



Clusters de innovación tecnológica en Latinoamérica

ÁREA: 1
TIPO: Aplicación

Technological Innovation Clusters in Latin America
Clusters de inovação tecnológica na América Latina

AUTORAS

María Luisa Blázquez de la Hera

International Center for Competitiveness IESE Business School, Spain
MLBlazquez@iese.edu

Mónica García-Ochoa Mayor

Universidad Complutense de Madrid, España
mgarciaochoa@ccee.ucm.es

1. Autora de contacto:
Departamento de Organización de Empresas, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Complutense de Madrid, Campus de Somosaguas, 28223 Madrid, Spain

El presente trabajo lleva a cabo un análisis sobre la existencia de clusters de innovación tecnológica en Latinoamérica, para ello se ha realizado un estudio empírico sobre la base de los indicadores publicados en el Global Competitiveness Report 2009–2010 (WEF, 2009). Los resultados muestran la existencia de 4 grupos de países caracterizados por una distinta capacidad de innovación tecnológica, tanto en lo referente a política tecnológica y generación de tecnología e innovación, como en lo relativo a preparación tecnológica de la sociedad.

This paper analyses the existence of technological innovation clusters in Latin America, carrying out an empirical study based on the indicators published by the Global Competitiveness Report 2009–2010 (WEF, 2009). The results indicate the existence of four groups of countries characterized by different levels of innovation technology capacity, both in terms of technology policy and innovation and technology generation and in terms of technological preparation of the society.

O presente trabalho faz uma análise sobre a existência de clusters de inovação tecnológica na América Latina, tendo-se realizado para tal um estudo empírico com base nos indicadores publicados no Global Competitiveness Report 2009–2010 (WEF, 2009). Os resultados revelam a existência de 4 grupos de países caracterizados por diferentes capacidades de inovação tecnológica, tanto no que diz respeito à política tecnológica e geração de tecnologia e inovação, como no que se refere à preparação tecnológica da sociedade.

DOI
10.3232/
GCG.2009.
V3.N3.01

1. Introducción

En los últimos años venimos observando diversos intentos de construir indicadores que midan las capacidades tecnológicas y de innovación a nivel nacional. Estos recientes estudios son el resultado de un consenso surgido en el último cuarto del siglo XX acerca de la naturaleza de la tecnología. Existe la creencia ampliamente aceptada de que la innovación tecnológica es una variable fundamental para explicar aspectos como la competitividad, la tasa de crecimiento, la productividad, la creación de empleo y el bienestar (Juma *et al.*, 2001). Los países se caracterizan por los diferentes niveles de desarrollo tecnológico y este es el principal factor que revela sus diferentes patrones competitivos y su divergencia económica a largo plazo (Tuzelman, 1995). Por tanto, esto pone de relieve la necesidad de encontrar nuevos y mejores medidores de las capacidades tecnológicas y de innovación que ayuden a entender mejor las transformaciones económicas y sociales que acontecen en los países.

Por otra parte, el concepto de sistema nacional de innovación revela que tiene sentido analizar las capacidades tecnológicas de diferentes estados territoriales, ya que éstos proporcionan uno de los principales ámbitos institucionales para la generación y difusión de *know how* (Freeman, 1997). Este mismo análisis se ha aplicado ya con éxito a los países en desarrollo (Sutz, 1997).

El propósito de nuestro estudio es analizar cómo se distribuye la capacidad de innovación tecnológica entre países en Latinoamérica. Para ello, hemos realizado un análisis empírico que explora la existencia de diferentes grupos de países caracterizados por distintos niveles de capacidad tecnológica y de innovación, examinando sus principales diferencias.

El estudio se ha realizado utilizando los datos publicados en el Global Competitiveness Report (GCR) 2009-2010 (WEF, 2009), el cual contiene una serie de indicadores que tratan de cuantificar diferentes aspectos relacionados con la capacidad de innovación tecnológica de los países.

El trabajo empírico analiza estos datos a través de tres pasos. El primero, consiste en reducir el gran número de indicadores a través de un análisis factorial, obteniéndose dos factores. En segundo lugar, estos dos factores se utilizan para identificar diferentes grupos de países a través de las técnicas de *cluster*. Finalmente, se realiza un test econométrico para evaluar la precisión estadística de los resultados de los conglomerados obtenidos.

Por consiguiente, el trabajo se ha organizado de la siguiente manera. En el epígrafe 2 se definen los indicadores utilizados para medir la capacidad de innovación tecnológica de los diferentes países de la muestra, justificando al mismo tiempo la selección de los mismos. El epígrafe 3 muestra los resultados del análisis factorial y del análisis *cluster*.

1. El Manual de Frascati (2000) 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”. El Manual de Oslo (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 vinculadas al concepto de innovación tecnológica”.

PALABRAS
CLAVE

Innovación
tecnológica,
Análisis *cluster*,
Política
tecnológica,
Preparación
tecnológica,
Latinoamérica

KEY WORDS

Technological
innovation,
Cluster analysis,
Technological
policy, Techno-
logical readiness,
Latin America

PALAVRAS-
CHAVE

Inovação tecno-
lógica, Análises
cluster, Política
tecnológica,
Preparação
tecnológica,
América Latina

CÓDIGOS JEL

O30; O32

Los resultados del mismo muestran la existencia de cuatro conglomerados caracterizados por sus diferentes niveles de innovación tecnológica. El epígrafe 4 revela los resultados de la realización del test econométrico, el cual proporciona validez a los resultados obtenidos en el análisis *cluster*. Por último, el epígrafe 5 concluye este estudio discutiendo la interpretación teórica de los principales resultados empíricos.

2. Revisión de los Indicadores utilizados

La capacidad de innovación tecnológica está relacionada con diferentes aspectos tales como 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 Archibugui, 2008).

En este artículo, utilizamos una serie de indicadores que miden directamente distintos aspectos relevantes de la capacidad de innovación tecnológica para una muestra de 24 países latinoamericanos y España. La ventaja de utilizar una batería de indicadores, es que así se consigue definir con mayor precisión la situación de cada país, proporcionando una más fácil comprensión de las diferencias entre ellos.

Con objeto de ser consistentes con estudios anteriores (ver [Tabla 1](#)), para realizar el análisis empírico hemos tenido en cuenta los indicadores incluidos en el WEF Technology Index (WEF, 2001, 2002, 2003), los cuales están actualmente reflejados en diferentes pilares del GCR 2009-2010 y que se definirán más adelante. A este respecto es importante incidir en la disponibilidad de los datos y fiabilidad de la fuente. El GCR está continuamente actualizado y mejorado cada año, siendo el más reciente el Informe 2009-2010, que es el que se ha utilizado para llevar a cabo el trabajo empírico.

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

Acrónimo	WEF	UNDP	UNIDO	ArCo
Nombre completo	WEF Technology index	UNDP Technology Achivement Index (TAI)	UNIDO Industrial Development Scoreboard	ArCo Indicator of Technological Capabilities
Generación de tecnología e innovación	Sub-índice de innovación: patentes, (USPTO); educación de tercer ciclo; datos de encuesta	Creación de tecnología: patentes nacionales; recepción de derechos royalties y licencias	Índice de esfuerzo tecnológico: patentes ante USPTO, empresas que financian I+D	Sub – índice de Creación de Tecnología: patentes (USPTO); artículos científicos

Infraestructuras y difusión de tecnología	Sub-índice TIC: Internet; PCs; teléfono, datos de encuesta. Sub-índice de transferencia de tecnología: exportaciones no primarias	Difusión de innovaciones recientes: Internet hosts, exportaciones de alta y media tecnología. Difusión de innovaciones: teléfono, consumo de electricidad	Importaciones de tecnología: FDI; pagos de royalties extranjeros, bienes de capital. Infraestructura: principales líneas de teléfono	Subíndice: de infraestructuras de tecnología: Internet, teléfono, consumo de electricidad
Capital Humano	Incluido en subíndice de Innovación	Habilidades humanas: años de escolarización; inscripción científicos de tercer ciclo	Habilidades: inscripción científicos de tercer ciclo	Subíndice: habilidades humanas: científicos de tercer ciclo; años de escolarización, tasa de alfabetización
Fuente	WEF (2001), Furman et al. (2002)	UNDP (2001), Desai et al. (2002)	UNIDO (2002), LLal y Alvadalejo (2001)	Archibugui y Coco (2004)

Fuente: Adaptado de Archibugui, y Coco (2005)

Como se puede observar en la [Tabla 1](#), el WEF Technology Index contiene una serie de indicadores relacionados con la generación, transmisión y difusión de la innovación tecnológica, aspectos que han sido estudiados ampliamente por la literatura, tanto desde un punto de vista teórico como empírico (Pietrobelli, 2000).

A continuación definimos cada uno de los indicadores utilizados en el análisis empírico:

- **Disponibilidad de las últimas tecnologías (dato de encuestas).**

Este indicador hace referencia a si en los países, las últimas tecnologías están ampliamente disponibles y utilizadas o no.

- **Nivel de absorción de tecnologías por las empresas (dato de encuestas).**

Este indicador se refiere a si las empresas de los países considerados están preparadas para absorber las nuevas tecnologías o no.

- **Compañías que invierten en I+D (dato de encuestas).**

Este indicador trata de mostrar si las empresas en los países realizan inversiones importantes en I+D en comparación con países semejantes o no invierten en I+D.

- **Colaboraciones Universidad-Empresa en investigación (dato de encuestas).**

Grado de colaboración en I+D entre la comunidad de negocios y las universidades locales. En este sentido dicha colaboración puede ser mínima o inexistente o intensa y que se está llevando a cabo.

- **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 tecnológica (datos 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 (datos de encuestas).

Frecuencia de las licencias de tecnología extranjera en cada país.

- Acceso a Internet en escuelas (dato de encuestas).

Nivel de acceso a Internet en los colegios, desde muy limitado a excesivo.

- Competencia en el sector de proveedores de servicios de Internet (dato de encuestas).

Este indicador hace referencia a hasta qué punto la competencia en el sector de servicios de Internet asegura alta calidad e interrupciones poco frecuentes y bajos precios.

- Priorización de las TIC (dato de encuestas).

Prioridad que otorga el Gobierno a las TIC.

- Promoción de las TIC (datos de encuestas).

Este indicador mide el 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, pudiendo estar bien desarrolladas y bien cumplidas o ser inexistentes en los países que estamos considerando.

- Suscripciones de teléfonos móviles (dato publicado).

Suscripciones de teléfonos móviles por cada 100 habitantes.

- 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.

- Suscripciones de banda ancha para Internet (dato publicado).

Suscripciones de banda ancha para Internet por cada 100 habitantes.

Por otra parte, es importante señalar que las observaciones que se utilizan en la base de datos del World Economic Forum y que se han utilizado en este trabajo provienen de dos fuentes: algunas variables se obtienen a través de encuestas y otras a través de datos publicados.

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 ha procedido 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.

3. Metodología y Análisis de resultados

Para llevar a cabo el análisis estadístico de este trabajo se ha procedido como sigue: En primer lugar, se ha realizado una revisión de los estadísticos descriptivos de todas las variables. En segundo lugar, se ha efectuado un análisis factorial. A continuación y con los resultados obtenidos se ha desarrollado el análisis *cluster*. Finalmente, se ha llevado a cabo el test de validez de la metodología *cluster* utilizada.

3.1. Revisión de los estadísticos descriptivos

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, tal y como se muestra en la [Tabla 2](#).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Disputimastecnol	24	3,31	6,01	4,6167	,75368
Absorciontecnol	24	3,34	5,60	4,6238	,57831
Gastoid	24	2,17	3,79	2,8729	,43439
Colabempresaunivers	24	2,25	4,33	3,3800	,56509
Patentes	24	1,00	1,15	1,0171	,03316
Educuperior	24	1,19	5,37	3,1692	1,16791
FDIytransftecnol	24	3,34	5,61	4,7279	,66416
Prevaltecnolextranj	24	2,71	5,24	4,2717	,70450
Internetenolegio	24	1,61	4,64	3,3008	,73576
CompetencialSP	24	2,63	5,38	4,1317	,75374
PriorizacionTIC	24	2,75	5,43	4,1450	,75103
PromociongubernamTIC	24	2,58	5,06	3,8142	,72622
LeyesTIC	24	2,03	5,08	3,6296	,79972
Móviles	24	2,11	4,32	3,4792	,61866
UsuariosInternet	24	,98	5,05	2,5808	1,06265
Líneasteléfono	24	,99	5,58	2,6838	1,10440
PCs	24	1,11	3,52	1,7942	,65327
Suscriptbandaancha	24	1,00	4,30	1,7479	,89104
N válido (según lista)	24				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los valores mínimos oscilan entre un 0,98 en el caso de la variable “Usuarios de Internet”, y un 3,34 para las variables “Absorción de tecnologías” y “FDI y

transferencia tecnológica”. Los valores máximos también presentan una alta dispersión, y van desde un 1,15 para la variable “Patentes”, hasta un 6,01 en el caso de la “disponibilidad de últimas tecnologías”. En el caso de las medias, también hay diferencias significativas entre las variables. Así, mientras la variable de “Patentes” tiene un valor medio de 1,01 la media sube hasta 4,72 en el caso de la “FDI y transferencia tecnológica”.

3.2. Análisis factorial

Antes de comenzar nuestro estudio empírico, es conveniente reducir el conjunto de indicadores a un número menor de dimensiones.

Para ello, se ha realizado 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 países. 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.

Antes de realizar el análisis factorial se estudiará la viabilidad de realizarlo para ese conjunto de datos. Para lo cual se utilizan la pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)² y la prueba de esfericidad de Bartlett³.

Los resultados de las pruebas de esfericidad de Bartlett y de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin confirman que el análisis realizado es adecuado.

Tabla 3. KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin		,667
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	512,550
	gl	153
	Sig.	,000

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los resultados del análisis factorial, se han identificado dos factores que conjuntamente suponen el 68,8% de la varianza. Nuestra interpretación de los dos factores es la siguiente:

El factor 1, se puede interpretar como una medida de *política tecnológica y generación de*

2. 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.

3. 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 (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 están incorrelacionadas. Si por el contrario se rechaza la hipótesis nula, las variables estarían relacionadas y sería adecuado realizar el análisis factorial.

tecnología e innovación. Este componente tiene cargas factoriales muy altas en todas las variables que miden la política tecnológica (leyes relativas a las TIC, promoción gubernamental de las TIC, priorización por parte del Gobierno de las TIC, gasto en I+D) y en las que miden la generación de tecnología e innovación (absorción de tecnología, inversión directa extranjera y transferencia tecnológica, prevalencia de tecnología extranjera, disponibilidad de últimas tecnologías, colaboración universidad-empresa, competencia en el sector de proveedores de servicios de Internet y acceso a Internet en los colegios). La extracción de este primer factor, muestra que la política tecnológica está altamente correlacionada y es complementaria a la generación de tecnología e innovación. El factor 1, que es una combinación de estas once variables supone el 43,28% de la varianza de la muestra, por lo que supone una dimensión muy relevante para analizar las diferencias en la capacidad de innovación tecnológica entre países.

El factor 2 se puede interpretar como una medida de la *preparación tecnológica de la sociedad*. En este caso, este componente está altamente relacionado con las variables que miden el nivel de desarrollo tecnológico, tanto por parte de las empresas como de la población (suscriptores de banda ancha, líneas de teléfono, PCs, patentes, educación superior, usuarios de Internet y móviles). Este factor indica que el nivel de preparación tecnológica de las empresas y la población, está altamente relacionada con el nivel de innovación tecnológica de los países y supone el 25,57% de la varianza de la muestra. Por lo tanto, junto con el factor 1 parece ser un aspecto muy importante para estudiar las diferencias entre países en cuanto a su capacidad de innovación tecnológica.

A continuación mostramos la matriz de componentes con el resultado del análisis factorial.

Tabla 4. Matriz de componentes rotados^a

	Componente	
	1	2
Absorciontecnol	,908	,262
FDIytransftecnol	,906	,138
LeyesTIC	,886	,341
Prevaltecnolextranj	,879	,361
PromociongubernamTIC	,856	,163
Disputimastecnol	,853	,358
PriorizacionTIC	,803	,240
Colabempresaunivers	,797	,361
CompetencialSP	,716	-,238
Gastoid	,697	,470
Internetencolegio	,673	,600
Suscriptbandaanca	,222	,842
Líneasteléfono	,148	,801
PCs	,320	,730
Patentes	,195	,723

Educsuperior		,711
UsuariosInternet	,354	,550
Móviles	,237	,254

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.
a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis *cluster*

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. Este tipo de análisis ha sido desarrollado por numerosos autores (Johnson, 1967; Jardine y Sibson, 1968; Rohlf, 1970; Lerman, 1970; Benzecri, 1976).

Para conseguir formar grupos homogéneos de observaciones (en este caso de países), hay que medir su similitud o su “distancia” (disimilitud). 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.

3.4. Descripción de los *cluster* obtenidos

Este epígrafe presenta los resultados de un análisis *cluster* que divide los países latinoamericanos en cuatro grupos caracterizados por distintos niveles de capacidad de innovación tecnológica.

Los cuatro *cluster* resultantes se presentan en la [Tabla 5](#), describiéndose brevemente a continuación.

Tabla 5. *Clusters* obtenidos

Número inicial de casos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1. Válidos	Barbados	1	16,7	16,7
	Brasil	1	16,7	33,3
	Chile	1	16,7	50,0
	Costa Rica	1	16,7	66,7
	Puerto Rico	1	16,7	83,3
	Uruguay	1	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0
2. Válidos	España	1	100,0	100,0

3. Válidos	Colombia	1	10,0	10,0	10,0
	El Salvador	1	10,0	10,0	20,0
	Guatemala	1	10,0	10,0	30,0
	Honduras	1	10,0	10,0	40,0
	Jamaica	1	10,0	10,0	50,0
	México	1	10,0	10,0	60,0
	Panamá	1	10,0	10,0	70,0
	Perú	1	10,0	10,0	80,0
	República Dominicana	1	10,0	10,0	90,0
	Trinidad y Tobago	1	10,0	10,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	
4. Válidos	Argentina	1	14,3	14,3	14,3
	Bolivia	1	14,3	14,3	28,6
	Ecuador	1	14,3	14,3	42,9
	Nicaragua	1	14,3	14,3	57,1
	Paraguay	1	14,3	14,3	71,4
	Suriname	1	14,3	14,3	85,7
	Venezuela	1	14,3	14,3	100,0
	Total	7	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Cluster 1: (Alto en preparación tecnológica y medio en política tecnológica y generación de tecnología e innovación).

Este grupo está formado por solo un país que es España. A pesar de presentar un nivel medio en cuanto a política tecnológica, tiene una posición claramente destacada en lo referente a infraestructuras tecnológicas. Esto hace que no pueda agruparse con ningún otro país.

A modo orientativo, se ha tomado como indicador del desarrollo económico de los distintos *clusters*, el PIB per capita de la media de los países que integran cada *cluster*. En este caso, el PIB per capita de España, que es de 35.331 dólares, es muy superior al del resto de los grupos.

Cluster 2: (Medio-alto en política tecnológica y generación de tecnología e innovación y medio en preparación tecnológica).

Este conglomerado está formado por seis países (Brasil, Chile, Uruguay, Costa Rica, Puerto Rico y Barbados). Este grupo se encuentra a una distancia considerable respecto del *cluster* 1 formado por España, en cuanto a preparación tecnológica. Sin embargo, es el grupo que obtiene una mejor posición en cuanto a política tecnológica, destacando claramente como líderes en este aspecto tres países que son Brasil, Chile y Puerto Rico. El PIB per capita de la media de los países incluidos en este grupo es de 11.822 dólares, claramente por debajo del de España, pero por encima del resto de los grupos.

Cluster 3: (Medio en política tecnológica y generación de tecnología e innovación y medio-bajo en preparación tecnológica).

Este es el grupo más numeroso, está formado por diez países (Colombia, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Perú, República Dominicana y Trinidad y Tobago). Este grupo está a una distancia moderada del *cluster* 2, tanto en lo relativo a política tecnológica, como a preparación tecnológica, observándose una menor heterogeneidad entre los países respecto a los dos factores.

El PIB per capita de la media de los países incluidos en este conglomerado es de 6.444 dólares, únicamente por encima de los países incluidos en el *cluster* 4.

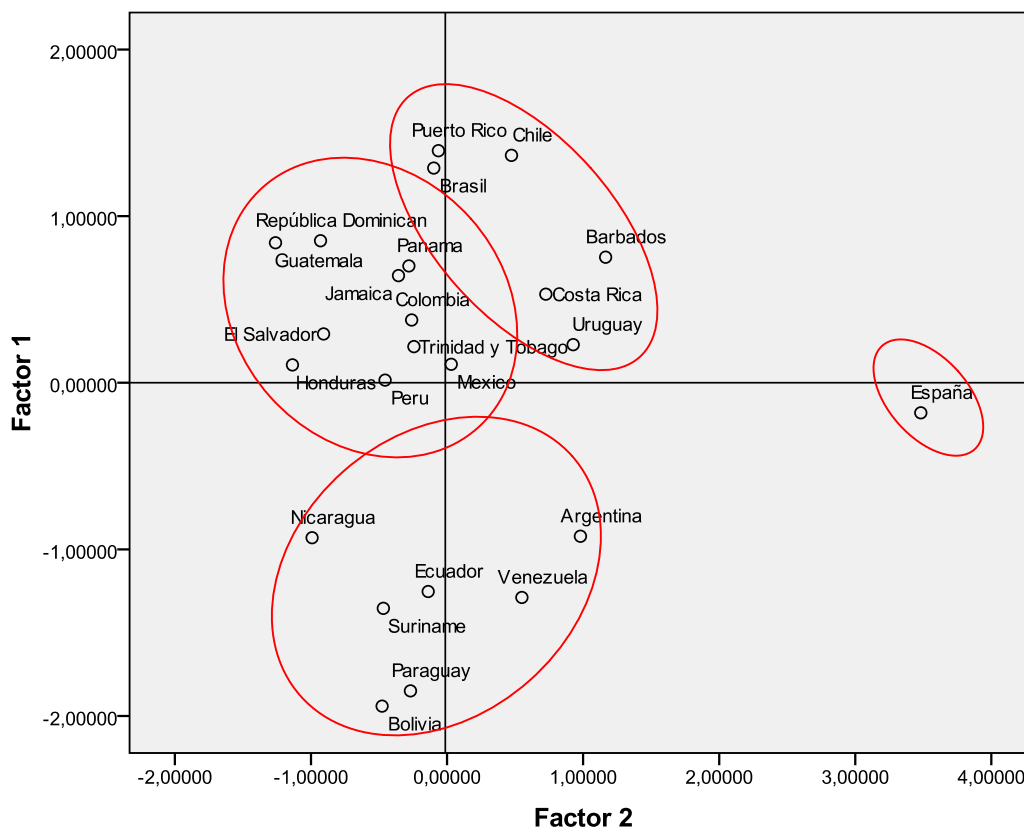
Cluster 4. (Bajo en política tecnológica y generación de tecnología e innovación y medio-bajo en preparación tecnológica).

Este último grupo está formado por siete países (Venezuela, Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Suriname y Argentina,) que son los que presentan peores resultados en los dos factores (política tecnológica y preparación tecnológica). Se observa cierta heterogeneidad, sobre todo en cuanto al nivel de preparación tecnológica, siendo llamativo el caso de Argentina, que tiene un nivel de preparación tecnológica muy similar a algunos países del *cluster* 2, pero sin embargo, tiene un bajo nivel de política tecnológica.

El PIB per capita de la media de los países incluidos en este conglomerado es de 4.905 dólares, siendo el más bajo de los cuatro grupos obtenidos.

Estos *clusters* así definidos, pueden observarse con más claridad en el [Gráfico 1](#), el cual muestra a todos los países ordenados en función de los dos factores obtenidos.

Gráfico 1. Gráfico de dispersión de puntos.



Fuente: Elaboración propia

4. Test Econométrico de Validación del Análisis *Cluster*

Con objeto de validar los resultados del análisis *cluster* mostrados en el apartado anterior, que dependen de la precisión estadística del mismo, hemos procedido a la realización de un test econométrico que presentamos a continuación.

En primer lugar, se ha llevado a cabo un análisis multivariante de la varianza, o MANOVA, para contrastar que el análisis *cluster* realizado es adecuado y si existen diferencias significativas entre los grupos obtenidos. El MANOVA y las pruebas post-hoc nos 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. Los resultados que se muestran a continuación confirman la bondad del análisis.

Tabla 6. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianzas(a)

M de Box	7,611
F	1,071
gl1	6
gl2	3976,411
Significación	,378

Fuente: Elaboración propia
a Estadístico exacto

b El estadístico es un límite superior para la F el cual ofrece un límite inferior para el nivel de significación.

c Diseño: Intersección+QCL_1Factconjunto2

Tabla 7. Contrastes multivariados(c)

Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Significación
Intersección	Traza de Pillai	,015	,141(a)	2,000	19,000	,869
	Lambda de Wilks	,985	,141(a)	2,000	19,000	,869
	Traza de Hotelling	,015	,141(a)	2,000	19,000	,869
	Raíz mayor de Roy	,015	,141(a)	2,000	19,000	,869
QCL_1Factconjunto2	Traza de Pillai	1,300	18,559	4,000	40,000	,000
	Lambda de Wilks	,071	26,043(a)	4,000	38,000	,000
	Traza de Hotelling	7,803	35,113	4,000	36,000	,000
	Raíz mayor de Roy	7,068	70,678(b)	2,000	20,000	,000

Fuente: Elaboración propia a Estadístico exacto

b El estadístico es un límite superior para la F el cual ofrece un límite inferior para el nivel de significación.

c Diseño: Intersección+QCL_1Factconjunto2

Para comprobar si existen diferencias entre todos los grupos, se han realizado además los test de Student-Newman-Keuls, HDS de Tukey y Waller-Duncan. Se ha efectuado 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 8**, que se muestra a continuación contiene los resultados para los grupos obtenidos con el factor 1, pudiéndose observar que existen diferencias entre los tres grupos para todas las variables. Por lo tanto, el análisis de conglomerados llevado a cabo es adecuado al encontrar cuatro grupos significativamente diferentes para cada una de las variables consideradas.

Tabla 8. REGR factor score 1 for analysis 3

Número inicial de casos		N	Subconjunto		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls(a,b)	4	7	-1,3624618		
	3	10		,4157649	
	1	6			,9266617
	Significación		1,000	1,000	1,000
DHS de Tukey(a,b)	4	7	-1,3624618		
	3	10		,4157649	
	1	6		,9266617	
	Significación		1,000	,055	
Waller-Duncan(a,c)	4	7	-1,3624618		
	3	10		,4157649	
	1	6		,9266617	

Fuente: Elaboración propia

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = ,155.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,326

b Alfa = ,05.

c Razón de seriedad del error de tipo 1/tipo 2 = 100

En lo que se refiere a los grupos obtenidos para el factor 2, las pruebas de Student-Neuman-Keuls, DHS de Tukey y Waller-Duncan arrojan diferencias entre el grupo formado por Barbados, Brasil, Chile, Costa Rica, Puerto Rico y Uruguay y los otros dos grupos. Sin embargo, no se encuentran diferencias significativas entre el grupo formado por Argentina, Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Suriname y Venezuela y el grupo formado por Colombia, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Perú, República Dominicana y Trinidad y Tobago.

Tabla 9. REGR factor score 2 for analysis 3

	Número inicial de casos	N	Subconjunto	
		1	2	1
Student-Newman-Keuls(a,b)	3	10	-,5798790	
	4	7	-,1162697	
	1	6		,5217895
	Significación		,115	1,000
DHS de Tukey(a,b)	3	10	-,5798790	
	4	7	-,1162697	-,1162697
	1	6		,5217895
	Significación		,249	,084
Waller-Duncan(a,c)	3	10	-,5798790	
	4	7	-,1162697	-,1162697
	1	6		,5217895

Fuente: Elaboración propia

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.
 Basado en la suma de cuadrados tipo III
 El término error es la Media cuadrática (Error) = ,289.
 a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,326
 b Alfa = ,05.
 c Razón de seriedad del error de tipo 1/tipo 2 = 100

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. Sin embargo, a nivel conjunto, tal y como muestra el mismo gráfico y los resultados del MANOVA, existen diferencias significativas entre los cuatro grupos.

5. Conclusiones

Este trabajo realiza una investigación empírica sobre las diferencias entre países latinoamericanos en su capacidad de innovación tecnológica. Los resultados muestran la existencia de 4 *clusters* caracterizados claramente por distintos niveles de innovación tecnológica. La distancia tecnológica en los grupos es clara respecto a los dos aspectos considerados en el estudio, que son la política tecnológica y generación de tecnología e innovación y la preparación tecnológica. Desde el punto de vista de la literatura sobre innovación tecnológica, nuestros resultados aportan nueva evidencia empírica sobre la existencia de cuatro conglomerados diferentes en Latinoamérica en cuanto a su capacidad de innovación tecnológica, mostrando las dimensiones en las que cada grupo se diferencia de los demás.

Por otro lado, 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*. Hemos llamado al primer factor *política tecnológica y generación de tecnología e innovación* y al segundo factor *preparación tecnológica*.

El análisis llevado a cabo nos sugiere nuevas líneas de investigación: En primer lugar, sería interesante investigar cómo se relaciona cada *cluster* con el desarrollo económico, a este respecto, aunque se ha tomado como dato orientativo el nivel de PIB per capita observándose cierta coincidencia entre los *clusters* obtenidos y el PIB per capita medio de cada grupo, este aspecto podría ser objeto de una contrastación empírica.

Una segunda línea de investigación, podría consistir en estudiar la evolución en el tiempo de estos *clusters*, tratando de ver qué países han podido mudarse a un *cluster* situado en posiciones más avanzadas y cuáles han podido retroceder.

Finalmente, una tercera línea de investigación podría ser realizar este análisis separando el efecto en el desarrollo tecnológico de las variables o indicadores de *input* y los indicadores de *output*.

Bibliografía

- Antonelli, C. (2003), *The Economics of Innovation. New Technologies and Structural Change Economic Indicators*, Routledge, London.
- Archibugi, D.; Coco, A. (2004), "A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries", *World Development*, Num. 32, (4), pp.629-654.
- Archibugi, D.; Coco, A. (2005), "Measuring technological capabilities at the country level: a survey and a menu for choice", *Research Policy*, Num. 34 (2), pp. 175-194.
- Benzecri, J.P. (1976), *Analyse des données*, París, Dunod.
- Cassiman, B.; Veugelers, R. (2006), "In search of Complementarity in the Innovation Strategy: Internal R&D and External Knowledge Acquisitions", *Management Science*, vol.52 (1), pp. 68-82.
- Castellaci, F.; Archibugi, D. (2008), "The technology clubs: The distribution of knowledge across nations", *Research Policy*, Num. 37, pp. 1659-1673.
- Comisión Europea (2008a), "Science, technology and innovation in Europe 2008", Luxemburg, European Communities.
- Comisión Europea (2008b), "European Innovation Score Board 2008", *Innometrics* (<http://www.proinno-europe.eu/>).
- Desai, M.; Fukuda-Parr, S.; Johansson, C.; Sagasti, F. (2002), "Measuring the technology achievement of nations and the capacity to participate in the network age", *Journal of Human Development*, Num. 3 (1), pp. 95-122.
- Everitt, B.; Landau, S.; Leese, M. (2001), "Cluster analysis", London: Arnold, 4th ed.
- Freeman, C. (1997), "The national system of innovation", en Archibugi & J. Michie (Eds.), "Technology, globalisation and economic performance", Cambridge: Cambridge University Press, (pp. 24-49).
- Furman, J.; Porter, M.; Stern, S. (2002), "The determinants of national innovative capacity", *Research Policy*, Num. 31 (6), pp. 900-914.
- García-Ochoa, M.; Bajo, N. (2009), "Análisis de los indicadores de ciencia y tecnología en la Europa de los Quince", *Boletín Económico de Información Comercial Española*, Num. 2963, pp. 45-58.
- Godinho, M.M.; Mendoca, S.F.; Pereira, T.S. (2005), "Towards a Taxonomy of Innovation Systems", *Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Mimeo*.
- Grupp, H. (1998), "Foundations of the Economics of Innovation. Theory Measurement and Practice", Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK and Northampton, US.
- Grupp, H.; Mogege, M.E. (2004), "Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators?", *Research Policy*, Num. 33, p. 1373-1384.
- IMD (2009), "The World Competitiveness Yearbook, 2009". IMD (<http://www.imd.ch/research/publications/wcy/index.cfm>).

- Jardine, N.; Sibson, R. (1968), "A model for taxonomy", *Mathematical biosciences*, Num. 2, pp. 465-482.
- Johnson, S.C. (1967), "Hierarchical clustering schemes", *Psychometrika*, Num. 32, pp. 241-255.
- Juma, C. (2001), "Global governance of technology: meeting the needs of developing countries", *International Journal of Technology Management*, Num. 22 (7-8), pp. 629-655.
- Kaiser, H.F. (1974), "An index of factorial simplicity", *Psychometrika*, Num. 39, pp. 31-36.
- Lerman, I.C. (1970), "Les bases de la classification automatique", Paris, Gauthier-Villars.
- Llal, S.; Alvadalejo, M. (2001), "Indicators of relative importance of IPRS in developing countries", *Background Paper for ICTSD/UNCTAD Capacity Building Project on Trips and Development*.
- Rohlf, F.J. (1970), "Adaptive hierarchical clustering schemes", *Systematic zool.*, Num. 19, pp. 58-82.
- NSF (National Science Foundation) (2008), "Science and engineering indicators", Washington.
- OCDE (2002), "Manual de Frascati: Propuesta de norma práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental", Madrid, Fecyt (Fundación Española Ciencia y Tecnología).
- OCDE (2006), "Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación", 3ª Ed., Madrid, Tragsa.
- Pietrobelli, C. (1994), "National technological capabilities: an international comparison", *Development Policy Review*, Num.12 (2), 115-148.
- Pietrobelli, C. (2000), *Technology transfer for developing countries*, en D. Schroerer & M. Elena (Eds.), "Technology transfer", London: Ashgate, pp. 209-234.
- Sancho Lozano, R. (2002), "Indicadores de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación", *Economía Industrial*, Num. 343, pp. 97-109.
- Sutz, J. (1997), "Innovación y desarrollo en América Latina", Caracas, Nueva Sociedad.
- Tuzelman, G. (1995), "Time-Saving Technical Change: The Cotton Industry in the English Industrial Revolution", *Explorations in Economic History*, Num.32, pp. 1-25.
- UNDP (United Nations Development Program) (2001), "Human Development Report 2001: Making New Technologies", *Work for Human Development*, Oxford University Press, New York, <http://www.undp.org>
- UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) (2002), "Industrial development report 2002-2003", *Competing through innovation and learning*, Viena, UNIDO, <http://www.unido.org>
- WEF (World Economic Forum) (2001), "The global competitiveness report 2001-2002", New York Oxford University Press.

WEF (World Economic Forum) (2002), *"The global competitiveness report 2002-2003"*, New York Oxford University Press.

WEF (World Economic Forum) (2003), *"The global competitiveness report 2003-2004"*, New York Oxford University Press.

WEF (World Economic Forum) (2009), *"The global competitiveness report 2009-2010"*, New York Oxford University Press.