sup>10</sup> A este respecto es importante resaltar que Hair *et al.* (1999) establecen la posibilidad de que un *cluster* esté constituido por una única observación.

El PIB per cápita de los países incluidos en este grupo era en 2002 de 7.868 dólares. En 2009 el PIB per cápita de la media del grupo presenta un valor muy parecido, con 8.746 dólares, no siendo muy alta la variación de este valor entre los países que componen este grupo en 2009.

### **Cluster 3: Bajo en política tecnológica gubernamental y empresarial, y medio en base disponible y resultados**

Este grupo estaba formado en 2002 por dos países, Uruguay y Argentina, y en 2009 se incorporaron Ecuador, Venezuela y Bolivia, debido fundamentalmente a una mejora en su base disponible, aunque en política tecnológica no han avanzado. Ya se comentó que Uruguay se movió al *cluster* 2 en razón a su avance en política tecnológica. Este grupo está a una distancia considerable respecto de los grupos 1 y 2 en lo referente a política tecnológica, aunque en términos de base disponible se encuentra en una posición intermedia entre ambos.

El PIB per cápita de la media de los países incluidos en este conglomerado era en 2002 de 10.439 dólares y en 2009 de 6.279 dólares, claramente por encima de los países incluidos en el *cluster* 4.

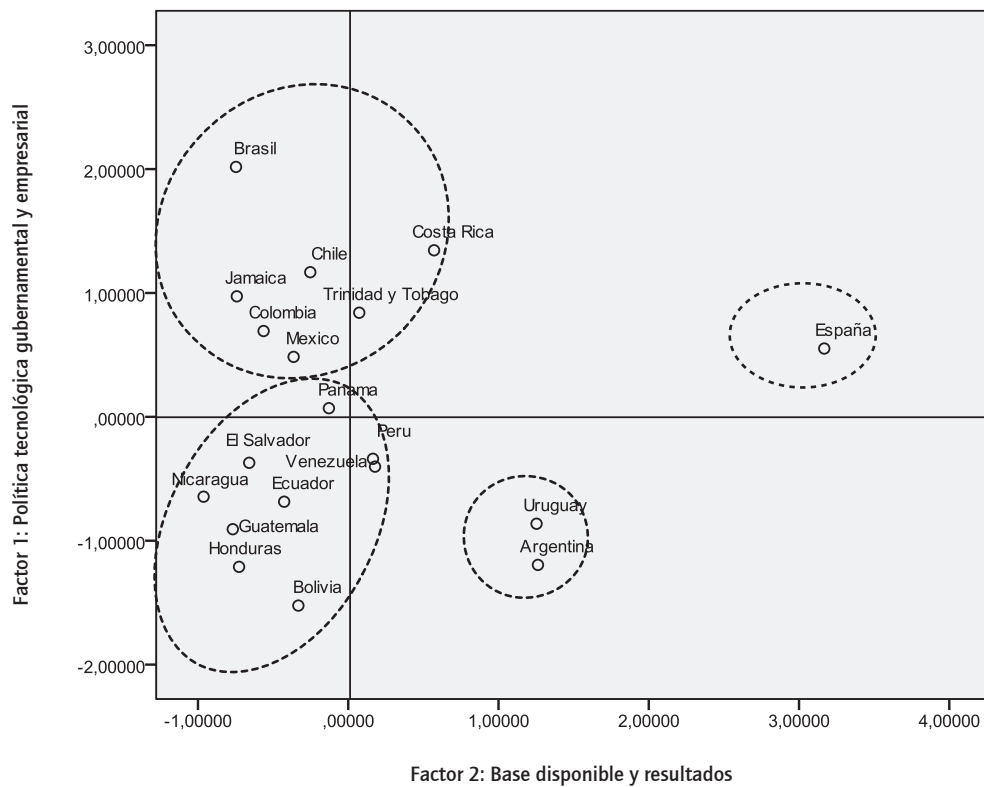
### **Cluster 4: Medio en política tecnológica gubernamental y empresarial y bajo en base disponible y resultados**

Este último grupo estaba constituido por nueve países en 2002 (Panamá, El Salvador, Perú, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Ecuador, Venezuela y Bolivia), que son los que presentaban en 2002 peores resultados en los dos factores (política tecnológica gubernamental y empresarial y base disponible y resultados). En 2009, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala, Perú y Panamá permanecen en este grupo, no observándose ninguna evolución en cuanto a base disponible pero sí una leve mejoría en política tecnológica. Como ya se comentó antes, Venezuela, Ecuador y Bolivia se han movido al grupo 3, debido a su mejoría en base disponible. Los otros cuatro países (Colombia, México, Jamaica y Trinidad y Tobago), que forman el *cluster* 4 en 2009, proceden del *cluster* 2 y son países que prácticamente no han evolucionado ni en política tecnológica ni en base disponible.

El PIB per cápita de la media de los países incluidos en este conglomerado era, en 2002, de 3.998 dólares y en 2009 de 6.034 dólares, siendo el más bajo de los cuatro grupos obtenidos.

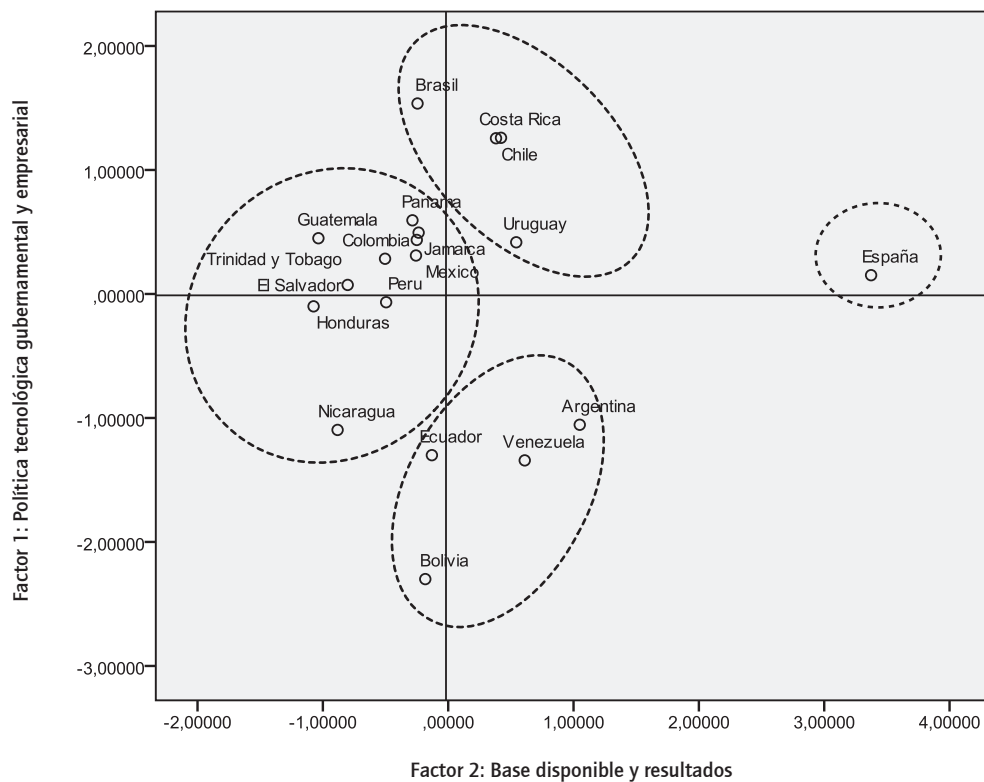
Estos *clusters* así definidos se pueden observar con más claridad en los gráficos 1 y 2, que muestran a todos los países ordenados en función de los dos factores obtenidos.

GRÁFICO 1. Gráfico de dispersión de puntos para el período 2002-2003.



Fuente: elaboración propia.

GRÁFICO 2. Gráfico de dispersión de puntos para el período 2009-2010.



Fuente: elaboración propia.

TABLA 10. Test ANOVA.

	ANOVA					
	Conglomerado		Error		F	Sig.
	Media cuadrática	gl	Media cuadrática	gl		
REGR factor score 1 for analysis 1	4,839	3	,232	15	20,850	,000
REGR factor score 2 for analysis 1	5,091	3	,182	15	28,019	,000

Las pruebas F sólo se deben utilizar con una finalidad descriptiva puesto que los conglomerados han sido elegidos para maximizar las diferencias entre los casos en diferentes conglomerados. Los niveles críticos no son corregidos, por lo que no pueden interpretarse como pruebas de la hipótesis de que los centros de los conglomerados son iguales.

Fuente: elaboración propia.

### Test econométrico de validación del análisis cluster

Con objeto de validar los resultados de los análisis *cluster* mostrados en el apartado anterior, que dependen de la precisión estadística del mismo, se procedió a la realización de un test econométrico que se presenta a continuación, en el que se efectuó un test ANOVA, así como pruebas post-hoc (Student-Newman-Keuls, HDS de Tukey y Waller-Duncan), que permitirán verificar que el análisis de *clusters* que se ha realizado para las distintas variables es correcto, en el sentido de que existen diferencias significativas entre los cuatro grupos considerados en ambos periodos.

En primer lugar se muestran los resultados para los *clusters* obtenidos en 2002.

Los resultados del test ANOVA que se muestran en la tabla 10 confirman la bondad del análisis.

Para comprobar si existen diferencias entre todos los grupos, se realizaron además los test de Student-Newman-Keuls, HDS de Tukey y Waller-Duncan. Se llevó a cabo la prueba con los tres grupos que contienen más de un país, eliminando por tanto el caso de España, que presenta claras diferencias con el resto de grupos.

La tabla 11, que se muestra a continuación, contiene los resultados para los grupos obtenidos con el factor 1, política tecnológica gubernamental y empresarial, pudiéndose observar que el grupo 3 presenta claras diferencias con los otros dos grupos, pero sin embargo no se observan diferencias significativas entre los países del grupo 2 (Uruguay y Argentina), y los del grupo 4 (Panamá, El Salvador, Perú, Ecuador, Nicaragua, Guatemala, Honduras, Venezuela y Bolivia). Esto también es fácilmente apreciable en el gráfico 1 de dispersión de puntos.

En lo que se refiere a los grupos obtenidos para el factor 2, base disponible y resultados, las pruebas de Student-Newman-Keuls, DHS de Tukey y Waller-Dunca arrojan diferencias entre el grupo formado por Uruguay y Argentina y los otros dos grupos. Sin embargo, no se encuentran diferencias significativas entre los grupos 3 y 4 (tabla 12).

TABLA 11. Pruebas post-hoc para el factor 1, política tecnológica gubernamental y empresarial.

	Número inicial de casos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
Student-Newman-Keuls <sup>a,b</sup>	2	2	-1,0290468	
	4	9	-,6681479	
	3	7		1,0742869
	Sig.		,307	1,000
HSD de Tukey <sup>a,b</sup>	2	2	-1,0290468	
	4	9	-,6681479	
	3	7		1,0742869
	Sig.		,554	1,000
Waller-Duncan <sup>a,b,c</sup>	2	2	-1,0290468	
	4	9	-,6681479	
	3	7		1,0742869

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,979.  
 b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.  
 c. Razón de seriedad del error de tipo 1/tipo 2 = 100.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 12. Pruebas post-hoc para el factor 2, base disponible y resultados.

	Número inicial de casos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
Student-Newman-Keuls <sup>a,b</sup>	4	9	-,4067317	
	3	7	-,2890208	
	2	2		1,2578591
	Sig.		,702	1,000
HSD de Tukey <sup>a,b</sup>	4	9	-,4067317	
	3	7	-,2890208	
	2	2		1,2578591
	Sig.		,920	1,000
Waller-Duncan <sup>a,b,c</sup>	4	9	-,4067317	
	3	7	-,2890208	
	2	2		1,2578591

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,979.  
 b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.  
 c. Razón de seriedad del error de tipo 1/tipo 2 = 100.

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 13. Test ANOVA.**

	ANOVA					F	Sig.
	Conglomerado		Error				
	Media cuadrática	gl	Media cuadrática	gl			
REGR factor score 1 for analysis 1	4,731	3	,254	15	18,645	,000	
REGR factor score 2 for analysis 1	5,177	3	,165	15	31,446	,000	

Las pruebas F sólo se deben utilizar con una finalidad descriptiva, puesto que los conglomerados han sido elegidos para maximizar las diferencias entre los casos en diferentes conglomerados. Los niveles críticos no son corregidos, por lo que no pueden interpretarse como pruebas de la hipótesis de que los centros de los conglomerados son iguales.

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados coinciden con las conclusiones que se extraen en el gráfico 1 de dispersión de puntos que se ha mostrado con anterioridad en este trabajo, en el cual se observa cierta coincidencia entre estos dos últimos grupos en cuanto al factor 2.

El mismo test se realizó para el período 2009-2010, y los resultados obtenidos fueron similares.

Los resultados del test ANOVA que se muestran en la tabla 13 confirman la bondad del análisis.

Para el factor 1, política tecnológica gubernamental y empresarial, las pruebas de Student-Newman-Keuls, HDS de Tukey y Waller-Duncan confirman diferencias significativas entre los tres grupos, tal y como puede comprobarse en la tabla 14.

**TABLA 14. Pruebas post-hoc para el factor 1, política tecnológica gubernamental y empresarial.**

	Número inicial de casos	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls <sup>a,b</sup>	2	4	-1,4991857		
	4	10		,1377320	
	1	4			1,1170193
	Sig.		1,000	1,000	1,000
HSD de Tukey <sup>a,b</sup>	2	4	-1,4991857		
	4	10		,1377320	
	1	4			1,1170193
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Waller-Duncan <sup>a,b,c</sup>	2	4	-1,4991857		
	4	10		,1377320	
	1	4			1,1170193

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.  
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.  
c. Razón de seriedad del error de tipo 1/tipo 2 = 100.

Fuente: elaboración propia.

En lo referente al segundo factor, base disponible y resultados, las pruebas realizadas concluyen que no existen diferencias significativas entre los grupos 1 (formado por Brasil, Costa Rica, Chile y Uruguay) y 2 (formado por Ecuador, Bolivia, Venezuela y Argentina). Sin embargo, sí se aprecian diferencias entre estos dos grupos y el grupo 4, constituido por los diez países restantes. Esto es de nuevo observable en el gráfico 2 de dispersión de puntos.

**TABLA 15. Pruebas post-hoc para el factor 2, base disponible y resultados.**

	Número inicial de casos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Student-Newman-Keuls <sup>a,b</sup>	4	10	-,5821919	
	1	4		,2751940
	2	4		,3367614
	Sig.		1,000	,814
HSD de Tukey <sup>a,b</sup>	4	10	-,5821919	
	1	4		,2751940
	2	4		,3367614
	Sig.		1,000	,969
Waller-Duncan <sup>a,b,c</sup>	4	10	-,5821919	
	1	4		,2751940
	2	4		,3367614

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.  
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.  
c. Razón de seriedad del error de tipo 1/tipo 2 = 100.

Fuente: elaboración propia.

Como conclusión se puede decir que las pruebas post-hoc han mostrado diferencias significativas en la mayoría de los casos entre los tres grupos considerados, y a nivel conjunto –tal y como muestran los gráficos de dispersión de puntos y los resultados del ANOVA– existen diferencias significativas entre los cuatro grupos, por lo que el análisis *cluster* realizado es correcto.

## Conclusiones e implicaciones

Este trabajo realiza una investigación empírica sobre las diferencias entre países latinoamericanos y España en lo referente a su capacidad de innovación tecnológica y su evolución a lo largo de un período de siete años (2002-2009). Los resultados muestran la existencia de cuatro grupos de países o *clusters* caracterizados claramente por distintos niveles de innovación tecnológica. La distancia tecnológica entre los grupos es evidente respecto a los dos factores considerados en el estudio, que son la política tecnológica gubernamental y empresarial y la base disponible y resultados.

La clasificación de los países en cuatro *clusters* diferentes y el análisis de su evolución a lo largo de siete años permite concluir que, en general, la brecha en innovación tecnológica entre los países latinoamericanos y España está decreciendo poco a poco, y esto se debe fundamentalmente al progreso de los países situados en el *cluster 2* (Brasil, Chile y Costa Rica), sobre todo en lo referente a política tecnológica gubernamental y empresarial. También hay que mencionar el gran avance de Uruguay en este mismo factor, que ha saltado del *cluster 3* en 2002 al *cluster 2* en 2009. Asimismo, es significativo el progreso de algunos países del *cluster 4* (Venezuela, Ecuador y Bolivia) con respecto al segundo factor, base disponible y resultados, lo que les permitió ascender al *cluster 3* en 2009.

Por otro lado, se pueden señalar algunas implicaciones importantes que se derivan de los resultados empíricos: la primera hace referencia a la desigual distribución de la capacidad de innovación tecnológica entre los *clusters* observados. La combinación de los dos factores de la capacidad de innovación tecnológica (política tecnológica y base disponible) desempeña un importante papel a la hora de posicionar cada sistema nacional de innovación (Castellaci y Archibugi, 2008). Cada país debería no sólo observar e intentar imitar a aquellos que están en una posición o un *cluster* más avanzado, sino que además debería trazar su propio itinerario partiendo de su capacidad de innovación existente, intentando tener éxito en la mejora de su posición.

La segunda implicación se refiere a la evolución general de los sistemas de innovación. En este sentido, se debería analizar cuántos países han mejorado y se han movido hacia un *cluster* superior y cuántos han retrocedido. Como se observó, ningún país ha retrocedido a un *cluster* inferior, sino que algunos países se han movido a un *cluster* superior. En concreto tres países se han movido del *cluster 4* al *cluster 3*, un país se ha movido del *cluster 3* al *cluster 2*, y diez países se han quedado más o menos como estaban; estos países son aquellos que en 2009 conforman el

*cluster 4*. En general las variaciones en sus posiciones durante los siete años considerados no han sido demasiado importantes, hecho que puede deberse a que las capacidades tecnológicas son generadas y destruidas lentamente a lo largo del tiempo, incluso en períodos de rápido crecimiento económico (Archibugi *et al.*, 2009). También cabe señalar que se han reducido distancias entre el *cluster 3* y el 4, en lo referente a base disponible, y también se han acortado distancias entre el *cluster 1* y el 2. Sin embargo, el *cluster 2* se ha distanciado del 3 y del 4, acercándose al *cluster 1*, que es el más avanzado, lo cual parece coincidir con la dinámica global de la tecnología en el mundo, en la que unos pocos países generan la mayor parte del conocimiento (Archibugi e Ianmarino, 2002; Castellaci y Archibugi, 2008; Kemeny, 2009). En el largo plazo, lo anterior sugiere que Latinoamérica está evolucionando hacia una región en la que un pequeño grupo de países, en torno al 20%, domina el paisaje tecnológico, frente al 80% restante de los países que estarían más retrasados.

A continuación se presentan con más detalle las principales conclusiones en términos de posibles áreas de actuación para cada uno de los grupos identificados en el análisis empírico.

Con respecto a los países situados en los *clusters 3* y 4, estos son los que están situados en las peores posiciones en innovación tecnológica y tienen, por tanto, la necesidad de una clara actuación para impulsar la innovación. Con objeto de reducir su diferencia tecnológica podrían incrementar sus inversiones en I+D, ya que una mayor capacidad pública y privada de inversión en I+D podría ayudar a la industria a desarrollar sus intereses de investigación (Clarysse y Muldur, 2001). Asimismo, nuevas formas de financiación e iniciativas específicas destinadas a aumentar la cultura emprendedora y la innovación en las PYME también podrían fomentar la innovación (Chabbal, 1995). Los países integrados en el *cluster 4* deben hacer un esfuerzo adicional por mejorar las infraestructuras tecnológicas y la formación del capital humano, ya que tienen una capacidad de absorción de conocimiento muy baja.

En cuanto al *cluster 2*, es el que está mejor posicionado en innovación tecnológica en Latinoamérica. Las empresas de los países que lo integran determinan la competitividad tecnológica de la región. Estos países deben prestar una particular atención a desarrollar estrategias que favorezcan la creación y difusión de conocimiento. Para ello, podrían mejorar la calidad de las instituciones de investigación, potenciar la colaboración entre las universidades y las empresas, y mejorar las leyes relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación, facilitando así la interacción entre todos los agentes del sistema de



innovación y proporcionando la colaboración con otros actores extranjeros que les ayuden a crear nuevo conocimiento (Clarysse y Muldur, 2001). En todo caso, todavía les queda un largo recorrido para converger con el *cluster* 1 en lo referente a base disponible y resultados.

Finalmente respecto al *cluster* 1, este es el más avanzado en base disponible, y se encuentra formado únicamente por España. En este sentido, los países bien posicionados deben tratar de internacionalizar sus sistemas de innovación y atraer nuevo talento, facilitando así la creación y difusión de conocimiento de primer nivel (Navarro *et al.*, 2009). No obstante, podría fomentar más la inversión empresarial en I+D y la colaboración universidad-empresa en investigación, que son dos aspectos de su política tecnológica en la que está por debajo de algunos países del *cluster* 2, como por ejemplo Brasil.

Este grupo podría representar un punto referencia para grupos menos avanzados con objeto de que pudieran identificar actuaciones encaminadas a mejorar la innovación y que les pudieran ayudar a migrar a un *cluster* superior.

Las principales contribuciones de este trabajo son las siguientes:

Desde el punto de vista de la literatura sobre innovación tecnológica, estos resultados aportan nueva evidencia empírica sobre la existencia de cuatro grupos diferentes de países en Latinoamérica y España en cuanto a su capacidad de innovación tecnológica, indicando las dimensiones en las que cada grupo se diferencia de los demás. Además, se muestra claramente que las diferencias entre países están bien reflejadas por los dos factores, como indican los resultados del análisis factorial y del análisis *cluster*.

La presente investigación y clasificación podría ayudar a identificar y comprender los retos y oportunidades que los países de cada *cluster* tienen que enfrentar en el futuro.

Asimismo, los autores observaron durante el período considerado que los principales movimientos se han producido en lo relativo a política tecnológica, siendo menos significativos los cambios relacionados con la base disponible, lo que puede abrir una primera línea de investigación futura consistente en estudiar la correlación entre los indicadores de *input* y de *output*, analizando si con el paso del tiempo esa correlación aumenta, tratando de averiguar de esta manera qué países son más eficientes y más rápidos en la generación y difusión de innovaciones. Una segunda línea de investigación podría consistir en analizar cómo se relaciona la capacidad tecnológica de los países con el nivel de desarrollo económico. En este sentido, aunque se ha tomado como dato orientativo el nivel de PIB per cápita,

observándose cierta coincidencia entre los *clusters* obtenidos y el PIB per cápita medio de cada grupo, este aspecto podría ser objeto de una contrastación empírica.

Por otro lado, este estudio puede ser útil en los siguientes ámbitos: en primer lugar, en el académico, ya que los indicadores de innovación pueden ser utilizados para incrementar y ampliar nuestro conocimiento sobre el cambio tecnológico. En segundo lugar, en el ámbito político, ya que los gobernantes necesitan localizar la posición de su país, para identificar fortalezas y debilidades y para asegurar oportunidades (Furman *et al.*, 2002). Y en tercer lugar, en el ámbito empresarial, ya que los empresarios y directivos utilizan los estudios de innovación para tener una más profunda comprensión acerca del avance tecnológico, especialmente en períodos de gran competencia interna e internacional. De hecho, los datos sobre capacidades tecnológicas en los diferentes países permiten comprender el contexto geográfico en el que las empresas pueden desarrollar y establecer sus actividades de innovación (Archibugi *et al.*, 2009).

A pesar de las contribuciones de este estudio empírico, es preciso señalar sus limitaciones. No cabe duda de que la literatura sobre cambio tecnológico necesita continuar avanzando para encontrar mejores instrumentos de medida. En este sentido, los indicadores contemplados en este trabajo podrían reforzarse mediante la utilización de métodos de triangulación, como la utilización de índices sintéticos, o combinándolos con otros indicadores elaborados por diferentes organismos o instituciones.

De otra parte, la investigación se concentró en una unidad de análisis que es el país, y aunque hay buenas razones para hacerlo así, los autores son conscientes de que en un mundo globalizado los países no son la única entidad significativa para estudiar el cambio tecnológico. Las regiones o empresas son igualmente importantes para analizar las competencias tecnológicas, por lo que pueden ser consideradas como unidades estadísticas muy interesantes (Archibugi y Coco, 2005; Cantwell e Iammarino, 2003).

Finalmente, cabe resaltar la necesidad de realizar estudios en profundidad de cada país para poder proponer políticas tecnológicas. Lo que el presente trabajo pretende es simplemente señalar posibles áreas de actuación en cada país en función de los posicionamientos obtenidos y la evolución observada de cada uno de ellos. La identificación de las áreas débiles de cada país en cuanto a capacidad tecnológica sugiere posibles caminos o rutas para su mejora, que obviamente deben ser complementados con estudios en profundidad de cada caso.

## Referencias bibliográficas

- Abramovitz, M. (1986). Catching up, forging ahead, and falling behind. *Journal of Economic History*, 46, 385-406.
- Adelman I., & Morris, C. T. (1965). A factor analysis of the interrelationship between social and political variables and per capita gross national product. *Quarterly Journal of Economics*, 79, 555-578.
- Adelman, I., & Morris, C. T. (1967). *Society, Politics and Economic Development*. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60, 323-351.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2004). A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries. *World Development*, 32(4), 629-654.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2005). Measuring technological capabilities at the country level: a survey and a menu for choice. *Research Policy*, 34(2), 75-194.
- Archibugi, D., & Iammarino, S. (2002). The globalization of technological innovation: Definition and evidence. *Review of International Political Economy*, 9(1), 98-122.
- Archibugi, D., Denni, M., & Filippetti, A. (2009). The technological capabilities of nations: The state of the art synthetic indicators. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 917-931.
- Basilevsky, A. (1994). *Statistical Factor Analysis and Related Methods: Theory and Applications*. London: John Wiley & Sons Inc.
- Benzecri, J. P. (1976). *Analyse des données*. Paris: Dunod.
- Brujin, P., & Lagendijk, A. (2005). Regional innovation systems in the Lisbon strategy. *European Planning Studies*, 13, 1153-1172.
- Cantwell, J., & Iammarino, S. (2003). *Multinational Corporations and European Regional Systems of Innovation*. London: Routledge.
- Castellaci, F., & Archibugi, D. (2008). The technology clubs: The distribution of knowledge across nations. *Research Policy*, 37, 1659-1673.
- Chabbal, R. (1995). *Un plan d'action pour les PME innovantes*. European Business and Innovation Centre Network (EBN), EC-BIC Observatory.
- Clarysse, B., & Muldur, U. (2001). Regional cohesion in Europe? An analysis of how EU public RTD support influences the techno-economic regional landscape. *Research Policy*, 30, 275-296.
- Cepal. (2007). *Serie Estudios y Perspectivas. Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina*. México: Naciones Unidas.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: The two faces of R&D. *The Economis Journal*, 99(397), 569-596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Comisión Europea. (2007). *Global Innovation Scoreboard 2006 Report*. CE, Brussels.
- Crisuolo, P., & Narula, R. (2008). A novel approach to nacional technological accumulation and absorptive capacity: aggregating Cohen y Levinthal. *The European Journal of Development Research*, 20(1), 56-73.
- Dahlman, C., & Nelson, R. (1995). Social absorption Capability, National Innovation Systems and Economic Development. En Perkins, D. H., & Koo, B. H. (Eds.). *Social Capability and Long-term Growth*. Basingstoke: Macmillan Press.
- Dory, T. (2008). *RTD policy approaches in different types of European regions*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., & Soete, L. (1988). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
- Edquist, C. (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter.
- Edquist, C. (2004). Systems of innovation: perspectives and challenges. En Fagerberg, J. J., Mowery, D., & Nelson, R. (Eds.). *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 181-208). Oxford: Oxford University Press.
- Everitt, B., Landau, S., & Leese, M. (2001). *Cluster analysis* (4<sup>th</sup> ed.). London: Arnold.
- Fagerberg, J. (1987). A technology gap approach to why growth rates differ. *Research Policy*, 16, 87-99.
- Fagerberg, J. (1994). Technology and international differences in growth rates. *Journal of Economic Literature*, 32, 1147-1175.
- Fagerberg, J., & Godinho, M. M. (2004). Innovation and catching-up. En Fagerberg, J., Mowery, D., & Nelson, R. (Eds.). *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 514-544). Oxford: Oxford University Press.
- Fagerberg, J., & Srholec, M. (2008). National innovation systems, capabilities and economic development. *Research Policy*, 37, 1417-1435.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Freeman, C. (1997). The national system of innovation. En Archibugi, D., & Michie, J. (Eds.). *Technology, globalisation and economic performance* (pp. 24-49). Cambridge: Cambridge University Press.
- Freeman, C., Clark, J., & Soete, I. G. (1982). *Unemployment and Technical Innovation: A study of long waves and economic development*. London: Pinter.
- Furman, J. L., Porter, M., & Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 31, 899-933.
- Gerschenkron, A. (1962). *Economic backwardness in historical perspective*. Cambridge, MA: The Belknap Press.
- Godinho, M. M., Mendoca, S. F., & Pereira, T. S. (2005). *Towards a Taxonomy of Innovation Systems*. Lisboa: Mimeo.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1993). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: The MIT Press.
- Grupp, H., & Schubert, T. (2010). Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. *Research Policy*, 39, 67-78.
- Hair, J. F., Anderson, R. E, Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante*. Madrid: Prentice Hall.
- Jardine, N., & Sibson, R. (1968). A model for taxonomy. *Mathematical biosciences*, 2, 465-482.
- Johnson, S. C. (1967). Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika*, 32, 241-255.
- Juma, C. (2001). Global governance of technology: meeting the needs of developing countries. *International Journal of Technology Management*, 22(7-8), 629-655.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Kemeny, T. (2009). Are international technology gaps growing or shrinking in the age of globalization? *Journal of Economic Geography*. Doi: 10.1093/jeg/lbp062.
- Kim, L. (1980). Stages of development of industrial technology in a developing country. A model. *Research Policy*, 9, 254-277.
- Kim, L. (1997). *Imitation to innovation: The dynamics of Korea's technological learning*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, 20, 165-186.

- Lall, S., & Albadalejo, M. (2001). *Indicators of relative importance of IRPS in developing countries*. Background Paper for ICTSD/UNCTAD Capacity Building project on Trips and Development.
- Lee, K., & Kim, B. (2009). Both institutions and policies matter but differently for different income groups of countries: Determinants of long-run economic growth revisited. *World Development*, 37(3), 533-549.
- Lerman, I. C. (1970). *Les bases de la classification automatique*. Paris: Gauthier-Villars.
- Lundvall, B. A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter Publishers.
- Lucas, R. (1988). On the mechanism of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Metcalf, J. S. (2010). *Technology and economic theory*. *Cambridge Economic Journal*, 34(1), 153-171.
- Navarro, M., Gibaja, J. J., Bilbao-Osorio, B., & Aguado, R. (2009). Patterns of innovation in EU-25 regions: a typology and policy recommendations. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 27, 815-840.
- Nelson, R. (1993). *National Innovations Systems: A comparative Analysis*. New York: Oxford University Press.
- OCDE. (2002). *Manual de Frascati: propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*. OCDE.
- OCDE. (2006). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (3ª. ed.). Madrid: Tragsa.
- OCDE. (2007). *Science, technology and innovation indicators in a changing world*. Paris. OCDE.
- Rohlf, F. J. (1970). Adaptive hierarchical clustering schemes. *Systematic zool*, 19, 58-82.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98, 71-102.
- Patel, P., & Pavitt, K. (1995). Their measurement and interpretation. En Stoneman, P. (Ed.). *Handbook of Economics of innovation and technological Change* (pp. 15-51). Oxford: Blackwell Handbooks in Economics.
- Pietrobelli, C. (1994). National technological capabilities: an internal comparison. *Development Policy Review*, 12(2), 115-148.
- Sancho Lozano, R. (2002). Indicadores de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación. *Economía Industrial*, 343, 97-109.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Schumpeter, J. (1943). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Brothers. Traducción al español: *Capitalismo, socialismo y democracia*. Barcelona: Ed. Folio, 1984.
- Sharif, N. (2006). Emergence and development of the National Innovation System. *Research Policy*, 35, 745-766.
- Sirilli, G. (1997). Science and technology indicators. The state of the art and prospects for the future. En Antonelli, G., & De Liso, N. (Eds.). *Economics of Structural and Technological Change*. London: Routledge.
- Smith, K. (2005). Measuring innovation. En Fagerberg, J., Mowery, D., & Nelson, R. (Eds.). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.
- Sutz, J. (1997). *Innovación y desarrollo en América Latina*. Caracas: Nueva Sociedad.
- Temple, J., & Johnson, P. A. (1998). Social capability and economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 113, 965-990.
- Unctad. (2005). *World investment report*. Transnational Corporations and the internationalization of R&D, UCTAD, Geneva.
- United Nations Industrial Development Organization, Unido. (2005). *Industrial Development Report 2005-2006. Competing through innovation and learning*, Unido. Viena.
- Verspagen, B. (1991). A new empirical approach to catching up or falling behind. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2(82), 359-380.
- WEF, World Economic Forum. (2002). *The Global Competitiveness Report 2002-2003*. New York: Oxford University Press.
- WEF, World Economic Forum. (2006). *The Global Competitiveness Report 2005-2006*. Houndmills: Palgrave Macmillan.
- WEF, World Economic Forum. (2009). *The Global Competitiveness Report 2009-2010*. New York: Oxford University Press.

