

## LA CIENCIA EN LATINOAMÉRICA: TENDENCIAS Y PATRONES<sup>a</sup>

### SCIENCE IN LATIN AMERICA: TRENDS AND PATTERNS

JUAN JOSÉ IBÁÑEZ<sup>b</sup>

Recibido 15-08-2017, aceptado 21-10-2017, versión final 02-12-2017.

Artículo Invitado

**RESUMEN:** Se ha llevado a cabo un análisis estadístico de los datos pertinentes disponibles sobre Latinoamérica (LA) y sus países constitutivos, con vistas a ofrecer una panorámica del estado actual de la ciencia en la región, comparándolo con los de otras, y así obtener un panorama global, sin entrar en detalles. Como era de esperar, el estado y progreso de la Ciencia en Latinoamérica no resulta satisfactorio en vista de su potencial, siendo muy mejorable. Las variables empleadas han sido obtenidas esencialmente de las bases de datos de la UNESCO y la RICYT. Éstas son la extensión y superficie de los países, tamaño de su población, número de investigadores y producto interior bruto. Por su parte, la base de datos Thomson Reuters, sobre el ranking de los países en función de sus publicaciones científicas consideradas de excelencia, es la utilizada por todas las instrucciones políticas y académicas del mundo con vistas a detallar la producción científica de artículos relevantes, por Estados, disciplinas, Instituciones e investigadores individuales. La cienciometría ofrece datos de extraordinario valor aunque por si solos, en opinión de este autor, no resultan ser plenamente suficientes. Lamentablemente, muchos países de LA no han aportado todos los datos que serían deseables, por lo que las conclusiones, aun siendo sólidas, también resultan mejorables. No se ha incidido sobre temas más concretos como los tecnológicos, la producción de patentes, los puntos fuertes y carencias de la ciencia en la región, o sus esfuerzos con vistas a mejorar sus respectivas culturas científicas y el nivel educativo, algunos de los cuales serán motivo de otro ensayo que seguirá a éste. No obstante, a la luz de diversos datos, como el Informe PISA, se puede adelantar que algunas opiniones generalizadas sobre algunos de estos ítems pueden ser cuestionables sobre su importancia en el progreso Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). Existe una clara relación positiva entre el área de los países, población, producto interior bruto, número de investigadores y número de publicaciones científicas de excelencia. De este modo, puede afirmarse que, en general, cuanto más extenso es un país, mayor relevancia presenta en el contexto internacional de investigación y desarrollo tecnológico. Ciertamente es que existen algunas diferencias a nivel regional, pero que resultan ser casi insignificantes a nivel global. El autor concluye que el futuro de la Ciencia y la Tecnología en LA dependen tanto de factores culturales como de condicionamientos geopolíticos. Tan solo un esfuerzo coordinado y común puede relanzar a Latinoamérica a la palestra de la ciencia internacional.

**PALABRAS CLAVE:** Latinoamérica; ciencia y tecnología; valoración; estado actual; indicadores de grano grueso; perspectivas de futuro.

**ABSTRACT:** A statistical analysis of relevant bibliometric data available on Latin America (LA) and its countries has been carried out. The aim of this paper is offering an overview of the current state of the art concerning the science

<sup>a</sup>Ibáñez, J. (2018). La ciencia en Latinoamérica: tendencias y patrones. *Rev. Fac. Cienc.*, 7(1), 23–39. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.69409>

<sup>b</sup>Doctor en Ciencias Biológicas e Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN). España. [choloibanez@hotmail.com](mailto:choloibanez@hotmail.com)

and technology in the region, comparing it with others in order to reach a global overview. As expected, the state and progress of Science in Latin America are not satisfactory especially considering its potential, being much lower than what could be achieved. The variables used have been obtained from the databases of UNESCO and the RICYT, as well as from PISA Reports: the area of each country, number of citizens per country, number of researches per country, and gross domestic product per country. Likewise, the Thomson Reuters database that informs us on the ranking of the countries based on their scientific publications considered of excellence is the most frequently used by all political and academic institutions of the world. This database quantifies and details the scientific production of relevant articles, by States, research disciplines, scientific Institutions and individual researchers. Scientometrics offers data of huge value, although in the author's opinion, it does not turn out to be fully sufficient in order to get a fine assessment of science and technology. Regrettably, the most of LA countries have not provided all the data that would be desirable, so the conclusions obtained in this study ought to be, considered coarse-grained. The study has not directly considered technological information as well as the production of patents, the strengths and shortcomings of science in LA or the efforts to improve the scientific cultures and educational excellence (PISA reports), some of which will be grounds for another paper that will be published in the next issue of this Journal. However, in light of various data, such as the PISA report, it can be anticipated that some generalized opinions on the driving forces of science, technology and innovation (STI) may be questionable. The statistical analysis shows that there is a positive relationship between area of countries, populations, gross domestic product, number of researchers, as well as the number of papers indexed by Thomson Reuters. Thus, in general terms, the more extensive a country, the greater its relevance in the international context of STI. Obviously there are differences between Latin American countries, but they seem irrelevant at the global level. Thus it could be concluded that the future of Science and Technology in Latin America depends on both cultural factors and geopolitical challenges. Only a coordinated and joint effort of the countries could relaunch Latin America to the forefront of international science in matter of STI.

**KEYWORDS:** Coarse indicators; future challenges; Latin America; science and technology; state of the art; survey.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tras la presentación de esta columna en la Revista de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, que pretende salir en cada número, se comentó que el primer ensayo que se pretendía publicar iba a llevar más o menos el título de *“La unión hace la fuerza: bases para el progreso de la indagación científica en Latinoamérica”*. Empero fué precipitado. Necesariamente, cualquier propuesta de tal índole debe partir de una perspectiva de su panorama actual y no ha sido nada fácil alcanzar este objetivo. El problema estriba en que la información que se consideraba relevante con vistas a elaborar unos indicadores para aquél ensayo (que deberá esperar a un próximo número), resulta ser muy dispersa y fragmentaria. No se ha logrado encontrar bases de datos completas y los estudios que se han leído hasta el momento no terminan de convencer. No se trata de criticar publicaciones precedentes, sino de no perderse en los detalles para intentar ofrecer una perspectiva sencilla y clara que informe acerca del conjunto de la región. Lejos de la intención de ofrecer un *“compendium”* sobre los pormenores de los puntos fuertes y débiles de lo que sucede en cada país, ya que al margen del enorme trabajo que conlleva, existe una Monografía de más de 800 páginas de la UNESCO que da buena cuenta de ello. Sin embargo, se está de acuerdo con la opinión que *“los árboles (detalles) no suelen permitir ver el bosque (paisaje)”*. Y aquí surge el principal problema. Se entiende

como paisaje el ecosistema en su conjunto, justamente lo que se tenía afán en entender. Por lo tanto, se ha realizado un análisis de los datos que se antojan más relevantes, a la par que sencillos, usando para ello un tipo de herramientas estadísticas muy básicas, pero que raramente se utilizan en estos menesteres. Se espera que los lectores entiendan que se trata de un esfuerzo novedoso y, acorde a la opinión propia, esclarecedor.

Con independencia, de la información utilizada de la base de datos Thomson Reuters sobre el ranking de los países en función de sus publicaciones científicas, la mayor parte de la información que se ha utilizado procede de libros y páginas Web de la UNESCO (2015), así como de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT, 2016). No obstante, se debe recordar, una vez más, que las bases de datos de la UNESCO adolecen de notables carencias, al faltar datos de muchos países latinoamericanos de vital interés, como lo es la fuerza de trabajo (número de investigadores científicos en total o por millón de habitantes), entre otros, mientras que algunos Estados casi no aportan información alguna, lo cual impide un apropiado análisis estadístico de los datos, así como alcanzar valoraciones más precisas. Por lo tanto se han debido realizar diversos análisis sin incluir alguno que otro Estado. Cada gráfico y sus estadísticas han debido realizarse una a una, y con harta frecuencia, se han omitido algunos países por su falta de información. Tales carencias no son el producto de los oficiales de la UNESCO, sino más bien de los ciertos gobiernos que no han aportado los datos que se les requería, por la razón que sea.

Cualquier análisis regional, y hablando del conjunto de Latinoamérica (LA), demanda también un encuadre global. No interesa saber si la ciencia en Latinoamérica es superior a la que se lleva a cabo en otros espacios geográficos de la misma naturaleza, si bien todos saben que el objetivo deseado es ir acercándose a la ciencia que se lleva a cabo en los países más desarrollados. Más aun, la actividad científica que acaece en cada país y región resulta ser, con harta frecuencia, dependiente de su poder económico y estabilidad política, mientras que, a menudo, ambas cambian rápidamente en el tiempo, a veces para bien y otras para mal. Éste es el caso por ejemplo de Rusia. La antigua Unión Soviética ocupaba una posición destacada en el ámbito de la ciencia y la tecnología, empero tras su desmembramiento, la Federación de Rusia, ha caído hasta el puesto número catorce del ranking mundial, detrás de países como Australia, España o Corea del Sur. Nadie se lo hubiera imaginado hace tres décadas, como tampoco el crecimiento exponencial de China a nivel de publicaciones científicas, al convertirse en un eje indispensable de la economía capitalista global que se disfruta o padece. Y así, si se hace uso de las publicaciones en las consideradas revistas de prestigio (popularmente conocidas como “indexadas”), es decir, las que aparecen en la base de datos “*Web of Science*” (Thomson Reuters) se encuentra que en 2017, los Estados que encabezaban el ranking, por grado de mayor a menor relevancia son los siguientes: (1) USA, (2) China, (3) Reino Unido, (4) Alemania, (5) Japón, (6) Francia, (7) Canadá, (8) Italia, (9) India y (10) España. Sin embargo, estas cifras cambiarán debido al desplazamiento del poder económico de occidente a oriente, y todo suponiendo que no se recaiga pronto en otra crisis financiera mundial como la acaecida a partir de 2007 o algún conflicto bélico de envergadura capaz de afectar a uno, dos, más o todos los países más desarrollados (léase G-7 o G-8). Eso sí, si se incluyera la Unión Europea (UE) en lugar de cada uno de los Estados miembros de esta mancomunidad de países, se observaría que encabezaría

el ranking, aspecto de extremada importancia, también para el caso de LA, como se irá viendo en sucesivos ensayos.

Como todos los lectores sabrán, el estado y progreso de la ciencia en Latinoamérica no resulta satisfactorio en vista de su potencial, siendo muy mejorable. Ahora bien, para alcanzar una posición entre las grandes potencias económicas se antoja imperativo que la región llegue a alcanzar una vertebración política de envergadura y calado, como en el caso de la UE, en donde existen muchas sinergias y un enorme esfuerzo cooperativo entre Estados e investigadores. Sin embargo, este último punto centrará la atención del siguiente ensayo, si no se redacta alguno más, por lo que no se abundará en el mismo. En cualquier caso, se adelanta que un sistema es más que la suma de sus partes, y un sistema latinoamericano de ciencia y tecnología aunaría esfuerzos y talentos, siendo la financiación económica importante, aunque no determinante, por fortuna. Un sistema bien estructurado maximiza la eficiencia, y al contrario, cuando la vertebración y conectividad son escasas, a menudo se derrochan fondos financieros, no logrando más que paupérrimos beneficios. Pero se sigue dando las primeras pinceladas acerca de la ciencia en Latinoamérica.

## 2. LA CIENCIA EN LATINOAMÉRICA HOY

De la base de datos Thompson Reuters puede extraerse la posición de los países de LA, en el listado mundial: Brasil (15) > México (29) > Argentina (37) > Chile (45) > Colombia (50) > Venezuela (60) > Cuba (63) > Perú (75) > Uruguay (78) > Puerto Rico (81) > Ecuador (92) > Costa Rica (93) > Panamá (104) > Bolivia (116) > Guatemala (129) > Paraguay (142) > Nicaragua (146) > El Salvador (150) > República Dominicana (151) > Honduras (155). Más adelante se demuestra que estas cifras, en por si mismas dicen muy poco, pudiendo ser más confusas que clarificadoras.

Con el fin de que el análisis ofrezca una perspectiva más global acerca del contexto latinoamericano, se han añadido también otros países. Por un lado, USA ofrece el máximo valor alcanzado de excelencia en lo concerniente a la ciencia y tecnología a escala global, mientras que los Estados que conforman la Península Ibérica y que en opinión propia se consideran Latinos desde un punto de vista cultural (como indica el vocablo “Latino”) ofrecen una doble información. Hace poco más de tres decenios, bajo dictaduras fascistas y aisladas económica y políticamente de Europa, España y Portugal apenas significaban nada en el concierto mundial, con una ciencia que, en el mejor de los casos, podría calificarse como raquítica. Por su parte Gibraltar (como cuasi-colonia de UK) y Andorra (con un estatus muy especial) son países minúsculos cuyas situaciones geopolíticas y estratégicas han sido mucho mejores y más duraderas. Sin embargo, debido a su reducido tamaño y escasa población no dejan de ser más que pequeños islotes en un archipiélago de 239 islas (Estados), la mayoría de las cuales son inmensamente mayores. Aparte de España, Portugal ocupa el puesto 31 en el ranking mundial, mientras que Andorra el 197 y Gibraltar el 205. Posiblemente España y Portugal, de no haber entrado en la UE, estarían, en el mejor de los casos, entre las posiciones que actualmente ocupan Argentina y Venezuela.

### 3. UNA APROXIMACIÓN DE GRANO GRUESO AL ECOSISTEMA CIENTÍFICO LATINOAMERICANO

Las Figuras 1 y 2, ofrecen una perspectiva de la denominada producción científica, tanto la total como la denominada de excelencia para el grupo de países seleccionados.

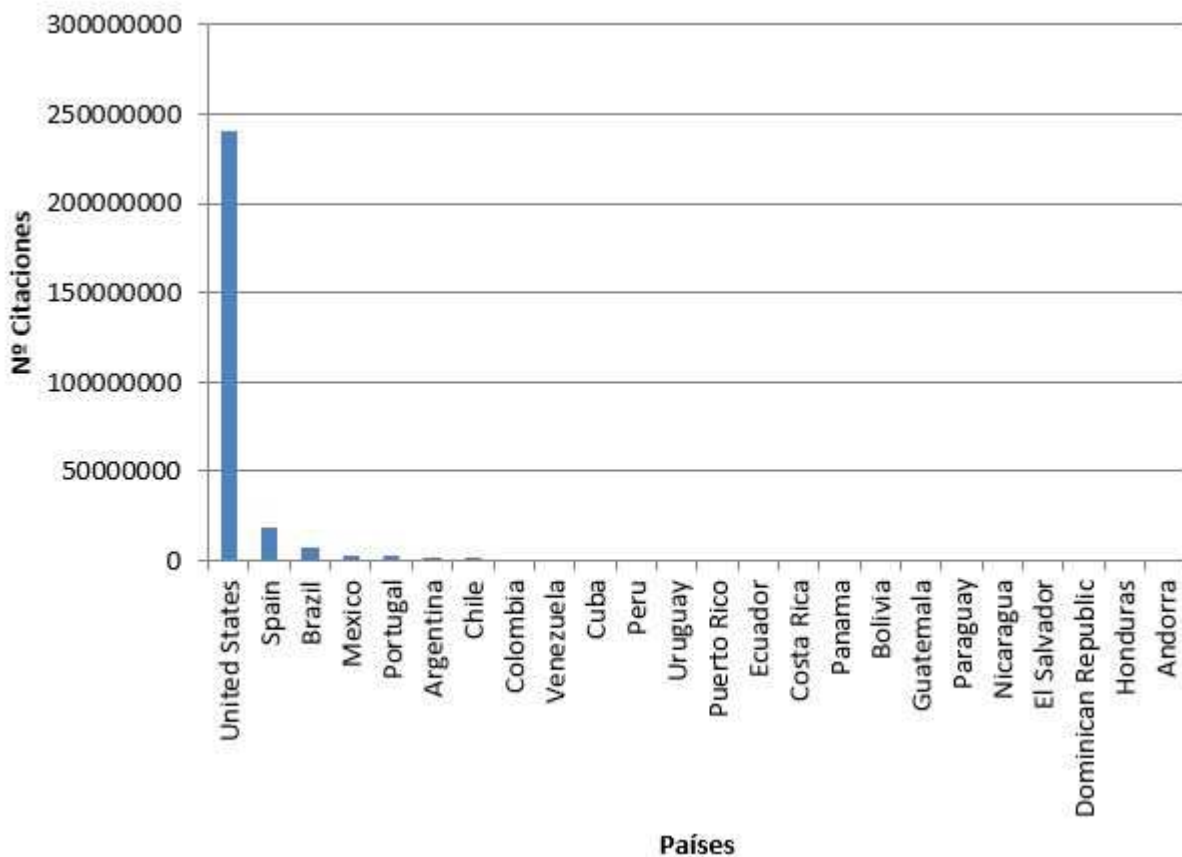


Figura 1: Número de citaciones de las publicaciones de los países analizados. Fuente: Thomson Reuters.

Como se puede observar, al incluir los datos de USA, la mayor parte de los países de Latinoamérica ni tan siquiera se vislumbran en el gráfico, con la excepción de Brasil, México, Argentina y Chile. Como se verá posteriormente, tal hecho no indica por si solo la excelencia de la clase investigadora de cada país, sino más bien la extensión y población de los mismos. Resulta muy frecuente este tipo de análisis, empero no son indicadores de la mayor productividad de los científicos de un país respecto a otro. Por ejemplo, en España, se han elaborado varios rankings de universidades y obviamente las que poseen un mayor número de profe-

sores/investigadores y alumnos también encabezan las primeras posiciones (siempre ubicadas en Madrid y Barcelona). Sin embargo, cuando se analiza la producción científica media de las plantillas de cada universidad se observa que son más eficientes otras de menor tamaño y que no suelen tenerse en cuenta. Del mismo modo, en Europa, si se llevara a cabo un análisis similar, países pequeños como Holanda podrían superar a las todopoderosas Reino Unido, Alemania y Francia. En cualquier caso, estas figuras servirán de partida. Y es que la superficie de cada país también importa, por cuanto, en promedio, a mayor extensión, hay un mayor número de habitantes, y en general también de instituciones académicas y estudiantes. No obstante, íntimamente ligada al número de habitantes se encuentra el Producto Interior Bruto (PIB) de cada país, el cual, en mayor o menor medida se traduce en inversiones de I+D, como se analizará y mostrará más adelante.

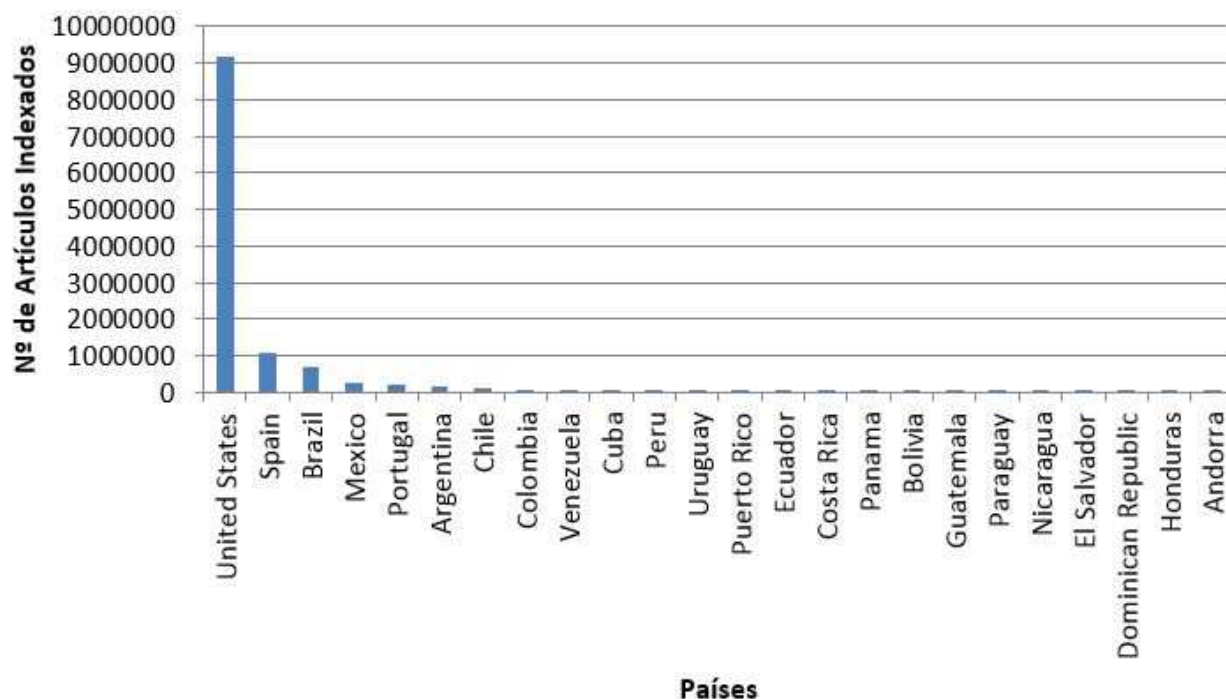


Figura 2: Número de artículos indexados de los países analizados. Fuente: Thomson Reuters.

No obstante, la situación de países europeos como España y Portugal, constata que Europa y Latinoamérica son dos ecosistemas científicos distintos. El objetivo perseguido es comparar ambas regiones, que no analizar caso por caso, para lo cual harían falta otros indicadores. A nivel global, y bajo la dictadura financiera en un mundo globalizado, a veces las situaciones viran con rapidez. Mientras la política actual de Rusia, basada esencialmente en la explotación/exportación de recursos naturales, y escaso interés en la “Investigación, Desarrollo e Innovación” (I+D+i) se tradujo en una caída abismal comparada con la antigua Unión Soviética. Todo lo contrario ocurre en China, sin dejar de lado el consabido estancamiento de la economía nipona la cual obedece a otras causas aunque su origen sea palmario. Japón producía gran parte de sus productos tecnológicos en el propio país y no ha deslocalizado gran parte de sus grandes empresas a países

eufemísticamente calificados como en vías de desarrollo, es decir, en donde su masa laboral recibe salarios escasos, pocos derechos laborales, etc., y como corolario, la producción de bienes resulta más económica y competitiva. No resulta necesario que los países superpoblados incrementen mucho su PIB en I+D+i con vistas a que sus estadísticas mejoren rápidamente, al contrario que los Estados pequeños.

Seguidamente se abordará un análisis algo más sofisticado. Sin embargo, en contra de lo que suele ser habitual, en lugar de utilizar las cifras brutas se hará uso de sus transformaciones logarítmicas. Aunque no existen estudios al respecto, en ecología y especialmente en los estudios de biodiversidad, geodiversidad (y edafodiversidad) se observa que los ajustes de los datos transformados logarítmicamente detectan patrones estadísticamente significativos, al contrario que los que no lo son. La transformación logarítmica de las cifras constata la presencia de leyes potenciales o libres de escala. Cuando los datos de estas últimas se ajustan significativamente a la recta de regresión obtenida hasta tres o más órdenes de magnitud, son muchos los matemáticos que defienden que se trata de condición necesaria y suficiente para catalogarlos de estructuras fractales. Se dice que las huellas fractales surgen de los sistemas no lineales o complejos, y la economía y sistemas ecológicos lo son, entre otros muchos. Lamentablemente no es el momento y lugar para hablar de ello. En el ajuste a leyes potenciales, debe tenerse en cuenta que los valores extremos adquieren mayor importancia que los que se ubican en posiciones intermedias del espectro, al contrario que en las regresiones lineales cuyos conjuntos de datos dan lugar a ajustes estadísticamente significativos con cifras sin transformación logarítmica. Cabe señalar que puede hacerse uso de cualquier tipo de logaritmo, habiendo hecho caso en el presente estudio del neperiano, señalado en las figuras correspondientes por la abreviación Ln.

Justamente este tipo de patrón es el que acaece con la fragmentación de un continente o región administrativa (como en el caso de la Unión Europea). Generalmente, los datos constatan que unos pocos países atesoran una gran superficie, mientras que su número aumenta conforme a su extensión disminuye. Traduciendo este argumento al caso de estudio, cabría decir que unos pocos países dan cuenta de la mayor parte de la producción científica, mientras que la mayoría apenas aportan nada. Si, se ordenan los Estados latinoamericanos en función de su extensión, se obtiene la denominada curva hueca (*hollow curve*) o curvas de Willis, que parecen ser ubicuas también para las unidades ambientales, tales como las cuencas de drenaje en función de sus superficies en un espacio geográfico concreto, los tamaños de islas en un archipiélago, etc. Si tales datos se transforman logarítmicamente, se obtiene un buen ajuste a una distribución potencial. Para el conjunto de todos los países latinoamericanos el  $R^2$  de tal ajuste fue 0.78, mientras que para el conjunto de los países latinoamericanos analizados en este estudio alcanzó el valor de 0.89. En la Figura 3 se muestra esta última curva, típica de la abundancia de especies, tipos de vegetación y litologías, como se demuestra repetidamente en los análisis de diversidad (ver también las Figuras 1 y 2).

Con vistas a demostrar el peso de la población de un país sobre la producción de mismo en la Figura 4, se muestra la producción científica de excelencia para los países seleccionados en función de sus respectivas poblaciones. En la Figura 5, se repite el mismo modo de proceder empleando tan solo los datos de los países

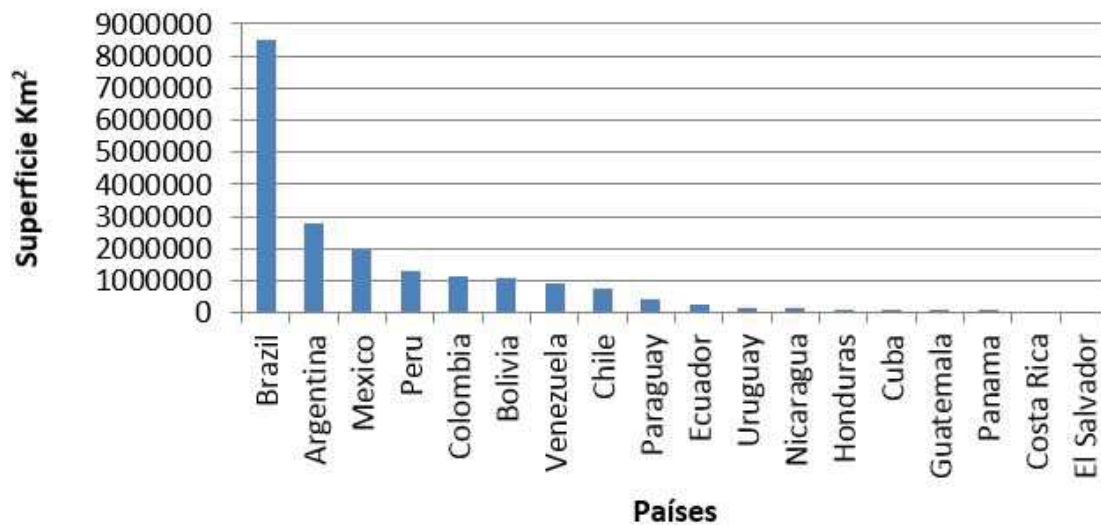


Figura 3: Curva de Willis de los países estudiados ordenados por su superficie en km<sup>2</sup>. Fuente: Thomson Reuters y UNESCO.

latinoamericanos. Recordar que se trata de ajustes a leyes potenciales, es decir tras transformar logarítmicamente los datos.

En la Figura 4, el  $R^2$  del ajuste potencial alcanza la cifra de 0.65, lo cual es indicativo del grado de la influencia del área y la población en el ecosistema científico. Cabe reseñar que el tamaño de los países se encuentra correlacionado con la población alcanzando una  $R^2$  de 0.70. Sin embargo, la Figura 5 suministra una información complementaria de gran valor, ya que se centra en el ecosistema latinoamericano.

El efecto del área/población queda reflejado al tener en cuenta el siguiente orden de producción científica de excelencia que representan la secuencia de los puntos de la gráfica, comenzando por los de mayor peso: Brasil > México > Argentina > Chile > Colombia > Venezuela > Cuba > Perú > Uruguay > Ecuador. Si se coteja tal secuencia con la de la extensión de los países, tan solo se observarán ligeros cambios (muy escasas posiciones) en el ranking de productividad de los países. Por lo tanto, puede concluirse que indicadores tan triviales como la extensión de los Estados y el número de sus habitantes afectan a los ya comentados ecosistemas científicos.

Obviamente, resulta lógico que otros indicadores proporcionen más información. Uno de los más interesantes y usados en la literatura, resulta ser el Producto Interior Bruto (PIB) de los Estados, al reflejar el potencial económico de un país, con independencia del grado de riqueza/pobreza de que disfruten/padezcan sus habitantes y de la financiación que dediquen cada uno de ellos a I+D+i. Como corolario, el número promedio de investigadores por país y sus respectivos PIB debieran de estar positivamente correlacionados. Y esto es lo que ocurre, como se muestra en la Figura 6 en donde el ajuste a la potencial alcanza un  $R^2$  de 0.88.



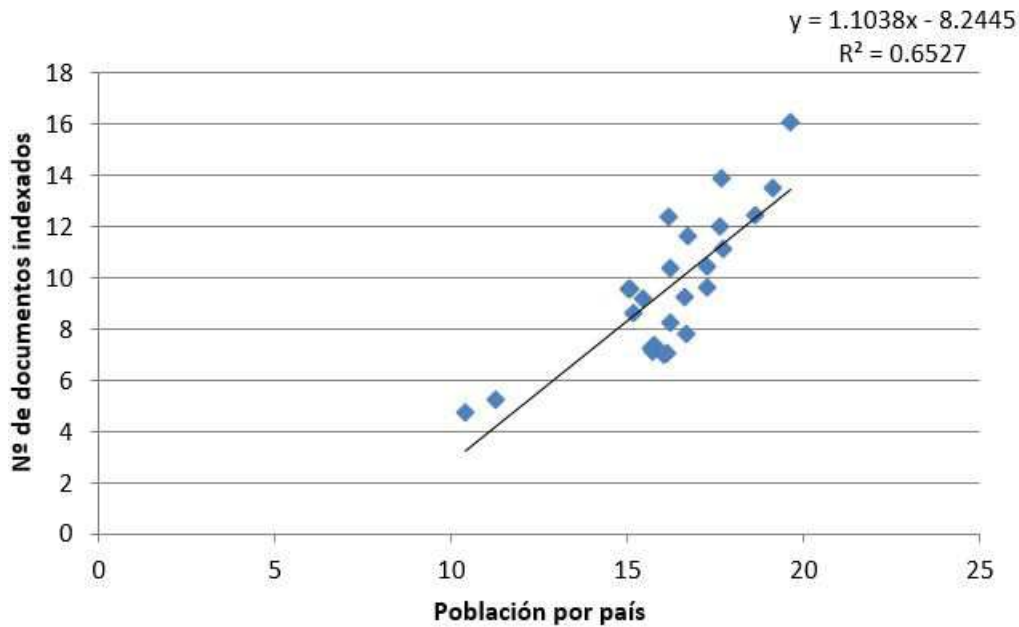


Figura 4: Ln N° documentos indexados vs Ln N° de habitantes para todos los países estudiados. Fuente: Thomson Reuters y UNESCO.

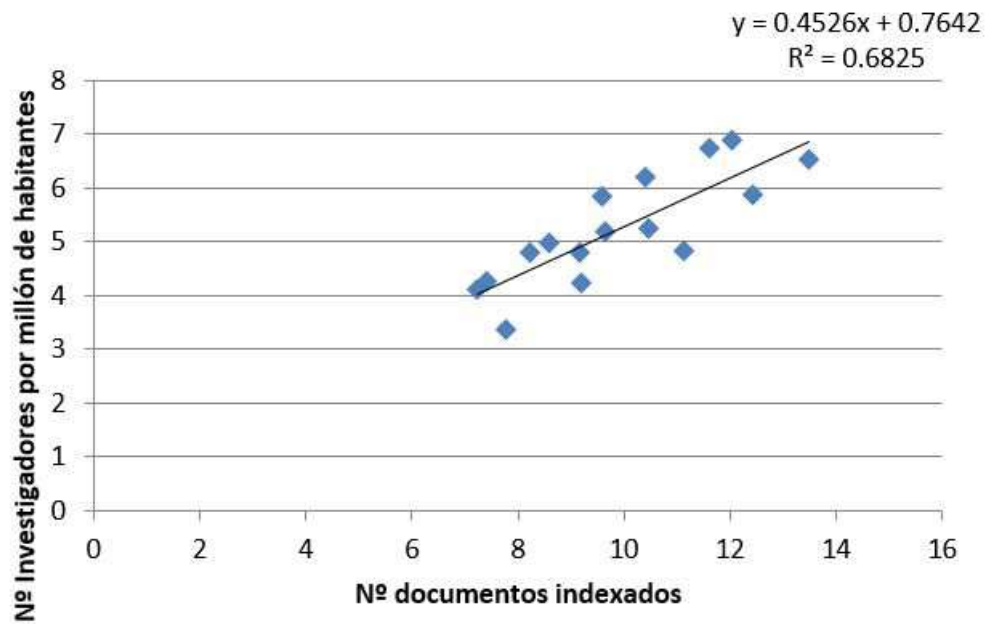


Figura 5: Ln N° documentos indexados vs Ln habitantes por país de Latinoamérica. Fuente: Thomson Reuters y UNESCO.

Resumiendo, a mayor PIB de los países, el cual depende de la extensión, población y grado de desarrollo económico, mayor número de científicos. Los datos de la Figura 6, como en las que la siguen, al hablar del

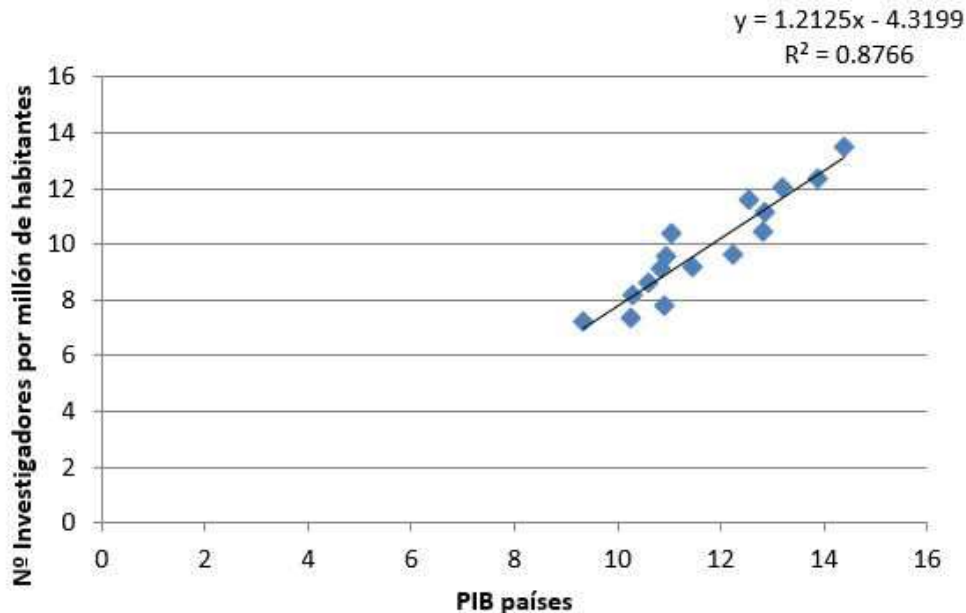


Figura 6: Ln Producto Interior Bruto países analizados vs Ln del N° de sus investigadores. Fuente UNESCO.

número de científicos por nación, hace referencia a la tasa de investigadores por millón (1M) de habitantes, como suelen ofrecer los organismos responsables de estos estudios (por ejemplo la UNESCO en el caso tratado). Lógicamente, el número de publicaciones científicas totales y de excelencia de cada nación debiera encontrarse correlacionada con el PIB y el mentado número de científicos (ya sean simultáneamente docentes universitarios o no), por millón de habitantes, aspecto que se tratará a continuación.

En las Figuras 7 y 8, se ilustra la producción científica para los países estudiados y para los que exclusivamente se ubican en Latinoamérica.

Como se puede notar los datos observados avalan la hipótesis de trabajo, es decir, son los que cabía esperar. Y son estos resultados los que determinan el ranking de los países en la “*Web of Science*”, al menos a nivel regional, lo que equivaldría a decir en nuestro caso a mancomunidades de Estados como la UE, Latinoamérica, SE Asiático, África, etc. Se debe reiterar que el ajuste a la ley potencial ya indicado en cada gráfico, es superior a los ajustes de los mismos conjuntos de datos a una regresión lineal. Y así, en el caso de la Figura 7 el  $R^2$  de la regresión sin transformar los datos logarítmicamente sería de 0.53 en lugar 0.80, mientras que para la Figura 8 el  $R^2$  tan solo alcanzaría el valor de 0.32. Si en lugar de hacer uso del número de científicos por millón de habitantes, se hubiera hecho simplemente con la población total de cada país se obtendría un ajuste a una ley potencial inferior, aunque también significativo, como se constata en la Figura 9. Resulta trivial constatar, aunque a menudo se soslaya, que la productividad científica de cada país depende de variables tan sencillas, infiriéndose que las naciones pequeñas necesitan realizar esfuerzos de inversión en I+D+i enormes para subir en el ranking de la ciencia, al contrario de lo que ocurre en los Estados de mayores

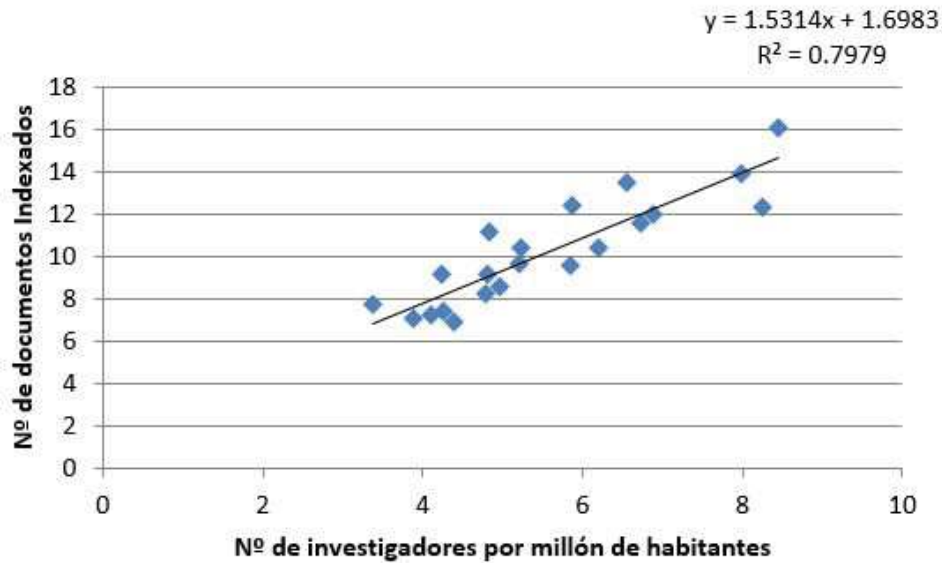


Figura 7: Ln del N° de documentos indexados vs N° investigadores de todos los países analizados. Fuente: Thomson Reuters y UNESCO.

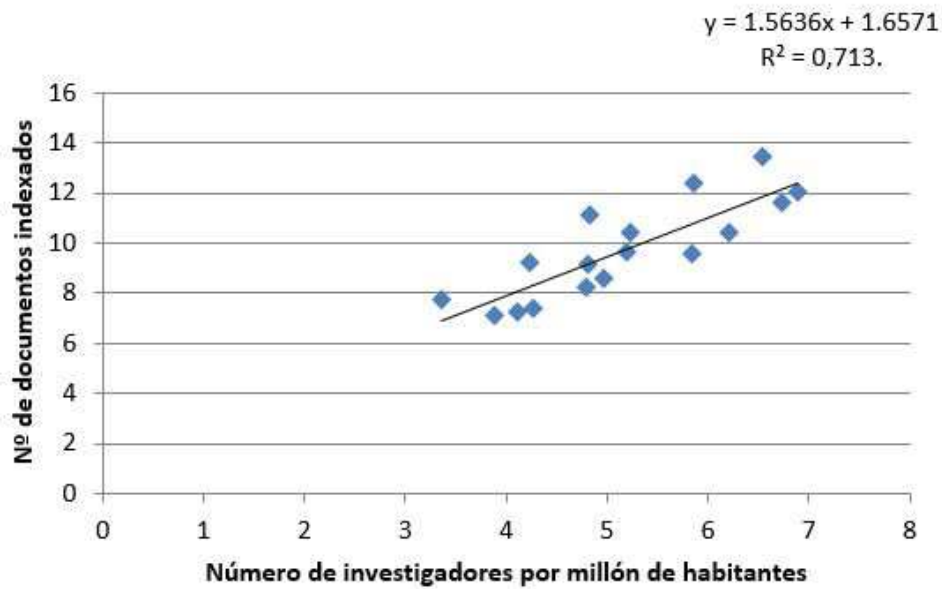


Figura 8: Ln del N° de documentos indexados vs N° de investigadores para los países latinoamericanos. Fuente: Thomson Reuters y UNESCO.

dimensiones, a los que tales esfuerzos siempre les serán relativamente más livianos.

Con el fin de que el lector entienda hasta qué punto el área de un país determina su población, en la Figura

10 se expone la ley de potencias que se obtiene al cotejar esta variable con la población de cada país de los estados latinoamericanos que forman parte del conjunto de datos usados en este estudio.

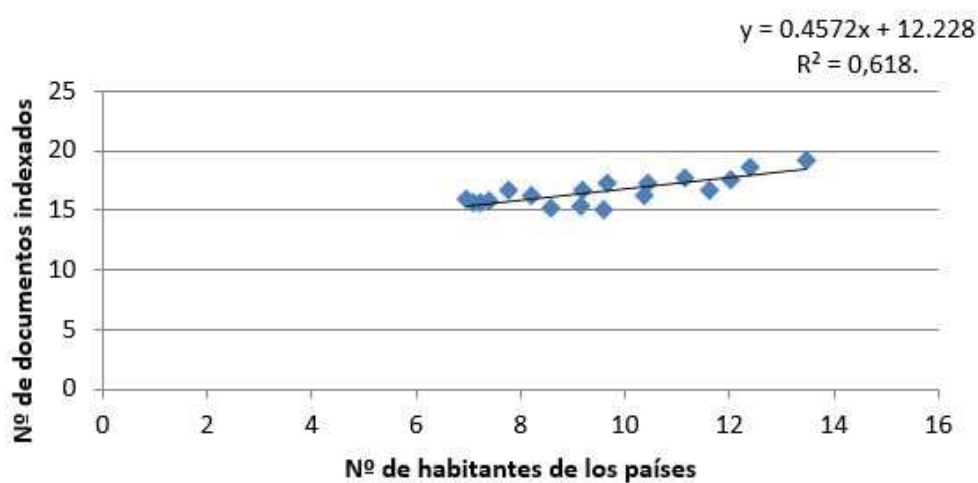


Figura 9: Ln del número de documentos indexados vs Ln de la población Latinoamérica. Fuente: Thomson Reuters y UNESCO.

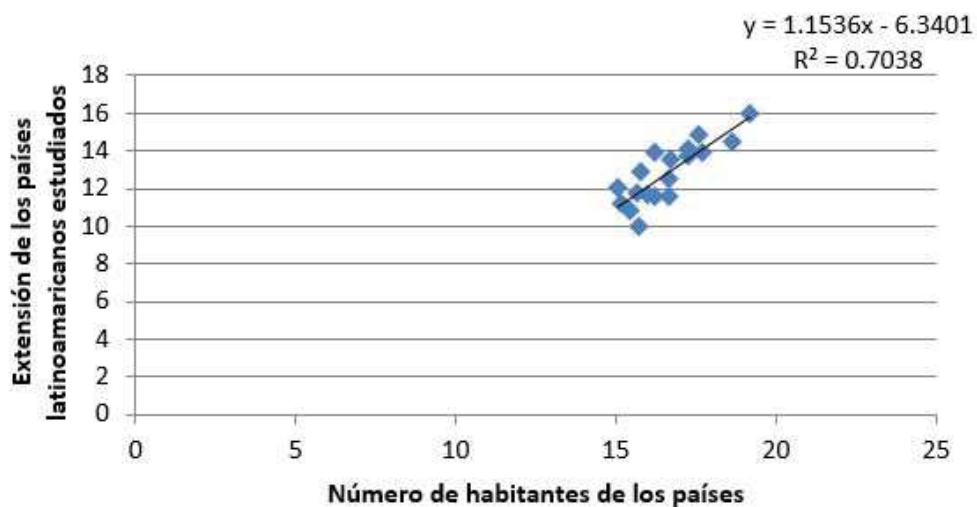


Figura 10: Ln de la población de cada país (Latinoamérica) en función del Ln de su extensión superficial.

## 4. DISCUSIÓN Y COMENTARIOS ADICIONALES SOBRE LA CIENCIA EN AMÉRICA LATINA

No es intención del autor llevar a cabo un análisis detallado de los esfuerzos realizados por cada uno de los países en materia de I+D+i incluidos en el presente análisis, sino más bien todo lo contrario. Se ha mostrado un marco general que, seguramente se repita a escala global o en otros continentes y mancomunidad de países. Tampoco se ha incidido sobre temas más concretos como los tecnológicos, la producción de patentes, los puntos fuertes y carencias de la ciencia en la región o sus esfuerzos con vistas a mejorar sus respectivas culturas científicas. Existen numerosas fuentes para abundar detalladamente sobre el tema, como por ejemplo, la “Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad”.

Los análisis obtenidos constatan que, cuando se analiza el estado de la ciencia y más concretamente la producción científica de la región, se observan resultados que dependen de variables tan triviales como el área de cada país, su población, producto interior bruto, número de científicos y número de investigadores por cada mil habitantes. Las tendencias obtenidas usando los procedimientos estadísticos inusuales en este ámbito de la indagación, pero si en otros como campos de la ciencia como lo son los estudios de diversidad revelan patrones claros a la par que obvios. Lógicamente, los esfuerzos de cada Estado y su perseverancia en el tiempo, son los que determinan los puntos que se encuentran por encima y por debajo de las rectas obtenidas utilizando un modelo de regresión lineal con transformaciones logarítmicas de los datos. Sería pues factible elaborar un índice de excelencia o calidad. Por ejemplo, bastaría estimar la distancia entre cada punto (país) respecto a la recta de regresión obtenida. Sin embargo este autor no desea hundir el dedo en la llaga de los nacionalismos por cuanto, como se verá en un ensayo posterior, tal perspectiva intra-competitiva (mirarse al ombligo), acarrea más problemas que beneficios, si lo que se pretende es lograr un salto cualitativo de calidad en el ecosistema científico latinoamericano. Del mismo modo, se encuentra, como en varias regiones del mundo, con un continente que sufre enormes e incesantes inestabilidades geopolíticas y económicas que se traducen en rápidos cambios de sus políticas de I+D+i. Los recientes casos de Brasil y Argentina, así se constatan. ¿Y qué decir del colapso sufrido por Rusia, en base a una gobernanza oligárquica que ya presta escasa atención a la indagación científica, al contrario que la antigua Unión Soviética, hasta descender una producción científica de excelencia inferior a la de España y no muy superior a la de Brasil?. En el plazo de pocos años, casos que se muestran como ejemplarizantes tornan en decepcionantes. Y así, los países estudiados pueden avanzar o retroceder algunos puestos en el ranking de la ciencia regional, pero no más, con algunas excepciones significativas, como es la decadencia actual que sufre Rusia o el ascenso de China.

La inclusión de USA en el análisis obedece tan solo a la necesidad de destacar un punto de referencia obligada, ya que se trata de la nación que en términos científicos ocupa, sin lugar a dudas, el liderazgo mundial. Por su parte, España y Portugal (con superficies, poblaciones, PIB e inversiones en I+D+i modestas, ocupan posiciones relativamente importantes en el contexto mundial), siendo dos ejemplos de cómo en otras condiciones más propicias y estables geopolítica, social y económicamente, el gasto en I+D+i de cada estado es

importante, aunque no determinante en la producción científica de excelencia de cada país. Por ejemplo, si se comparan los PIB de USA y la UE (que no Europa), se podría constatar que resultan ser bastante similares, como también lo son sus respectivas producciones científicas.

Lombardi informa que México, Brasil y Argentina concentran más del 90% de las inversiones en I+D+i, empero como se ha visto se trata de los países más extensos de LA, por lo cual se trata de un resultado lógico de esperar, más indicador del potencial que de calidad. A mayor extensión mayor número de habitantes, pero también de recursos naturales, como se ha probado hasta la saciedad en las investigaciones sobre diversidad. Los países con un mayor número/riqueza de recursos para explotar siempre se verán favorecidos a la par que resistirán mejor (resiliencia) las veleidades del mercado. En este último caso, si la exportación de un recurso cae, o resulta menos rentable por una súbita bajada de los precios otros pueden ayudar a amortiguar el impacto. Lo mismo acaece en lo que respecta a la diversidad de las industrias tecnológicas y sus exportaciones. A este respecto, comentaba Rodolfo Barrere, coordinador de la RICYT, en Lombardi (2016) que: *“los investigadores deben buscar las variables más precisas que puedan reflejar el estado de la situación: hay que identificar qué medir y cómo hacerlo, y eso tiene mucho que ver con los contextos, no es lo mismo hacer indicadores para América Latina que para países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)”*. Lleva razón, pero también debe partirse de un marco general como el aquí realizado. Se necesitan puntos de referencia. En cualquier caso, el análisis llevado a cabo en el presente ensayo, pretende ser un punto de partida.

El reducir la ciencia a número de documentos de excelencia o en su cómputo global aporta una información necesaria pero no suficiente a la hora de realizar ciertas políticas de I+D+i. Obviamente los análisis bibliométricos y la cienciometría son herramientas útiles, necesarias aunque no suficientes. Se pudo comprobar este hecho personalmente en la única aventura de esta índole que se publicó en una revista de excelencia (Rey *et al.*, 1998). No obstante, las aproximaciones que deben realizarse y sus herramientas de cuantificación dependen del objetivo perseguido. Este autor ha abordado el problema haciendo uso de las cifras que ofrece Thomson Reuters. Sin que defienda que tal modo de proceder signifique que se considere idóneo, al menos resulta imprescindible a la hora de comparar los datos a escala global, ya que se trata, hoy por hoy, de la principal fuente de referencia mundialmente aceptada. Empero a menudo las estadísticas simples son engañosas o como mínimo confundentes. Actualmente se usan este tipo de ránquines como si la ciencia se tratara de un deporte competitivo. Es decir, la producción científica estimada de este modo, se antoja un escaparate publicitario de los Estados que alardean de su gran potencial científico. A lo largo del tiempo, con mayores o menores reticencias, esta iniciativa de los Estados poderosos ha sido adoptada por la práctica totalidad de los países del mundo. Y así, en una carrera desenfadada muchos colegas piensan más en publicar que en hacer buena ciencia, ya que de ello depende su promoción científica y valoración social. Empero si no se marcan objetivos y prioridades concretas para ecosistemas bien delimitados, cualquier aproximación ofrecerá una perspectiva miope. No es lo mismo promover el progreso de la ciencia en un país, como por ejemplo Colombia, y otro bien distinto tener en cuenta todo el conjunto latinoamericano. Como se verá en

el siguiente ensayo las estrategias serían muy diferentes.

También resulta usual dar por sentado que el nivel educativo de la población es el motor por antonomasia para el crecimiento de la producción científica. Empero una ciencia más prolífica y de excelencia no deriva necesariamente en un mayor bienestar social y económico. Personalmente no se pone en duda que cualquier política educativa es uno de los pilares más necesarios para el bienestar de la población y el progreso de los países. Sin embargo, en muchos Estados, el bienestar poblacional y la fecundidad investigadora no van unidas de la mano. Se duda que nadie defienda que los ciudadanos chinos, por ejemplo, como también ocurre en grandes extensiones de la Norteamérica profunda, disfruten de mayor bienestar que en pequeños Estados como lo son los escandinavos. En este sentido, Lombardi (2016) recoge el siguiente comentario de Fernández Polcuch: *“sería importante profundizar en acciones educativas, en particular desde los niveles iniciales, ya que, como destacó el especialista, es el otro gran pilar sobre el que tenemos que operar las sociedades latinoamericanas para que esta apuesta de inversión en ciencia y tecnología, que se está haciendo en muchos países, tenga un futuro real. Sin una buena base educativa en términos de ciencia, que no solo genere vocaciones, sino también una forma de pensar que permita abordar la ciencia de una manera distinta y que ayude como método en la toma de decisiones, se corre el riesgo de que todo ese esfuerzo se convierta en un sueño irrealizable”*.

Se reitera que este autor es de la misma opinión en general, sin estar completamente de acuerdo. Los informes Pisa (ver Wikipedia) miden el rendimiento académico de los estudiantes de los países. Resulta sorprendente observar que, en este sentido, la posición de USA deja mucho que desear, mostrando que su sistema educativo padece de lagunas sorprendentes, al contrario que China y otros países asiáticos, que tienden a agruparse en la cabeza del ranking. Se está hablando del país que resulta ser *Top One* en producción científica, pero en el que aproximadamente la mitad o más de sus senadores son creacionistas (niegan la evolución biológica considerando que Dios es el padre de todas las criaturas), cuestionando la ciencia, al igual que casi la mitad de la población del país. En consecuencia, siendo la educación un pilar fundamental, tampoco, por sí sola, explica porque unas naciones dirigen la ciencia y otras no. Más aun, USA junto a Turquía son los países más anti-evolucionistas de occidente (Magonia, 2006). Así pues, algo falta en la ecuación maestra que explique la actividad y producción científica de los países. Se pone otro ejemplo, en la página Web SciDev.Net (2017) se preguntan: ¿Cuántos científicos hay que tener?. La dificultad de responder a esta pregunta, en apariencia trivial, resulta ilustrativa, por lo que se recomienda su lectura.

Loimbari (2016b) también recuerda el indiscutible rol de la cultura o divulgación científica. Sin embargo, quizás se le dé también una excesiva importancia, en lo que respecta al progreso de la ciencia, que no en otros aspectos. Como autor del blog o bitácora “Un universo invisible bajo nuestros pies” (Ibáñez, 2017) que ya se encuentra próxima de alcanzar los 25 millones de visitas acumuladas, se puede asegurar que los países que encabezan el ranking de audiencia se ordenan también en una secuencia acorde a la población de cada país, exceptuando Brasil, por el efecto idiomático. Cabría esperar que variables como número de

PC por cada mil estudiantes y el grado de culturización digital de cada país tuvieran una repercusión muy importante en este tipo de herramienta TIC. Obviamente la tendrá en alguna medida, no lo dudo. Sin embargo, debe ser notablemente inferior al tamaño de la población de los Estados. Por ejemplo, España y USA atesoran prácticamente el mismo número de personas hispanoparlantes como lengua materna (alrededor de 40 millones), ocupando posiciones colindantes con un número de visitas similares del blog. Obviamente, México se encuentra encabezando el ranking dada su masa poblacional.

No obstante, como se verá en el próximo ensayo, si se puede cimentar el edificio de un nuevo futuro, en el cual el rol del gasto respecto al PIB incluso pudiera perder importancia. Sería interesante corroborar a nivel global, pero también en otras regiones, los patrones aquí constados en LA. Posiblemente se encontrarían con tendencias globales a la par que con aspectos idiosincrásicos de cada región. Una vez identificados ambos, implementar políticas resultará ser una tarea más fácil y eficiente si hay voluntad política.

Para finalizar, se adelanta un aspecto sobre el que se abundará en el próximo ensayo. España y Portugal no eran nadie en el concierto internacional de la ciencia hasta su entrada en la Unión Europea, ocupando actualmente puestos que pueden considerarse dignos. La UE no regala nada. Simplemente estos países pasaron de luchar en solitario, (aislados de los estados más industrializados, por sus respectivas dictaduras fascistas), a hacerlo junto a un conglomerado de Estados potentes en términos científicos y económicos. Este será pues el tema del siguiente ensayo que, más o menos llevaría por título: “La unión hace la fuerza: bases para un pleno desarrollo de la indagación científica en Latinoamérica”.

## Referencias

- Ibáñez, J. (2017). Un Universo invisible bajo nuestros pies. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/>
- Lombardi, V. (2016). Ciencia y tecnología en América Latina. Buenos Aires, Argentina: *Agencia TSS. Universidad Nacional de General San Martín*. Recuperado de <http://www.unsam.edu.ar/tss/la-evolucion-de-la-ciencia-en-america-latina/>
- Lombardi, V. (2016). Cultura científica en América Latina. Buenos Aires, Argentina: *Agencia TSS. Universidad Nacional de General San Martín*. Recuperado de <http://www.unsam.edu.ar/tss/cultura-cientifica-en-america-latina/>.
- Magonia. (2006). Turquía y Estados Unidos son los dos países más antievolucionistas de Occidente. Recuperado de <http://magonia.com/2006/8/15/turquia-y-estados-unidos-son-dos-paises-mas/>



- Rey, J.; Martín, L.; Plaza, L.; Ibáñez, J. & Méndez, I. (1998). Changes on Publishing behaviour in response to research policy guidelines. The case of the Spanish Research Council in the field of Agronomy. *Scientometrics*, 41(1-2), 101-111. <https://doi.org/10.1007/BF02457971>.
- RICYT. (2016). Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana- (RICYT). *Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)*. Recuperado de <http://www.oei.es/historico/noticias/spip.php?article9214>.
- UNESCO. (2015). UNESCO Science Report: Towards 2030. Paris, France: *Unesco Publishing*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235406e.pdf> o [http://en.unesco.org/unesco\\_science\\_report](http://en.unesco.org/unesco_science_report).
- SciDev.Net. (2017). Radar latinoamericano: ¿cuántos científicos hay que tener?. Recuperado de <http://www.scidev.net/americas-latina/desarrollo-de-capacidades/blog-de-analistas/radar-latinoamericano-cuantos-cientificos-hay-que-tener.html>