

DINÁMICA DE LA ESPECIALIZACIÓN CIENTÍFICA: ¿AMÉRICA LATINA, DINAMISMO Y CONVERGENCIA A LA FRONTERA O INERCIA SIN VISIBILIDAD?

**Dynamics of scientific specialization: Latin America,
dynamism and catching-up or inertia without visibility?**

Egidio Luis Miotti¹

Université Sorbonne-Paris-Cité (Sorbonne Paris Nord)

egidio.miotti@hceres.fr

Recibido: 22/03/2020

Aceptado: 07/07/2020

Resumen

Un cierto número de trabajos muestran que los sistemas científicos maduros presentan perfiles extremadamente inertes mientras que sistemas científicos en desarrollo, particularmente de Asia y América Latina presentan perfiles muy dinámicos con cambios rápidos de especialización. El presente trabajo muestra que esta visión del dinamismo en los perfiles de especialización es, por lo menos, sesgada. En efecto, la medida de la distancia utilizada para calcular los cambios estructurales en la especialización científica está fuertemente influida por el volumen de publicaciones científicas. Una vez eliminado el sesgo debido al volumen, la visión de la dinámica en la especialización cambia radicalmente. Algunos países con sistemas maduros aparecen fuertemente dinámicos mientras que los países de América Latina se

¹ El autor dirige el Departamento Métodos y Desarrollo del Observatorio francés de Ciencia y Tecnología. El autor agradece los comentarios de dos evaluadores anónimos que han permitido una mejora substancial del artículo. El autor agradece también la lectura muy cuidadosa de Leandro Rodríguez (UNER).

revelan inertes (con la excepción del Brasil). Una flexibilidad excesiva (cambio estructural fuerte) podría ser perjudicial para la continuidad de los programas y, por lo tanto, para el logro de los objetivos fijados, pero también la rigidez excesiva podría significar que la inercia resultaría en detrimento de exigencias del propio sistema científico, de las demandas sociales y de nuevas oportunidades. Por el contrario, la inercia también puede constituir una fortaleza, si contribuye a desplazar la frontera del conocimiento en el área de especialización. El trabajo mide la visibilidad internacional, como indicador aproximado de la performance de los sistemas (inertes o con cambios radicales importantes de especialización), y concluye que América Latina (y muy particularmente los grandes países de la región, Argentina y México) no solo son fuertemente inertes, sino que presentan una muy escasa visibilidad internacional (Argentina, Brasil y México).

Palabras clave: América Latina - Especialización científica - inercia - política científica - bibliometría.

Abstract

A considerable number of papers show that mature scientific systems have inert profiles, while developing systems, particularly in Asia and Latin America, show dynamic profiles with rapid changes in specialization. This paper shows that this view of the dynamism in specialization profiles is, at least, biased. Indeed, the measure of distance used to calculate structural changes in scientific specialization is strongly influenced by the volume of scientific publications. Once the bias due to volume has been eliminated, the view of the dynamics in specialization changes radically. Some countries with mature systems appear strongly dynamic while Latin American countries are inert (with the exception of Brazil). Excessive flexibility (strong structural change) could be detrimental to the continuity of programs and therefore to the achievement of the objectives set, but excessive rigidity could also mean that inertia could be detrimental to the demands of the scientific system itself, to societal demands and to new opportunities. On the contrary, inertia could also be considered a strength, if it contributes to displace the frontier of knowledge in the area of specialization. The paper measures international visibility as an approximate indicator of the performance of systems (inert or with major

radical changes in specialization), and concludes that Latin America (and particularly the large countries of the region, Argentina and Mexico) are not only strongly inert, but also have very little international visibility (Argentina, Brazil and Mexico).

Keywords: Latin America - Scientific specialization - inertia - scientific policy - bibliometrics.

1. Introducción.

La especialización científica de un país es el resultado del desarrollo del sistema institucional de generación y difusión del conocimiento. Por lo tanto, es parte de la historia larga y su avance depende, por un lado, de la evolución endógena y exógena del conocimiento y, por el otro, de los incentivos para la investigación con objetivos explícitos o implícitos. Estos objetivos, definidos por la política pública y que conforman los programas de investigación, se traducen en una asignación de recursos a diferentes disciplinas científicas y a la resolución de problemas específicos.

Así, por ejemplo, si la investigación del cáncer nace de laboratorios de investigación (públicos o privados), se convierte rápidamente en programas públicos prioritarios a largo plazo. Estos programas terminan generando especializaciones científicas en los países considerados.

Al mismo tiempo, el desarrollo del sistema institucional conduce a una diversificación de los campos de investigación que tiende a hacer que la especialización científica sea más difusa o menos marcada. Por otro lado, el progreso del sistema está fuertemente vinculado al desarrollo del país en cuestión. Un país en desarrollo tendrá menos oportunidades de desplegar un sistema científico profundo y diverso y, como resultado, su perfil de especialización será muy marcado en tanto que una economía desarrollada tendrá un sistema más diversificado y su perfil de especialización será más difuso (Archibugi and Pianta, 1991, J.A.S. Almeida, A.A.C.C. Pais, S.J. Formosinho, 2009). Esto implica que los países en desarrollo presentarían especializaciones más inertes, debido a la dificultad a instrumentar políticas científicas de desarrollo acelerado simultáneamente en diversos frentes, mientras que las especializaciones de los países desarrollados serían potencialmente más dinámicas.

Si bien este razonamiento parece evidente, los resultados de diversos estudios muestran que, para periodos más o menos largos, existen procesos de convergencia de las especializaciones científicas de los países en desarrollo hacia las estructuras de los países desarrollados. Dicho en otras palabras, la estructura de especialización de los países en desarrollo cambia rápidamente, particularmente en América Latina y en Asia, en tanto que la de los países desarrollados se modifica marginalmente (Yang et al. 2012, Radosevic y Yoruk, 2014¹).

La oposición entre los perfiles científicos dinámicos en los países emergentes y los perfiles inertes en los países de investigación intensiva está en desacuerdo con la idea de que estos últimos se esfuerzan por avanzar en la frontera científica. Además, desde principios de siglo, el desarrollo del sistema científico ha sido reconocido como un área política importante para promover economías basadas en el conocimiento. En esta perspectiva, en muchos países la financiación de la investigación se ha basado

¹ El Apéndice 1 presenta de manera sumaria los argumentos de los autores citados.

cada vez más en el impacto prospectivo de la investigación sobre la invención, la innovación y la economía en general. Esta tendencia se ha visto reforzada por el énfasis que las políticas públicas han puesto en la necesidad de que la investigación científica contribuya a resolver los desafíos de la sociedad. De hecho, este objetivo puede conducir a esquemas específicos de financiamiento y programas de investigación para abordar problemas multidisciplinarios.

Es posible que los científicos aún no puedan evaluar claramente el impacto social como el impacto de las contribuciones científicas en diversos sectores de la sociedad (Bornmann y Haunschild, 2017), lo que implica generar nuevos indicadores a partir de nuevas fuentes de datos. Sin embargo, la Cienciometría puede medir la capacidad de diferentes países para iniciar nuevos esfuerzos y reenfocar su sistema de investigación en campos prometedores. En su estudio del sistema de innovación francés, por ejemplo, la OCDE (2014) destacó que el perfil científico de Francia no parecía responder a las prioridades establecidas por las políticas públicas. El informe de la OCDE midió la "inercia" del perfil científico francés con la distancia de coseno entre 2000 y 2011, sobre la base de las categorías de la Web of Science.

Este tipo de análisis no tiene en cuenta el hecho de que el desarrollo de un sistema científico genera un cierto grado de inercia que se debe, al menos en parte, al crecimiento en el volumen de publicaciones. El volumen de publicaciones es solo parcialmente endógeno a la implementación de una estrategia de desarrollo científico, dado que es también una manifestación del tamaño del país (población, PIB, etc.). En otras palabras, el tamaño de un país tiene un impacto mecánico en la inercia aparente de su sistema de investigación. El papel del tamaño ya se ha señalado en estudios que abordan la dinámica de los perfiles científicos (Peter y Bruno 2010; Almeida y otros 2009). Sin embargo, el impacto del tamaño no se ha cuantificado y no existe una medida de la dinámica de los perfiles científicos que corrija la influencia del tamaño.

La contribución de este artículo a la literatura sobre la dinámica de los perfiles científicos es doble. Basado en Mesheba, W.; Miotti E. L. y Sachwald, F. (2019), se presenta primero una medida agregada de la evolución de los perfiles científicos de un país, mostrando cómo el volumen de la producción científica impacta la medida de los cambios en esos perfiles, para luego diseñar un cálculo de la dinámica que corrige el sesgo de tamaño. En una segunda parte se analiza la relación entre los cambios en la especialización (o su ausencia) con la visibilidad de los sistemas científicos, con énfasis en los procesos observados en América Latina.

2. Metodología y datos utilizados

a. La medida de la especialización.

¿Cómo medir la dinámica de la especialización científica? La pregunta parece simple

a primera vista. Solo se necesita cuantificar la especialización de un país y medir su cambio entre dos años que están bastante separados entre sí para determinar su grado de inercia o cambio estructural con respecto a la especialización del año considerado como base. De hecho, sin embargo, el análisis encuentra dificultades para proporcionar una definición precisa y medir la especialización y su cambio.

La estructura disciplinaria de las publicaciones puede constituir una primera medida de especialización.

$$PD_{i,t}^j = \frac{\text{volumen de publicaciones país } i \text{ en disciplina } j}{\text{volumen total de publicaciones país } i}$$

Sin embargo, la composición disciplinaria de las publicaciones de un país no permite un análisis comparativo entre países o con un área geográfica de referencia. Algunas disciplinas pueden representar una gran cantidad de publicaciones en todos los países, o en ciertos grupos de países. A este respecto, el indicador de esta participación debe normalizarse.

El índice de especialización (Índice de actividad, AI) proporciona esta normalización.

$$AI_{i,t}^j = \frac{PD_{i,t}^j}{PD_{ref,t}^j}$$

²AI es un doble cociente y, por lo tanto, analizar el cambio en la especialización se encuentra con dos problemas. Primero, el hecho de que no podemos determinar las razones de una variación de una manera simple, ya que puede deberse a la variación en uno o varios componentes de la fórmula. Además, los cambios en la IA son sensibles al volumen de publicaciones de los países: cuanto mayor es la participación mundial de un país, más influye ese país en la estructura mundial de publicaciones, que mecánicamente tiende a hacer que ese país parezca más inerte que los países más pequeños.

b. Medición del cambio en el perfil científico.

Para medir el cambio en el perfil científico, se necesita evaluar cómo los vectores

² El Índice de Actividad (AI), originalmente introducido en bibliometría por Frame (1977), fue construido por Balassa (1965) para el análisis de la especialización comercial de los países (también conocido como el indicador de Ventajas Comparativas Reveladas).

de distribución (especialización) varían en el tiempo. Esto consiste en reunir la información de los valores inicial y final para obtener un indicador del cambio entre los dos vectores. Estas medidas se dividen en dos grupos principales: medidas de asociación o similitud y medidas de distancia (métricas o no) o disimilaridad.

Una medida compuesta apropiada debe poseer al menos dos propiedades.

1- Invarianza a nivel de agregación. Dividir una categoría en dos no debe modificar el valor de la medición cuando el cambio en cada una de las dos subcategorías es idéntico al cambio en la categoría inicial.

2- Invarianza a la adición de una categoría de peso insignificante. La adición o eliminación de una categoría de un peso pequeño debería modificar el valor de la medición solo marginalmente.

Además de ser fácil de usar, la distancia de Manhattan satisface estos requisitos debido a su estructura lineal en valores positivos:

$$D_{i,X}^{Manhattan} = \sum_{j=1}^n |X_{i,t}^j - X_{i,\tau}^j| \quad \text{with } t > \tau, X_{i,t}^j = PD_{i,t}^j \text{ or } X_{i,t}^j = AI_{i,t}^j$$

En el caso específico de la utilización del AI para el país F:

$$D_{F,AI}^{Manhattan} = \sum_{j=1}^n \left| \frac{PD_{F,t}^j}{PD_{W,t}^j} - \frac{PD_{F,\tau}^j}{PD_{W,\tau}^j} \right| \quad \text{en donde } t > \tau \quad (1)$$

La fórmula para el año final del período bajo análisis resulta:

$$\frac{PD_{F,t}^j}{PD_{W,t}^j} = \frac{PD_{F,\tau}^j}{PD_{W,\tau}^j} \frac{(1 + g_F^j)}{(1 + g_W^j)} \quad (2)$$

En donde g_F^j es la tasa de crecimiento de la participación de la disciplina j en el conjunto de las disciplinas para el país considerado y g_W^j la tasa de crecimiento de la participación de la disciplina j para el mundo. Entonces:

$$D_{F,AI}^{Manhattan} = \sum_{j=1}^n \left| \frac{PD_{F,\tau}^j}{PD_{W,\tau}^j} \frac{(1 + g_F^j)}{(1 + g_W^j)} - \frac{PD_{F,\tau}^j}{PD_{W,\tau}^j} \right|$$

Simplificando:

$$\alpha^j = \frac{(g_F^j - g_W^j)}{(1 + g_W^j)}$$

Definiendo:

$$D_{F, AI}^{Manhattan} = \sum_{j=1}^n \left| \frac{PD_{F,\tau}^j}{PD_{W,\tau}^j} \frac{(g_F^j - g_W^j)}{(1 + g_W^j)} \right|$$

En donde α^j es la dinámica de la participación relativa de la disciplina j para el país F con respecto al mundo.

La distancia de la especialización entre dos fechas puede expresarse entonces, como el producto del AI del año inicial por el coeficiente de dinamismo relativo.

$$D_{F, AI}^{Manhattan} = \sum_{j=1}^n \left| \frac{PD_{F,\tau}^j}{PD_{W,\tau}^j} \alpha^j \right| \quad (3)$$

Es importante señalar que el cálculo requiere una clasificación estable de los campos de investigación en la nomenclatura científica, ya que la aparición de nuevas disciplinas distorsiona el análisis en términos de especialización. Esto es tanto más importante cuando la temática de la nueva disciplina aparece como la adición de partes de varias disciplinas de la nomenclatura antes del cambio. Por lo tanto, habrá una disminución automática de la actividad en esos campos y la aparición de una nueva especialización sin una contraparte en el tiempo, produciendo como resultado un falso cambio estructural en la especialización.³

c. Los datos utilizados.

Los cálculos se realizaron utilizando 176 categorías científicas de la base de datos *Web of Science - WOS* (Ver Apéndice 2) y para la clase "artículos". Las Ciencias Sociales y Humanidades fueron excluidas del análisis habida cuenta que una buena

³ El ejemplo más llamativo es la categoría Nanociencia y Nanotecnología en el WoS. No existía en 2000 y representaba el 0,69% de las publicaciones mundiales en 2012. Para eliminar el sesgo introducido por la aparición de esta disciplina, habría sido necesario proceder a una retropolación de la nomenclatura. Se decidió aceptar este sesgo que afecta particularmente a los grandes países especializados.

parte de ellas se difunde bajo la forma de libros, los que son muy insuficientemente indexados en la base WOS.

Los datos corresponden a los promedios 1999/2001 y 2011/2013 para 80 países que representan más del 90% de las publicaciones mundiales. Es importante destacar que cuando se hace referencia a publicaciones mundiales, se trata del "mundo" considerado en WOS, es decir del conjunto de revistas que cumplen un cierto requisito para ser indexadas. Como resultado de ello, es posible que un sesgo hacia la producción anglosajona exista.

Los cálculos se efectuaron usando cuentas fraccionarias (tanto geográficas como disciplinarias). Se utilizaron fuentes complementarias para variables como el ingreso per cápita (en paridad de poder compra) y la población (Banco Mundial y Eurostat para los datos de la UE-28) (Ver Apéndice 3).

3. Ranking de los países basado en la dinámica de sus perfiles científicos.

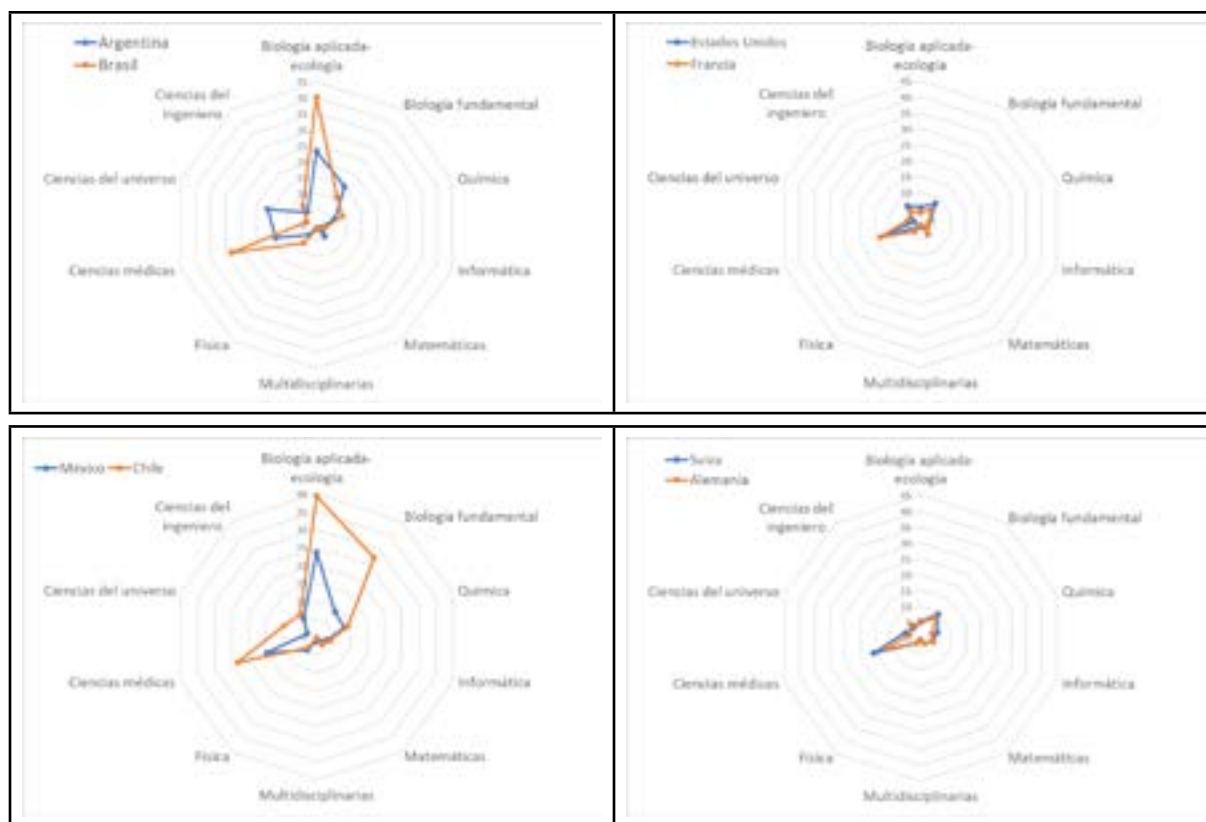
La Tabla 1 muestra que los países con un sistema científico maduro experimentan pequeños cambios en sus perfiles de especialización contrariamente a los países que producen un pequeño volumen de publicaciones. Así, los países de ingresos altos aparecen teniendo un perfil científico estable mientras que las economías emergentes exhiben perfiles muy dinámicos. Este resultado es similar al obtenido por Radosevic y Yoruk (2014).

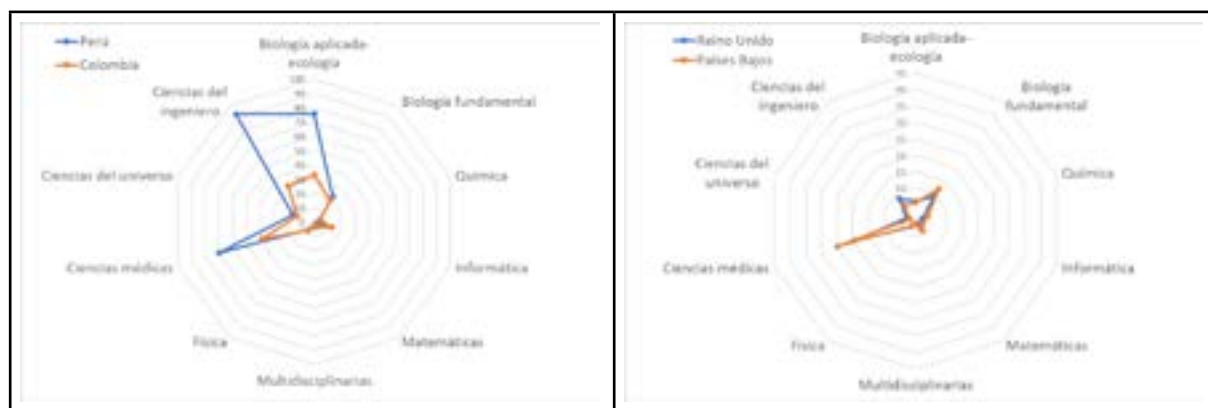
Tabla 1. Distancia de Manhattan del índice de actividad (AI) entre 1999-2001 y 2011-2013.

País	Distancia Manhattan	Rango Manhattan	País	Distancia Manhattan	Rango Manhattan
EU28 +	30.21	1	Eslovenia	117.69	42
Japón	42.22	2	Tailandia	120.15	43
Francia	44.17	3	Eslovaquia	120.88	44
Estados Unidos	44.84	4	Marruecos	122.25	45
Suecia	45.31	5	Singapur	122.95	46
Alemania	45.72	6	Arabia Saudita	123.18	47
Italia	48.77	7	Túnez	124.02	48
Suiza	53.22	8	Chile	127.05	49
Bélgica	53.45	9	Rumania	128.23	50
Reino Unido	55.35	10	Bielorrusia	128.68	51
Israel	57.58	11	Viet Nam	137.86	52
Canadá	59.41	12	Pakistán	141.85	53
Austria	60.25	13	Estonia	152.75	54
Rusia	61.23	14	Uruguay	156.64	55
Finlandia	61.66	15	Croacia	159.67	56
Grecia	62.17	16	Cuba	163.96	57
Países Bajos	62.97	17	Malasia	164.55	58
Australia	64.97	18	Colombia	166.27	59
China	65.37	19	Líbano	170.93	60
Hungría	68.91	20	Jordania	171.18	61
España	69.14	21	Islandia	171.36	62
Dinamarca	71.38	22	Kenia	180.82	63
Irlanda	72.07	23	Bangladesh	182.82	64
Taiwán	73.10	24	Nigeria	187.54	65
México	74.88	25	Venezuela	190.10	66
India	75.11	26	Filipinas	218.41	67
Noruega	75.74	27	Senegal	227.47	68
Corea del Sur	77.21	28	Emiratos	245.50	69
Portugal	78.63	29	Latvia	247.08	70
Turquía	80.09	30	Lituania	248.31	71
R. Checa	88.63	31	Costa Rica	251.38	72
Polonia	89.94	32	Chipre	255.83	73
Argentina	89.98	33	Camerún	264.30	74
Irán	90.60	34	Burkina Faso	272.91	75
Egipto	91.19	35	Indonesia	293.02	76
Nueva Zelanda	93.55	36	Perú	299.06	77
África del Sur	94.76	37	Costa de Marfil	301.76	78
Ucrania	98.17	38	Luxemburgo	307.02	79
Brasil	111.27	39	Ecuador	308.48	80
Argelia	112.70	40	Bolivia	510.13	81
Bulgaria	114.57	41			

Habida cuenta de la propiedad de agregación del indicador utilizado, la distancia total de Manhattan se puede desagregar por grandes disciplinas científicas. Los resultados comparativos entre países desarrollados y países de América Latina pueden observarse en el gráfico 1. Es fácil de constatar que, para cualquier disciplina científica considerada, las variaciones en el indicador de especialización de los países de América Latina exceden largamente las dinámicas que presentan los países con sistemas científicos maduros. Así, resulta relativamente fácil deducir que las políticas científicas llevadas adelante por América Latina durante el periodo 2000-2013 permitieron un fuerte catching-up acompañado de una transformación más o menos rápida de los perfiles científicos.

Gráfico 1. ¿Fuerte dinámica latinoamericana e inercia de los sistemas desarrollados? Distancia de Manhattan según grandes disciplinas.





Para discernir si en estos análisis se trata de dinamismo o inercia, el próximo paso es medir el impacto potencial del tamaño y de las características de los sistemas científicos nacionales sobre la dinámica de la especialización.

4. Sistemas científicos, efecto tamaño y dinamismo de la especialización.

El tamaño en términos de volumen de publicaciones puede afectar la distancia de Manhattan a través de dos canales. El primero es directo: un país que produce un gran volumen de publicaciones, en igualdad de condiciones, requiere cambios muy significativos para modificar sustancialmente su perfil. Por el contrario, en un país con un pequeño volumen de publicaciones, incluso con aumentos marginales en el número de publicaciones modifica sustancialmente su especialización. El segundo canal es indirecto: un país que produce un gran volumen de publicaciones cubre un amplio espectro de disciplinas y tiene una especialización diversificada, mientras que un país con un número limitado de publicaciones solo puede cubrir una gama restringida de campos de investigación. En el primer caso, un aumento en las publicaciones en un campo de investigación particular cambia la especialización solo marginalmente, mientras que, en el último caso, esta puede cambiar radicalmente.

Además, el tamaño influye en otras dos características de los sistemas científicos nacionales: el grado de especialización y la concentración disciplinaria. El grado de dispersión de la especialización de los países se puede medir con la desviación estándar del indicador de especialización en las 176 categorías de la nomenclatura WOS. La alta dispersión significa que el sistema científico se concentra en varios campos, mientras que la baja dispersión significa que el país tiene un perfil menos contrastado con capacidades de investigación similares en muchos campos. En sistemas de alta dispersión, una pequeña variación en el número de publicaciones en un campo de no especialización puede causar un cambio sustancial en la especialización.

También se puede medir la concentración disciplinaria de los sistemas científicos, utilizando el índice de Herfindahl-Hirschmann en función de la proporción de cada categoría temática en las publicaciones totales en 2000. La alta concentración se considera como un indicador de especialización fuertemente contrastada y la baja

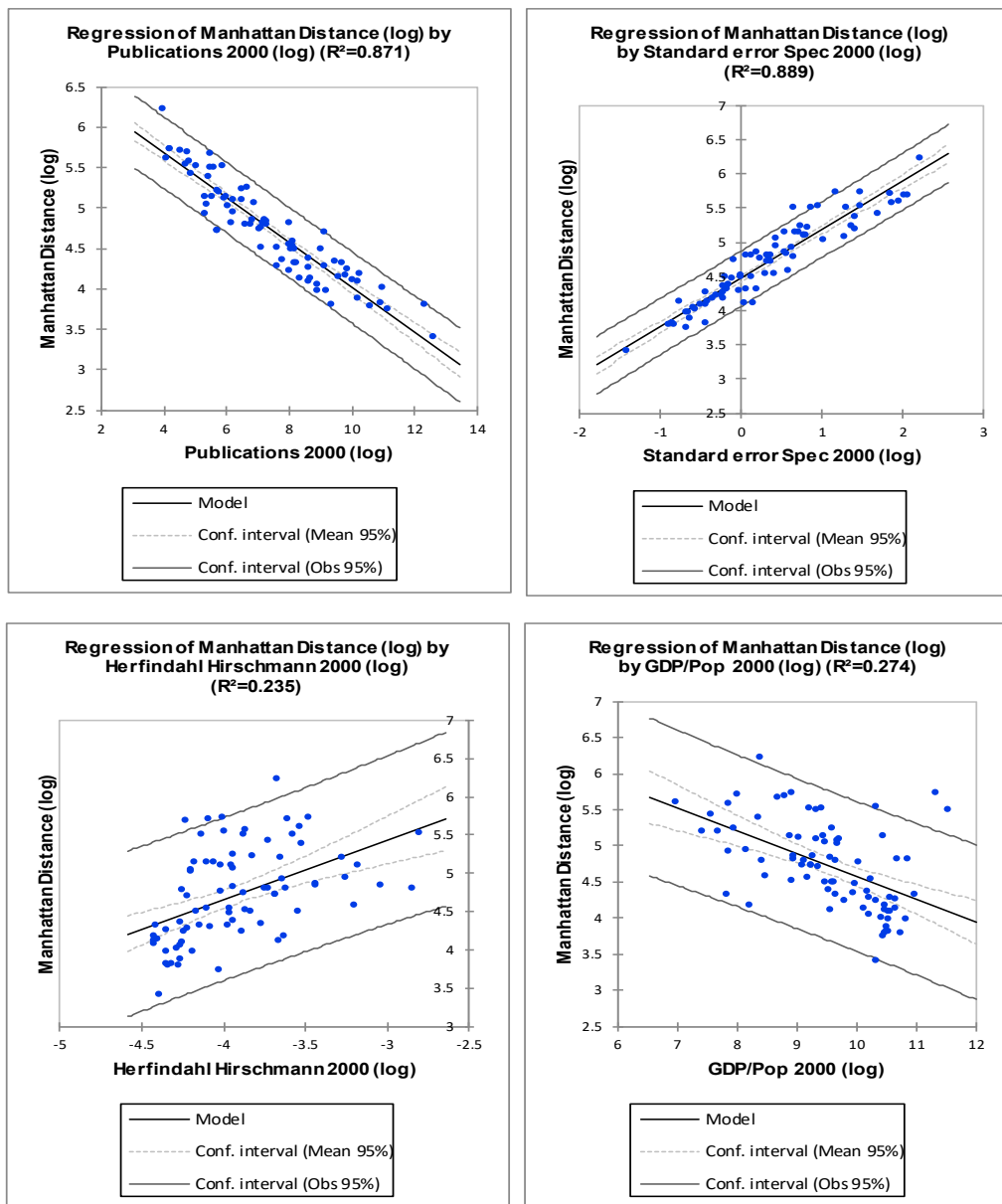
concentración como un indicador de diversificación disciplinaria.

Finalmente, el volumen de publicaciones en sí no es totalmente exógeno, ya que tiende a aumentar con el desarrollo y la maduración del sistema científico. Para una aproximación del nivel de desarrollo del sistema científico, se utiliza el nivel de ingreso per cápita en base a la paridad de poder de compra. Obviamente, usar este indicador como un proxy del desarrollo del sistema científico no es suficiente.

El ingreso per cápita depende, entre otras cosas, de la estructura productiva del país. Por ejemplo, los países productores de petróleo tienen altos ingresos per cápita (dependiendo de los ciclos de precios del petróleo), pero sus sistemas científicos están lejos de tener una profundidad y un nivel de diversificación comparables a los de los países desarrollados.

El impacto del volumen y la diversidad disciplinaria de las publicaciones en la dinámica de la especialización se comprueba mediante un análisis de las correlaciones entre la distancia de Manhattan y cuatro variables: volumen de publicaciones en 2000; dispersión de especialización por categoría de sujeto; concentración disciplinaria; PIB per cápita.

Gráfico 2. Distancia de Manhattan, características de los sistemas científicos y volumen de publicaciones.



Para obtener una visión general y tener en cuenta la colinealidad entre las variables que se utilizaron, se efectúa un Análisis en Componentes Principales (PCA) seguido de una tipología basada en una Clasificación Ascendente Jerárquica (AHC).

a. El resultado del PCA.

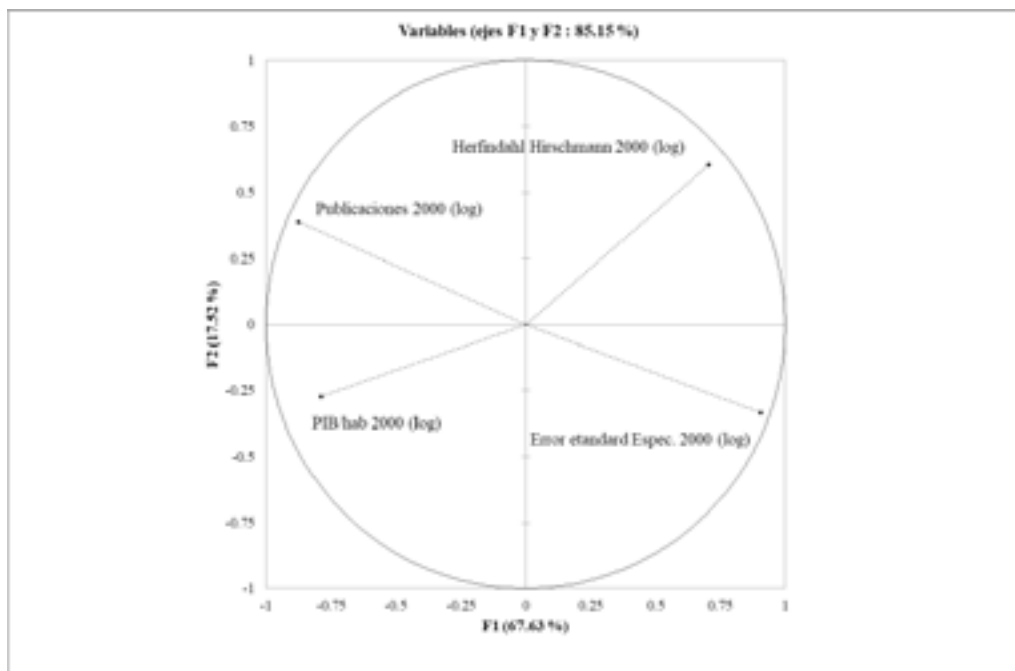
El PCA muestra un único eje altamente significativo (67.7% de la variabilidad total), lo que demuestra una fuerte colinealidad entre las variables elegidas (Cuadro 2 y Gráfico 2).

Tabla 2. PCA, valores propios y correlación entre ejes factoriales y variables

	F1	F2	F3	F4
Valor propio	2.705	0.701	0.465	0.129
Variabilidad (%)	67.632	17.523	11.618	3.227
Acumulado %	67.632	85.155	96.773	100.000
Correlations				
Publicaciones 2000 (log)	-0.875	0.387	-0.167	0.239
Error estándar Spec 2000 (log)	0.904	-0.335	0.027	0.263
PIB/hab 2000 (log)	-0.790	-0.273	0.547	0.050
Herfindahl Hirschmann 2000 (log)	0.706	0.604	0.370	0.015

El eje F1 contrapone los países de alto ingreso y volumen significativo de publicaciones a aquellos que poseen una especialización muy marcada (desvío standard elevado de la especialización) y una concentración disciplinaria significativa. En otras palabras, las economías de altos ingresos se caracterizan por una especialización difusa y una diversificación científica amplia mientras las de bajos ingresos se caracterizan por una especialización marcada y una débil diversificación.

Gráfico 3. Circulo de correlaciones.



b. Resultado de la tipología AHC.

Las tablas 3 y 4 presentan los resultados de la clasificación tipológica.

Tabla 3. AHC, una tipología en cuatro grupos

Clase tipológica	1	2	3	4
Número de objetos	22	16	20	23
Varianza intra-clase	0.614	0.558	0.623	1.659
Distancia mínima al baricentro	0.087	0.117	0.073	0.179
Distancia media al baricentro	0.637	0.632	0.671	1.144
Distancia máxima al baricentro	1.795	1.535	1.462	1.967

Tabla 4. CAH, los componentes por clase tipológica

1	2	3	4
Alemania	Argentina	Sudáfrica	Arabia Saudita
Australia	Brasil	Argelia	Bangladesh
Austria	China	Bulgaria	Bielorrusia
Bélgica	Corea, República de	Chipre	Bolivia
Canadá	Hungría	Colombia	Burkina Faso
Dinamarca	India	Croacia	Camerún
España	Irán	Egipto	Chile
Estados Unidos	México	Emiratos Arabes Unidos	Costa Rica
Finlandia	Nueva Zelanda	Estonia	Costa de Marfil
Francia	Polonia	Islandia	Cuba
Grecia	Federación de Rusia	Jordania	Ecuador
Irlanda	Singapur	Líbano	Indonesia
Israel	Eslovenia	Lituania	Kenia
Italia	Taiwán	Luxemburgo	Letonia
Japón	República Checa	Malasia	Marruecos
Noruega	Turquía	Eslovaquia	Nigeria
Países Bajos		Tailandia	Pakistán
Portugal		Túnez	Perú
Reino Unido		Uruguay	Filipinas
Suecia		Venezuela	Rumania
Suiza			Senegal
EU28 +			Ucrania
			Vietnam

La Tabla 5 presenta los valores de la mediana de las variables utilizadas en el PCA, de acuerdo con los grupos tipológicos del AHC. En el mismo se observa que el Grupo 1 está formado por economías de altos ingresos y presenta el mayor volumen medio de publicaciones, la desviación estándar de especialización más baja, la concentración disciplinaria más débil y el nivel más alto de PIB per cápita. En

el otro extremo, el Grupo 4 está compuesto por economías en desarrollo que producen una pequeña cantidad de publicaciones, tienen una desviación estándar de especialización muy alta, así como una fuerte concentración disciplinaria y un nivel de desarrollo mucho más bajo. La distancia de Manhattan (variable excluida en el PCA) aumenta del grupo 1 al grupo 4: los países dotados de un sistema científico diversificado son aquellos en los que el cambio estructural medido por la distancia de Manhattan es el más pequeño.

Tabla 5. Medianas* de la población según grupos tipológicos de la CAH.

	Total	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Manhattan (Distancia)	114.57	58.49	84.36	162.11	187.54
# publicaciones en 2000	1 403.79	12 867.19	4 653.92	406.03	264.31
Error Standart Espec. en 2000	1.33	0.58	0.97	1.93	3.90
Herfindahl-Hirschmann Index	0.01871	0.01320	0.01921	0.01866	0.02930
PIB/hab 2000	14 732.48	36 650.19	15 291.34	12 703.29	4 483.81

*= Se dio preferencia a la mediana por sobre la media para evitar cualquier sesgo debido a valores extremos. Por ejemplo, Arabia Saudita está en el grupo 4 a pesar de presentar un PIB comparable al de las economías desarrolladas.

c. La "normalización" del cambio estructural.

En base a la correlación observada en la Tabla 6 y el Gráfico 2 se busca "normalizar" la medida del cambio estructural. Se utilizan para tal fin, los residuos de una ecuación que expresa la distancia de Manhattan (MD) en función del volumen de publicaciones, que se puede interpretar como el cambio estructural despojado del efecto de volumen.

El resultado de la estimación se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Robust OLS de la distancia de Manhattan

	Manhattan distance (log)
# Publications (fract) in 2000 (log)	-0.278*** (0.0129)
Constant	6.795*** (0.0999)
Observations	81
R-squared	0.871
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

La Tabla 7 presenta los rangos de los países según la distancia de Manhattan y

sus rangos corregidos utilizando los residuos de la ecuación de la Tabla 6. La Tabla 5 también clasifica los países según el alcance de su cambio en la especialización basado en una clasificación en 5 grupos usando el algoritmo de Fisher. El cuadro muestra que la corrección por tamaño tiene un impacto importante en la evaluación del dinamismo de la especialización del país durante el período.

El cambio estructural es el más grande en el Grupo 5. Estados Unidos se destaca: inicialmente se ubicaba en el cuarto lugar (inercia muy fuerte), mientras que después de la corrección del efecto volumen ocupa el puesto 79 (fuerte cambio estructural). El impacto de la normalización es menor para la EU28: inicialmente se ubicaba en el 1er lugar (rango máximo de la inercia) mientras que se ubica en el 58° lugar después de la corrección, uniéndose al grupo de inercia moderada. La evolución es similar para Japón: ocupó el segundo lugar y es 47 después de la corrección, también en el grupo de inercia moderada.

El perfil disciplinario de varios países pequeños de altos ingresos parece menos

Tabla 7. Distancia de Manhattan antes y después de la corrección.

Pais	Rango Manhattan antes	Rango Manhattan después	Grupo	Pais	Rango Manhattan antes	Rango Manhattan después	Grupo
Argelia	40	1	1 Inercia extrema	Taiwán	24	46	3 Inercia moderada
Irlanda	23	2		Japón	2	47	
Viet Nam	52	3		Ucrania	38	48	
Suecia	5	4		Chipre	73	49	
Grecia	16	5		Alemania	6	50	
Bélgica	9	6		Chile	49	51	
Hungría	20	7		Rumania	50	52	
Irán	34	8		Australia	18	53	
Austria	13	9		Filipinas	67	54	
Israel	11	10		Luxemburgo	79	55	
Finlandia	15	11		Rusia	14	56	
Túnez	48	12		Ecuador	80	57	
Suiza	8	13		EU28 +	1	58	
Portugal	29	14		Canadá	12	59	
Uruguay	55	15		Camerún	74	60	
Noruega	27	16		Malasia	58	61	
México	25	17		Costa Rica	72	62	
Islandia	62	18		Costa de Marfil	78	63	
Egipto	35	19		Corea del Sur	28	64	
Marruecos	45	20		España	21	65	
Dinamarca	22	21	Croacia	56	66		
Tailandia	43	22	Polonia	32	67		
Líbano	60	23	India	26	68		
Pakistán	53	24	Perú	77	69	4 Cambio moderado	
Bulgaria	41	25	China	19	70		
Estonia	54	26	Emiratos	69	71		
Italia	7	27	Nigeria	65	72		
R. Checa	31	28	Singapur	46	73		
Francia	3	29	Latvia	70	74		
Burkina Faso	75	30	Reino Unido	10	75		
Eslovenia	42	31	Venezuela	66	76		
Bielorrusia	51	32	Lituania	71	77		
Colombia	59	33	Indonesia	76	78		5 Fuerte cambio estructural
Argentina	33	34	Estados Unidos	4	79		
Turquía	30	35	Brasil	39	80		
África del Sur	37	36	Bolivia	81	81		
Senegal	68	37					
Bangladesh	64	38					
Arabia Saudita	47	39					
Kenia	63	40					
Nueva Zelandia	36	41					
Países Bajos	17	42					
Jordania	61	43					
Eslovaquia	44	44					
Cuba	57	45					

dinámico después de la corrección por tamaño: Irlanda, Noruega. Otros países pequeños de altos ingresos tienen perfiles bastante inertes por ambas medidas: Suecia, Bélgica, Austria. Inicialmente, Francia ocupó el tercer lugar y el 29° después de la corrección, en el grupo de inercia fuerte. Italia experimenta un cambio similar. Alemania, que inicialmente estaba cerca de Francia (rango 6), experimenta un cambio mucho mayor al rango 50 en el grupo de inercia moderada. España y el Reino Unido están en el grupo de cambio moderado, como China. El Reino Unido experimenta un cambio muy sustancial (del rango 10 al 75) pero menos radical que el de los Estados Unidos. Por el contrario, después de la corrección por tamaño, varios países en desarrollo aparecen entre los más inertes, como Argelia, Vietnam o Irán.

En lo que respecta a América Latina dos modificaciones aparecen bien en evidencia: el caso de Uruguay que pasa del puesto 55 (con una inercia relativamente moderada) al puesto 15 (muy fuerte inercia) y el caso del Brasil, quién efectúa el camino inverso. En efecto, el Brasil ocupaba el puesto 39° (inercia relativamente moderada) y pasa, después de ajustar la distancia, al puesto 80°, con un fuerte cambio estructural de la especialización.

El resto de los países medianos y grandes de la región no modifican de manera radical su rango. Así, Argentina y Colombia aparecen con una fuerte inercia, mientras que México confirma su inercia extrema. Los resultados correspondientes a Bolivia, Ecuador, Costa Rica, Perú, Uruguay y Venezuela deben analizarse con precaución. El número de publicaciones que presentan estos países no solamente es extremadamente débil⁴, sino que cubren un espectro muy limitado de especialidades científicas (Tabla 8).

Tabla 8. Cobertura de disciplinas científicas.

País	1999-2001						2011-2013					
	N° = 0	%	0 < N° <= 5	%	Total <5	%	N° = 0	%	0 < N° <= 5	%	Total <=5	%
Bolivia	91	51.7	85	48.3	176	100.0	61	34.7	115	65.3	176	100.0
Ecuador	88	50.0	86	48.9	174	98.9	25	14.2	25	82.4	50	96.6
Costa Rica	62	35.2	109	61.9	171	97.2	28	15.9	28	79.0	56	94.9
Perú	52	29.5	123	69.9	175	99.4	12	6.8	12	86.9	24	93.8
Uruguay	40	22.7	130	73.9	170	96.6	16	9.1	16	74.4	32	83.5
Venezuela	21	11.9	109	61.9	130	73.9	13	7.4	13	69.9	26	77.3
Colombia	17	9.7	138	78.4	155	88.1	3	1.7	3	41.5	6	43.2
Chile	8	4.5	99	56.3	107	60.8	2	1.1	2	25.0	4	26.1
Argentina	8	4.5	53	30.1	61	34.7	1	0.6	1	18.2	2	18.8
México	6	3.4	53	30.1	59	33.5	1	0.6	1	13.1	2	13.6
Brasil	6	3.4	23	13.1	29	16.5	1	0.6	1	1.7	2	2.3

Lectura del cuadro: Bolivia tiene 91 códigos disciplinarios con 0 publicaciones y 85 códigos con menos de 5 publicaciones. En total Bolivia presenta el 100% de los códigos disciplinarios con menos de 5 publicaciones.

Nota: los % son calculados con respecto al total de 176 disciplinas WOS consideradas

Para estos casos, difícilmente se pueda hablar de inercia o de cambio estructural

⁴ Ver Apéndice 4 por una estimación promedio del "déficit" en el número de publicaciones científicas para América Latina.

como resultante de estrategias de desarrollo de un sistema científico (el que probablemente se encuentre en un estado embrionario).

a. Análisis de sensibilidad de la medida de la distancia

Un cambio en la medida de distancia modifica marginalmente las correlaciones con el efecto volumen y el resultado. La correlación de Pearson entre la distancia de Manhattan y otras medidas de distancia (Canberra, Euclidiana, Bray y Curtis, Khi^2 , Cosenos), particularmente con la distancia euclidiana, es muy alta y significativa. Aunque la correlación es menos fuerte con la medida de cosenos (similitud), la correlación de rango de Spearman resulta muy alta. Como síntesis, la modificación de la medida de la distancia no cambia significativamente la jerarquía de los países. En cuanto al volumen, la correlación de Pearson es muy alta y significativa en todos los casos. Se ha realizado un análisis de sensibilidad (no reproducido); todas las correlaciones son significativas al 1%

5. Inercia o cambio estructural: un somero análisis en términos de visibilidad

Una vez la inercia o el cambio estructural constatado, una cuestión se impone: ¿esas evoluciones (o ausencia de evolución en el caso de la inercia) son beneficiosas o perjudiciales al avance de la frontera del conocimiento y a la solución de problemas societales?

Si, en principio, una flexibilidad excesiva (cambio estructural fuerte) es perjudicial para la continuidad de los programas y, por lo tanto, para el logro de los objetivos fijados, la rigidez excesiva significa que la inercia se convierte en un factor importante en la asignación de recursos, en detrimento de exigencias del propio sistema científico, de las demandas societales y de nuevas oportunidades (OCDE, 2014).

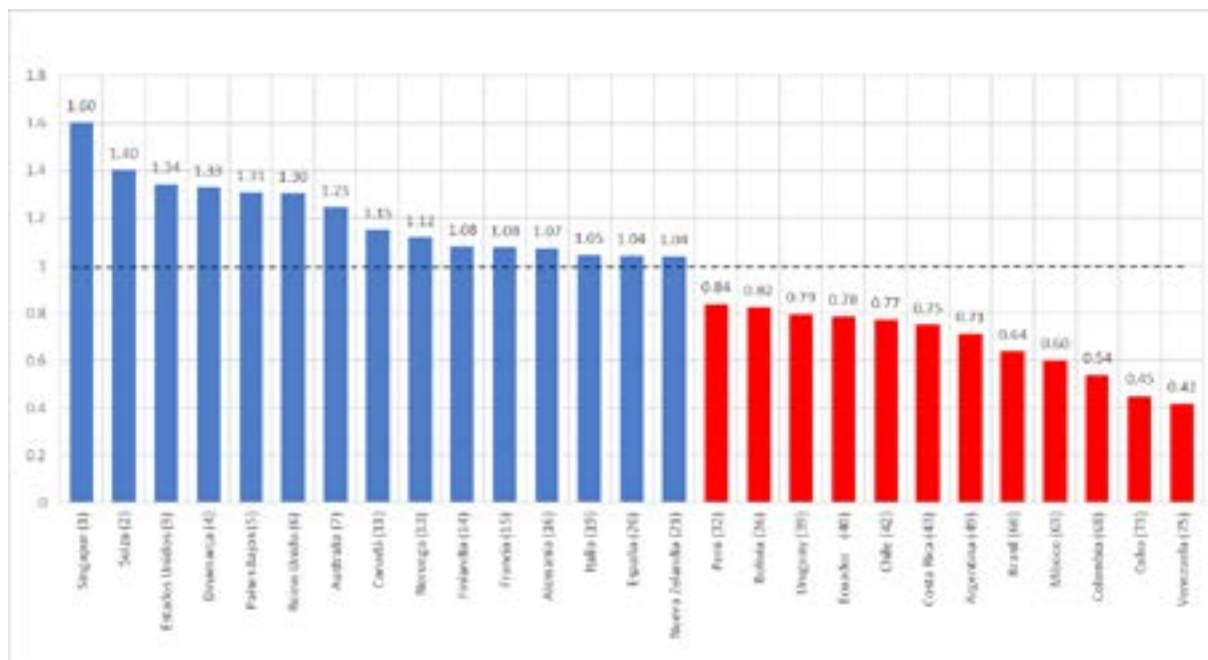
Una manera, ciertamente muy parcial, de evaluar el impacto científico de la dinámica de la especialización (o su ausencia) es medir la visibilidad⁵ lograda por el sistema en cuestión.

La medida de la visibilidad utilizada es el índice de impacto relativo logrado por cada sistema científico en las grandes disciplinas. El impacto de un sistema para una disciplina dada es el número promedio de citas recibidas por los artículos del sistema para esa disciplina, y su impacto relativo es la proporción de su impacto promedio con respecto al del mundo (un impacto relativo mayor que 1 significa que el sistema científico tiene un promedio de citas por artículo más alto que el promedio mundial para la disciplina).

En el gráfico 4, que presenta el impacto relativo de países latinoamericanos seleccionados, se observa que muestran indicadores bien inferiores a la media mundial.

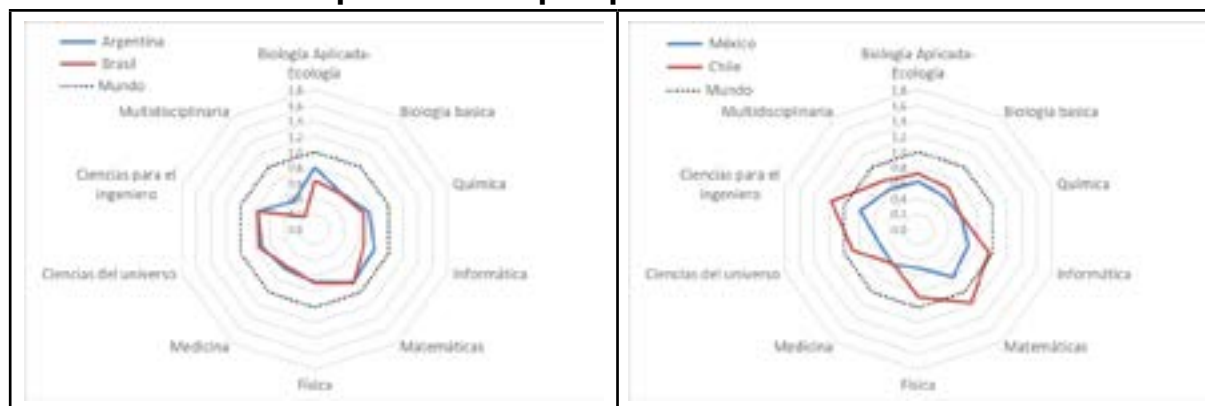
⁵ El concepto de "visibilidad" es privilegiado aquí en lugar del concepto de "calidad" utilizado frecuentemente en bibliometría, siendo este último sujeto de debate que escapa al presente trabajo.

Gráfico 4. Índice de impacto relativo para países seleccionados, desarrollados y de América Latina (2011-2013)



Nota: los números entre paréntesis indica la posición del país entre los 80 países seleccionados. Los gráficos 5ª y 5ª presentan los índices de impacto relativo al mundo de un conjunto de países seleccionados de América Latina y de sistemas científicos más desarrollados.

Gráfico 5a. Índice de impacto relativo para países seleccionados de América Latina



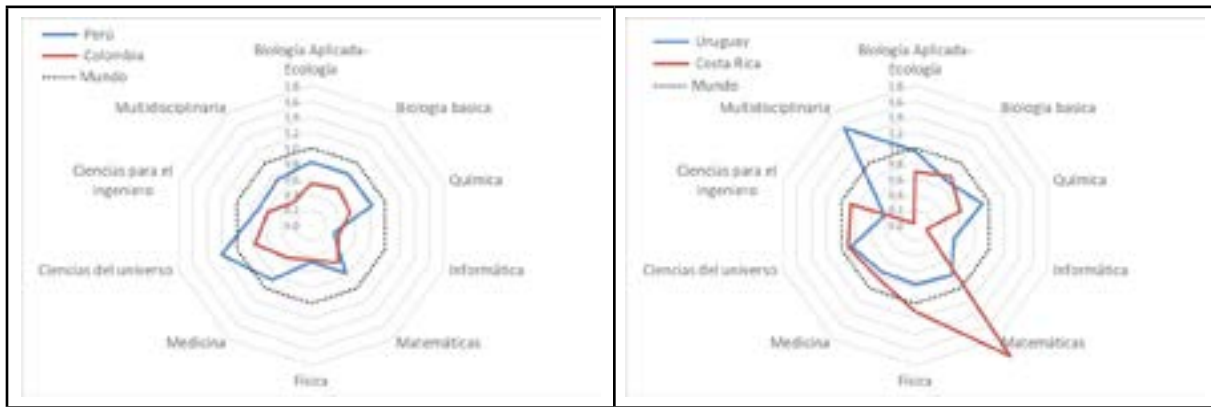
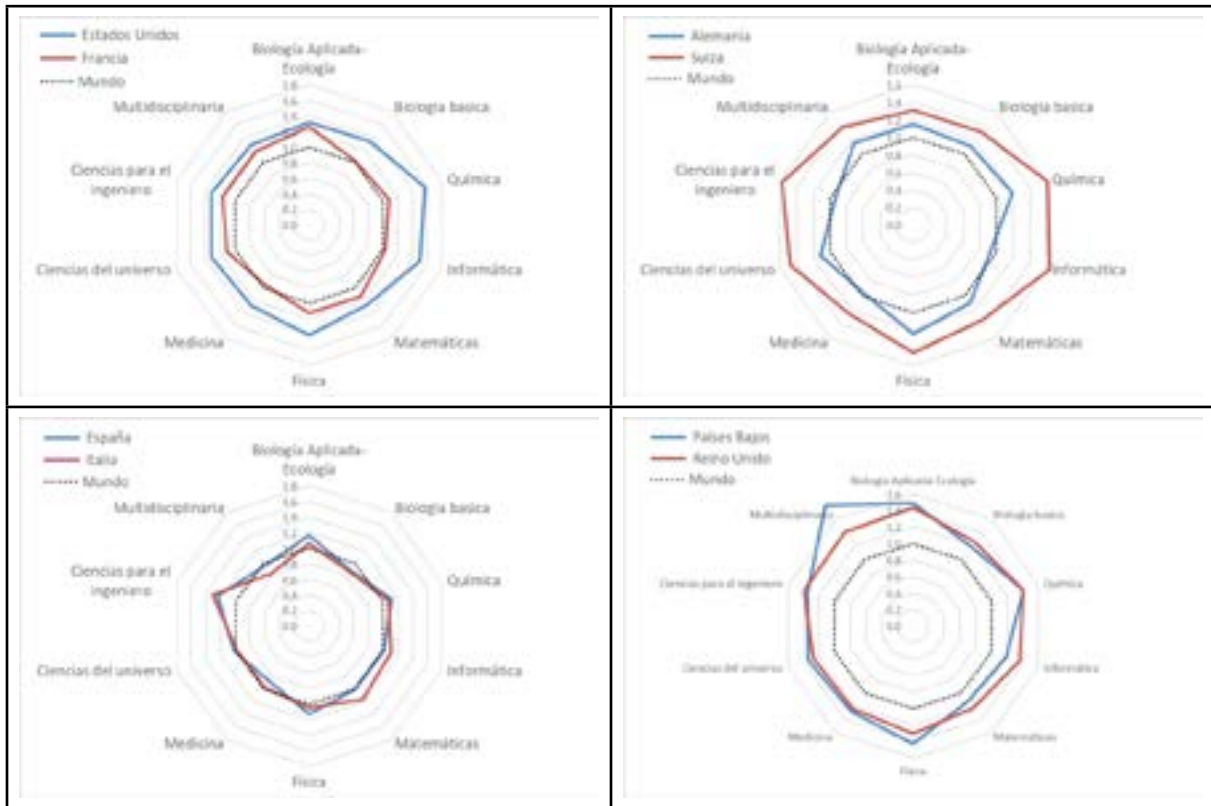


Gráfico 5b. Índice de impacto relativo para países desarrollados seleccionados



Nota: el máximo de la escala (1.8 de índice de impacto) fue elegido para que todos los gráficos sean comparables

Los grandes países de la región, Argentina, Brasil, México y Colombia se caracterizan por tener indicadores de impacto relativo muy bajos.

Ciertos países medianos y pequeños aparecen mejor posicionados. Es el caso de Perú, Chile y Costa Rica, quienes presentan grandes disciplinas con visibilidad en

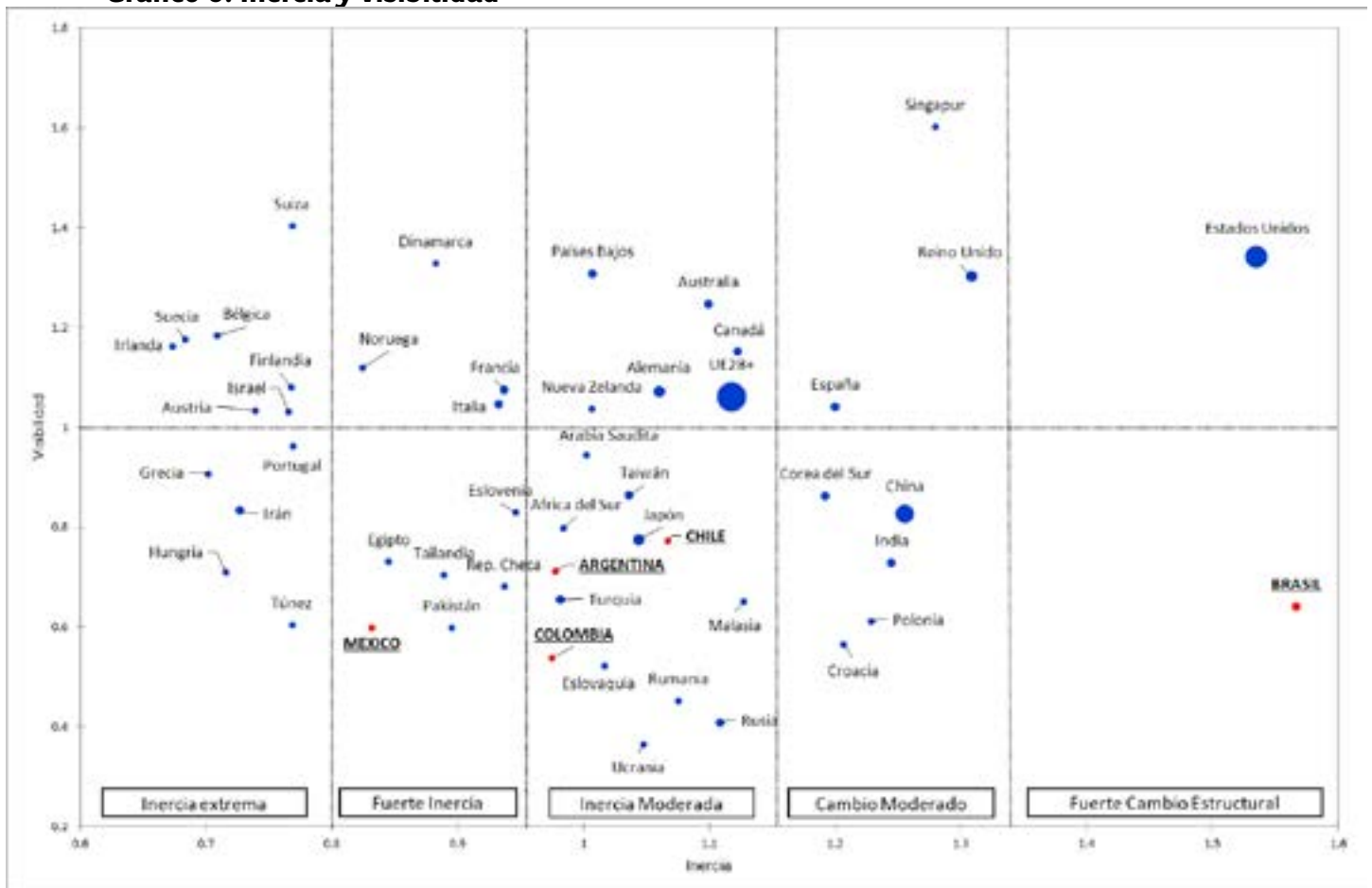
el promedio mundial y en algunos casos superior. En efecto, Chile obtiene valores superiores a la media mundial en Ciencias para el Ingeniero y Matemáticas y Costa Rica en Física y Matemáticas.

Una performance interesante es la del Perú, que con muy escasas publicaciones (en torno a un poco más de 300 por año entre 2011 et 2013) exhibe la visibilidad media más alta en América Latina, con indicadores por gran disciplina cercanos (y en algunos casos superiores, como en Ciencias del Universo) al promedio mundial.

El gráfico 6 sintetiza los resultados de la combinación entre los niveles de inercia corregidos por el efecto volumen y la visibilidad internacional de los sistemas científicos. En el mismo se observa claramente que los países con sistemas científicos maduros pueden ser inertes o no (con diferentes grados de inercia) pero sistemáticamente presentan una fuerte visibilidad. En otras palabras, la inercia puede ser analizada como un proceso de profundización en el conocimiento en áreas de fuerte especialización, con desplazamiento en la frontera de los conocimientos. Asimismo, el cambio puede ser interpretado como la búsqueda del desplazamiento de la frontera en áreas emergentes.

Los sistemas científicos de las economías en desarrollo presentan, en cambio, escasa visibilidad, sean inertes o no. Es el caso de los grandes países de América Latina. En los extremos se encuentra México con una muy fuerte inercia sin visibilidad internacional y el Brasil, con cambio estructural fuerte, también sin visibilidad internacional. En ambos casos, y también para los casos intermedios (Argentina, Colombia y Chile), globalmente, no aparecen resultados que confirmen la búsqueda del desplazamiento de la frontera de conocimientos en áreas de especialización ni la investigación profunda en áreas emergentes.

Gráfico 6. Inercia y visibilidad



Nota: solo se incluyeron los países con un volumen promedio de publicaciones ≥ 2000 artículos científicos en 2011-2013. El tamaño de los círculos denota el volumen de publicaciones

6. Conclusión.

La utilización del índice de actividad (AI) es muy útil para caracterizar los perfiles científicos de los países. En efecto, el indicador permite -gracias a la normalización en relación con el mundo, de superar las limitaciones de la utilización de estructuras porcentuales simples. El indicador también permite las comparaciones internacionales eficazmente. Por el contrario, diseñar un indicador de la evolución de los perfiles científicos nacionales se enfrenta a dificultades metodológicas importantes. Por un lado, las variaciones de la especialización no dependen únicamente de la acción (o inacción) de los países considerados sino también de los cambios en la producción científica del resto de mundo. Por el otro, el indicador de mutaciones en la especialización está altamente influenciado por las características estructurales de los sistemas científicos, como el volumen de publicaciones y la diversificación disciplinaria.

En consecuencia, no resulta apropiado medir los cambios en el índice de especialización para evaluar el dinamismo de un sistema científico o el impacto de políticas o estrategias de investigación específicas. Esta contribución ha demostrado que es necesario implementar un procedimiento de normalización que elimine el efecto volumen. La normalización que se propone constituye una aproximación razonable de la medición de la evolución de la especialización a medio y largo plazo al eliminar el "efecto tamaño" que distorsiona los resultados y las comparaciones.

Las clasificaciones de los países son radicalmente diferentes cuando se controla el índice de especialización, despojándolo del "efecto tamaño". En particular, una serie de países de altos ingresos con sistemas científicos desarrollados muestran un perfil sustancialmente más flexible.

Después de la corrección, los países en desarrollo tienen perfiles científicos bastante inertes, particularmente los países de América Latina (con la excepción de Brasil). Esta inercia en la especialización no se traduce en una visibilidad significativa a nivel mundial: las citas internacionales de las publicaciones científicas de la región son significativamente inferiores al promedio mundial, particularmente para los grandes países de la región, Argentina, Brasil y México para el periodo analizado (1999-2013).

Un objetivo de trabajos futuros sería discutir la capacidad de los países de la región para implementar estrategias científicas o para desarrollar áreas de investigación emergentes y/o profundizar y dar visibilidad a áreas de especialización tradicional.

Bibliografía.

- Addinsoft (2019). XLSTAT statistical and data analysis solution. Long Island, NY, USA. <https://www.xlstat.com>.
- Almeida, J. A. S., Pais, A. A. C. C., & Formosinho, S. J. (2009). Science indicators and science patterns in Europe. *Journal of Informetrics*, 3(2), 134-142.
- Balassa, B. (1965). Trade liberalization and 'revealed' comparative advantage. *The Manchester School of Economics and Social Studies*, 32(2), 99-123
- Bongioanni, I., Daraio, C., & Ruocco, G. (2014). A quantitative measure to compare the disciplinary profiles of research systems and their evolution over time. *Journal of Informetrics*, 8(3), 710-727.
- Bornmann, L. & R. Haunschild (2017). Does evaluative scientometrics lose its main focus on scientific quality by the new orientation towards societal impact? *Scientometrics*, 110:937-943
- Frame, J. (1977), Mainstream research in Latin America and the Caribbean, *Interciencia*, 2: 143-148
- Glänzel W., Debackere K. & Meyer M. (2008). 'Triad' or 'tetrad'? On global changes in a dynamic world. *Scientometrics*, 74, 71-88.

- Liang, L. M., Havemann, F., Heinz, M., & Wagner-Dobler, R. (2006). Structural similarities between science growth dynamics in China and in western countries. *Scientometrics*, 66(2), 311–325.
- Mesheba, W.; Miotti E. L. y Sachwald, F., (2019). Measuring changes in country scientific profiles: the inertia issue. 17th International Conference on Scientometrics & Informetrics ISSI2019. Proceedings Vol II. 1519-1530. La Sapienza, Universita di Roma (Italia)
- Peter, V. & N. Bruno, (2010). International Science & Technology Specialisation: Where does Europe stand? European Union Studies and reports. EUR 24198. ISBN 978-92-79-14285-7.
- OCDE (2014), Examens de l'OCDE des politiques d'innovation : France 2014, Éditions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264214019-fr> .
- Radosevic S. & Yoruk E. (2014). Are there global shifts in the world science base? Analysing the catching up and falling behind of world regions. *Scientometrics*, 101:1897–1924.
- Pianta, M. & Archibugi, D. (1991). Specialization and size of scientific activities: A bibliometric analysis of advanced countries, *Scientometrics*, 22, 341-358.
- Rousseau R. (2018). The F-measure for Research Priority. *Journal of Data and Information Science* Vol. 3 No. 1, 2018 pp 1–18. DOI: 10.2478/jdis-2018-0001.
- Yang, L. Y., Yue, T., Ding, J. L., & Han, T. (2012). A comparison of disciplinary structure in science between the G7 and the BRIC countries by bibliometric methods. *Scientometrics*, 93, 497–516.

Apéndice 1: La dinámica de la especialización en la literatura.

El artículo de Li Ying Yang, Ting Yue, Jie Lan Ding y Tao Han (2012), compara la evolución de la especialización del G7 (Estados Unidos, Reino Unido, Japón, Canadá, Francia Alemania e Italia) y de los países denominados BRIC (Brasil, Rusia, India y China). El trabajo analiza la evolución entre 1991 y 2009, considerando dos subperíodos decenales (1991/2000 y 2000/2009).

Metodológicamente los autores miden la distancia entre los años inicial y final, a través un indicador de similitud (la medida del coseno cuadrado, que toma valores entre 0 y 1) de dos vectores constituidos por el indicador de actividad (AI), calculado según el número de publicaciones científicas para más de 170 disciplinas científicas de la base de datos Web of Science (WOS).

La conclusión de los autores:

“We can see from Fig. 5 that while changes among BRIC countries in different time window varied very much according to the time window, for G7 countries these changes are rather small. For instance: Brazil changed from 0.701 to 0.847 while the USA changed only from 0.902 to 0.908.”

Fig. 5 S 1991:2000 and S 2000:2009 for the G7 and the BRIC countries



En otras palabras, los autores encuentran que los países denominados BRIC han modificado de manera relativamente más importante la especialización disciplinaria que los países del G7 (siendo estos inertes) particularmente en el primer subperíodo, aunque el fenómeno es también perceptible en el segundo subperíodo.

El artículo “Are there global shifts in the world science base? Analysing the catching

up and falling behind of world regions", de Slavo Radosevic y Esin Yoruk (2014), compara la evolución de la especialización de grandes regiones mundiales:

"In view of their common historical legacy in science we are particularly interested in the process of convergence/divergence of the catching-up/transition regions with the world frontier regions. We implement an interpretative framework to compare regions in terms of their static and dynamic specialization from 1981–1989 to 2001–2011. Again, our analysis shows that while science systems [USA & EU15] are mostly characterized by **strong inertia** and historically inherited (dis)advantages, Asia Pacific, Latin America and CEE show strong catching-up characteristics but largely in the absorptive capacity of science."

"Among the catching-up regions, Latin America's dynamic position in life sciences is notable. This is the result of favorable science policies in the past few decades, especially in Argentina and Brazil (Garg 2003; Yang et al. 2012; Harzing and Giroud 2014). Latin America has also managed to reach above world average growth rates in published papers in both fundamental and engineering sciences. **This region emerges as the second most dynamic region.** The Middle East, on the other hand, is characterized by a decline in relative specialization in all science areas but managed to keep its levels of published papers above the world average. EU15 does show a steady but slow increase in terms of both absolute and relative growth rates as expected from a world frontier region. However, the apparent decline of North American science would need further research. This may be explained by declining R&D funding, fewer immigrant scientists as a result of stricter rules after 9/11, or a reduced role of manufacturing. It is also interesting to note that fundamental sciences have been a continuously disadvantaged area in North America over the course of the last 30 years."

El resultado de los autores no solamente determina que existe una muy fuerte inercia en el desarrollo científico de los Estados Unidos y de Europa, sino que también concluye a un fuerte dinamismo de las regiones en desarrollo, particularmente en América Latina (sobre todo en ciencias básicas y ciencias del ingeniero).

Apéndice 2: Las nomenclaturas científicas utilizadas.

Gran disciplina

Especialidad (WOS Code)

Biología aplicada-Ecología

agricultural economics & politics
agricultural engineering
agriculture, dalry & animal science
agriculture, multidisciplinary
agronomy
biodiversity conervation
biology
biology, miscell anecus
ecology
entomology
fisheries
food science & tecnologia
forestry
horticulture
materials science, textils
mycology
ornithology
plant sciences
soil sceince
zoology

Biología fundamental

anatomy & morphology
behavioral sciences
biochemical research methods
biochemestry & molecular biology
biophysics
biotechnology applied microbiology
cell & tissue engineering
developmental biology
engineering biomedical
evolutionary biology

genetics & heredity
materials sciences, biomaterials
mathematical & computational biology
medical laboratory technology
microbiology
microscopy
neuroimaging
neurosciences
nutrition & dietetics
parasitology
physiology
phycology
reproductive biology
virology

Informática

computer science, artificial intelligence
computer science, cybernetics
computer science, hardware & architecture
computer science, information systems
computer science, interdisciplinary applications
computer science, theory & methods
medical informatics
robotics
telecommunications

Matemáticas

mathematics
mathematics, applied
mathematics, interdisciplinary applications
statistics & probability
Ciencia del ingeniero
automation & control systems
construction & building technology
energy & fuels
engineering, aerospace
engineering, chemical
engineering, civil

engineering, electrical & electronic
engineering, industrial
engineering, manufacturing
engineering, marine
engineering, mechanical
engineering, multidisciplinary
engineering, ocean
engineering, petroleum
Imaging science & photographic technology
mechanics
metalurgy & metalurgical engineering
mining & mineral processing
nuclear science & technology
operations research & management science
remote sensing
thermodynamics
transportation science & technology

Multidisciplinario

education, scientifics disciplines
multidisciplinary sciences

Medicina

allergy
andrology
anaesthesiology
audiology & speak language pathology
cardiac & cardiovascular systems
chemistry, medicinal
clinical neurology
critical care medicine
dentistry, oral surgery & medicine
dermatology
emergency medicine
endocrinology & metabolism
geriatrics & gerontology
health care sciences science a service
haematology

immunology
infectious diseases
integrative & complementary medicine
medicine, general & internal
medicine, legal
medicine. Research & experimental
nursing
obstetrics & gynaecology
oncology
ophthalmology
orthopaedics
otorhinolaryngology
pathology
paediatrics
peripheral vascular disease
pharmacology & pharmacy
primary health care
psychiatry
public, environmental & occupational health
radiology, nuclear medicine & medical imaging
rehabilitation
respiratory system
rheumatology
sport sciences
substance abuse
surgery
toxicology
transplantation
tropical medicine
urology & nephology
veterinary sciences

Química

chemistry, analytical
chemistry, applied
chemistry, inorganic & nuclear
chemistry, multidisciplinary
chemistry, organic
chemistry, physical

crystallography
electrochemistry
materials science, ceramics
materials science, characterization & testing
materials science, coatings & films
materials science, composites
materials science, multidisciplinary
materials science, paper & wood
nanoscience's & nanotechnology
polymer science

Física

acoustics
instruments & instrumentation
physics
physics, applied
physics, atomic, molecular & chemical
physics, fluids & plasmas
physics, mathematical
physics, multidisciplinary
physics, nuclear
physics, particles & fields
spectroscopy

Ciencias del universo

astronomy & astrophysics
engineering, environmental
engineering, geological
environmental sciences
geochemistry & geophysics
geography, physical
geology
geosciences, multidisciplinary
limnology
marine & freshwater biology
meteorology & atmospheric sciences
mineralogy
oceanography
paleontology
water resources

Apéndice 3: Países y datos.

Country	Millions of Persons in 2019	Median Fertility Rate 2019	Herfindal-Hirschman Index 2019	Life expectancy	GDP Pp 2019	
South Africa	54 782	30.7	1.493	0.0300	Upper middle income	91 381
Algeria	312 701	394	1.418	0.0314	Upper middle income	30211
Germany	83 718	14299	0.423	0.0338	High income	38785
Saudi Arabia	323 179	1251	1.370	0.0184	High income	43071
Argentina	40 992	3340	1.123	0.0151	Upper middle income	14900
Austria	84 888	17487	0.897	0.0129	High income	39378
Austria	80 248	2482	0.399	0.0119	High income	38844
Bangladesh	182 818	393	2.258	0.0397	Lower middle & Low income	1642
Bahrain	128 680	860	1.887	0.0212	Upper middle income	7583
Belgium	13 452	7218	0.312	0.0191	High income	37188
Belize, Plurinational State of	310 125	12	9.004	0.0219	Lower middle & Low income	4412
Brazil	111 271	9021	1.361	0.0172	Upper middle income	11371
Bulgaria	114 587	1127	0.914	0.0377	Upper middle income	8839
Burkina Faso	272 910	18	7.020	0.0390	Lower middle & Low income	1075
Cameroon	284 303	112	8.382	0.0330	Lower middle & Low income	2004
Canada	39 412	22882	0.845	0.0102	High income	37432
Chile	127 054	1404	1.781	0.0217	High income	14313
China	83 368	2723	0.800	0.0288	Upper middle income	3701
Cyprus	203 834	190	2.553	0.0183	High income	30088
Colombia	188 285	315	2.138	0.0180	Upper middle income	8300
Congo, Republic of	77 213	12543	0.837	0.0293	High income	20177
Costa Rica	251 383	113	4.388	0.0832	Upper middle income	9878
Croacia	301 739	92	8.348	0.0710	Lower middle & Low income	2848
Cuba	118 887	941	3.597	0.0507	High income	15742
Cuba	183 981	484	2.281	0.0430	Upper middle income	11154
Czechia	71 384	2843	0.838	0.0188	High income	42338
Egypt	91 811	2061	1.061	0.0283	Lower middle & Low income	7388
United Arab Emirates	243 488	342	8.887	0.0181	High income	102415
Ecuador	308 483	98	4.341	0.0362	Upper middle income	7388
Egypt	89 143	18128	0.779	0.0141	High income	28887
Estonia	132 718	413	2.732	0.0105	High income	15709
United States	44 842	220386	0.438	0.0105	High income	47888
Finland	61 680	2782	1.034	0.0128	High income	34887
France	44 171	30314	0.483	0.0184	High income	34881
Germany	82 173	4038	0.817	0.0127	High income	34838
Hungary	48 810	3010	0.727	0.0284	High income	17912
India	75 112	18182	1.048	0.0171	Lower middle & Low income	2485
Indonesia	293 820	342	7.811	0.0157	Lower middle & Low income	5888
Iran (Islamic Republic of)	90 583	1136	0.988	0.0375	Upper middle income	12135
Israel	71 088	2015	0.701	0.0148	High income	38838
Iceland	171 384	388	1.723	0.0181	High income	34845
Israel	57 573	7332	0.547	0.0148	High income	38825
Italy	48 789	27120	0.531	0.0140	High income	38838
Japan	42 218	88218	0.310	0.0173	High income	33872
Jordan	171 177	388	2.048	0.0128	Upper middle income	7335
Korea	180 818	318	4.832	0.0154	Lower middle & Low income	2132
Latvia	347 878	284	2.380	0.0188	High income	11175
Lebanon	170 828	212	1.811	0.0127	Upper middle income	12132
Lithuania	348 310	818	1.814	0.0277	High income	12180
Luxembourg	307 024	87	3.138	0.0184	High income	81680
Malaysia	384 534	875	2.132	0.0182	Upper middle income	18330
Norway	102 048	742	1.123	0.0140	Lower middle & Low income	4484
Mexico	74 882	3383	0.841	0.0188	Upper middle income	15883
Nigeria	187 544	812	3.888	0.0218	Lower middle & Low income	2848
Norway	75 743	3578	1.204	0.0128	High income	58845
New Zealand	93 547	1428	1.334	0.0188	High income	27820
Palau	141 812	382	1.311	0.0187	Lower middle & Low income	3485
Peru	82 910	14211	0.484	0.0111	High income	41122
Peru	288 058	115	7.447	0.0182	Upper middle income	8583
Philippines	218 411	217	4.108	0.0348	Lower middle & Low income	4234
Poland	88 888	8888	0.818	0.0187	High income	14732
Portugal	78 888	2427	0.801	0.0140	High income	25888
Romania	128 230	1388	1.182	0.0471	Upper middle income	10471
United Kingdom	30 312	37884	0.381	0.0170	High income	37888
Russian Federation	81 228	22313	1.148	0.0179	Upper middle income	14011
Senegal	227 488	112	8.432	0.0140	Lower middle & Low income	1811
Singapore	122 948	3018	1.438	0.0287	High income	51788
Slovakia	120 883	1488	1.417	0.0233	High income	15885
Slovenia	117 883	1281	1.288	0.0173	High income	22728
Sweden	45 214	11387	0.838	0.0128	High income	38835
Switzerland	53 218	8870	0.508	0.0188	High income	58778
Taiwan, Province of China	71 888	9230	0.861	0.0188	High income	27172
Czech Republic	38 813	3217	0.888	0.0187	High income	21384
Thailand	120 148	890	1.988	0.0115	Upper middle income	8188
Taiwan	124 017	471	1.033	0.0183	Lower middle & Low income	7178
Turkey	80 888	1478	0.848	0.0188	Upper middle income	13882
Uzbekistan	30 211	281387	0.238	0.0131	High income	38328
Ukraine	88 170	3323	1.782	0.0483	Lower middle & Low income	4787
Uganda	128 844	210	1.527	0.0188	High income	12875
Vietnam, Socialist Republic of	180 098	780	2.088	0.0183	Upper middle income	14413
Vietnam	127 883	288	1.847	0.0188	Lower middle & Low income	2882

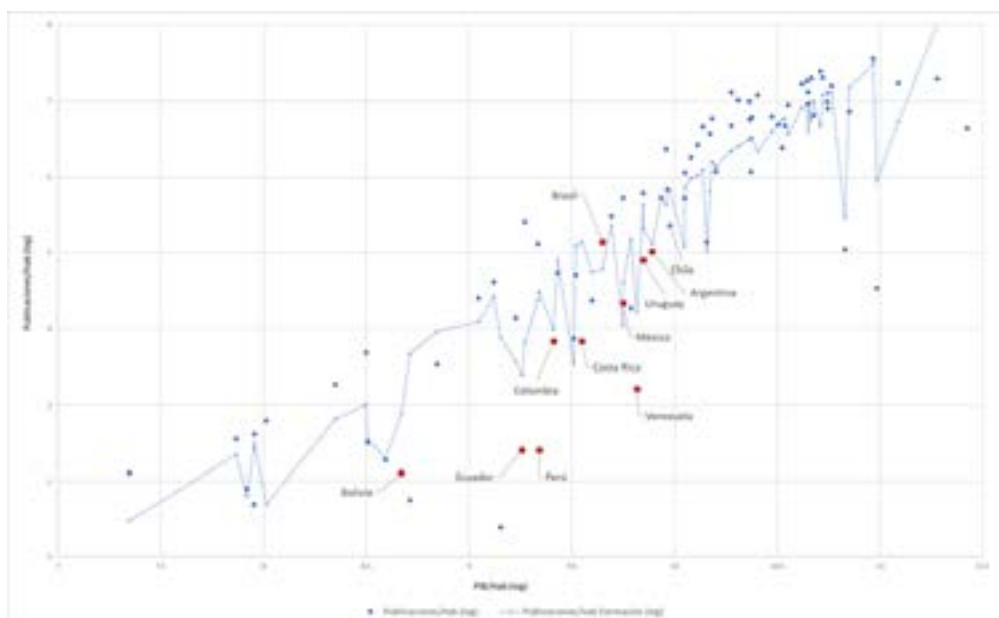
Apéndice 4: Volumen observado y teórico de publicaciones en América Latina.

¿América Latina publica un volumen de artículos acorde a su nivel de desarrollo? Se intenta responder de una manera simple estimando un modelo que pone en relación el número de publicaciones por habitante en 2012 con el PIB por habitante (en PPC) y la participación de la renta petrolera en el PIB para el mismo año. No se trata de un modelo explicativo del volumen y lo que se busca es observar si el volumen efectivo se ajusta a los valores previstos por un modelo simple.

La variable PIB por habitante es considerada un proxy del nivel de desarrollo relativo del sistema científico y la variable que toma en cuenta la participación de la renta petrolera en el PIB se considera como de ajuste del nivel de ingreso por habitante y no se hace ninguna hipótesis particular sobre la misma (ni en términos de distribución ni de alusión a cualquier teoría respecto de las economías intensivas en renta).

VARIABLES	#public/hab (log)
PIB/Hab (log)	1.659*** (0.0970)
Renta petrolera/PIB	-0.465*** (0.0976)
Constante	-10.71*** (0.991)
Observations	80
R-squared	0.83

Robust standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1



Corriendo el modelo estimado en simulación los resultados en materia de volumen de publicaciones y particularmente para los países de América Latina muestran diferencias muy significativas con los valores observados y muy marcados para los pequeños países. En efecto, el volumen observado, en el mejor de los casos, solo representa un poco más del 45 % de los valores medios ajustados por el modelo. Un solo caso aparece claramente como diferente, el Brasil, quien produce un volumen de publicaciones científicas claramente superior al que "correspondería" según el nivel de desarrollo relativo.

En síntesis, calificar de inercia o de cambio estructural fuerte para los pequeños países resulta claramente un abuso de lenguaje, habida cuenta que probablemente el desarrollo del sistema científico sea muy embrionario y los cambios (fuertes o débiles) pueden ser considerados más como un resultado aleatorio que una performance de estrategias científicas deliberadas.

Pais	Publicaciones en 2012 (a)	Estimación según el modelo (b)	Diferencia (a)-(b)	% (a)/(b)
Bolivia	85	187	-102	45.6%
Ecuador	170	463	-293	36.8%
Costa Rica	216	799	-583	27.0%
Perú	325	2654	-2329	12.2%
Uruguay	453	946	-493	47.8%
Venezuela	730	1996	-1266	36.6%
Colombia	2128	2504	-376	85.0%
Chile	3701	5917	-2216	62.5%
Argentina	6260	6931	-671	90.3%
México	8981	11813	-2832	76.0%
Brasil	33799	23988	9811	140.9%