



Artículo Original

Recibido: 11/06/2021

Aceptado: 14/07/2021

Publicado: 09/08/2021

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN EN LOS PAÍSES DE IBEROAMÉRICA

Evaluation of the efficiency of national innovation systems in the countries of Ibero-America.

RIVERA, JAIME¹
ROJO, MARCO²

AUTOR 1:

Candidato a Doctor por la Universidad Internacional Iberoamericana, Estudiante, Universidad Internacional Iberoamericana. San Salvador, El Salvador. <https://orcid.org/0000-0002-1566-9001>

AUTOR 2:

Doctor en Estudios Sociales (Summa cum laude), Docente e Investigador en el Departamento de Proyectos, Universidad Internacional Iberoamericana. México D.F., México. <https://orcid.org/0000-0003-4862-8780?lang=en>

jaimerivera25@hotmail.com¹

marco.rojo@unini.edu.mx²

Correspondencia: marco.rojo@unini.edu.mx

RESUMEN

El crecimiento económico de cada país se encuentra estrechamente vinculado con la innovación que éstos llevan a cabo. Actualmente, los gobiernos locales e internacionales muestran interés en evaluar los sistemas de innovación para identificar qué tan eficientes son en el uso de sus recursos, y en la generación de nuevo conocimiento. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia de los sistemas nacionales de innovación de los países de Iberoamérica. Para esto, se emplea la metodología de Análisis Envolvente de Datos en la que se ocupa una base de datos multi-insumo y multi-producto. Se utiliza un modelo CCR producto orientado con rendimientos constantes a escala (RCE). El índice que se obtiene de esta estimación permite comparar la eficiencia relativa de cada Sistema Nacional de Innovación (SNI), además de identificar los sistemas que se encuentran en la frontera de eficiencia y aquellos que se encuentran en rezago. Se emplean datos de insumo, producto y contexto para el último año disponible tomados de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología-Iberoamericana e Interamericana- RICYT. Este ejercicio de estimación se hace para una muestra de 29 economías de la región. El análisis de resultados se hace mediante estática comparativa diferenciando los sistemas de mejor desempeño en relación a los menos eficientes. Esta comparación permite identificar las áreas de oportunidad de los SNI más desfavorecidos, ofreciendo elementos para su fortalecimiento y para el impulso del crecimiento económico de largo plazo en Iberoamérica.

PALABRAS CLAVE

Indicadores de ciencia; Políticas y cooperación en ciencia; Política nacional de ciencia; Política de innovación y desarrollo; Tecnología e innovación.

ABSTRACT

The economic growth of each country is closely linked to the innovation that they carry out. Currently, local and international governments show interest in evaluating innovation systems to identify how efficient they are in the use of their resources, and in the generation of new knowledge. This research aims to measure the efficiency of the national innovation systems of the Ibero-American countries. For this, the Data Envelopment Analysis methodology is used in which a multi-input and multi-product database is used. A product oriented CCR model with constant returns to scale (RCE) is used. The index obtained from this estimation makes it possible to compare the relative efficiency of each SNI, in addition to identifying the systems that are at the efficiency frontier and those that are lagging. Input, output and context data are used for the latest available year taken from the Network of Science and Technology Indicators-Ibero-American and Inter-American-RICYT). This estimation exercise is carried out for a sample of 29 economies in the region. The analysis of results is done through comparative statics, differentiating the best performing systems in relation to the less efficient ones. This comparison makes it possible to identify the areas of opportunity for the most disadvantaged NIS, offering elements to strengthen them and to promote long-term economic growth in Latin America.

KEYWORDS

Innovation and development policy; National science; Policies and cooperation in science; Science; Technology and innovations indicators; Technology and innovation policy.

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es evaluar la eficiencia de los sistemas nacionales de innovación de los países de Iberoamérica. Esta medición se realiza utilizando la metodología de Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés). La metodología DEA, propuesta por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) ha sido útil en diferentes disciplinas para evaluar la eficiencia de unidades tomadoras de decisiones que emplean múltiples insumos y productos. Los antecedentes de la evaluación de los SNI mediante el DEA no son recientes (Nasierowski y Arcelus, 2003; Lee y Park, 2005; Ta-Wei, 2007, 2010; Hollanders y Celikel, 2007; Cai, 2011; Caia y Hanley, 2012).

En un estudio pionero que se realizó para 45 países se consideró al SNI como un subsistema de la economía; en la evaluación se tomaron en cuenta los insumos, productos y moderadores (Nasierowski y Arcelus, 2003). En otro estudio, de 27 países pertenecientes a la OCDE, se propuso una tipología que relaciona su nivel de desarrollo científico y tecnológico con la eficiencia de sus SNI; así, los países se clasificaron en: i) inventores, ii) comerciantes de tecnología, iii) académicos y iv) ineficientes (Lee y Park, 2005).

A estas propuestas iniciales se sumaron otras investigaciones, una de las cuales fue un estudio de 23 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y 17 que no pertenecían a dicha organización; en ella se clasificaron los insumos como de capital y de trabajo, y se consideró como moderador

central al sistema educativo (Ta-Wei, 2007, 2010). En otra, se dividió a los insumos en tres dimensiones: conductores de la innovación, creadores de conocimiento e innovación y creadores de emprendimiento; los productos se clasificaron en dos dimensiones: aplicaciones y propiedad intelectual; y, finalmente, los países se clasificaron por su eficiencia en innovación: líderes, seguidores, moderados y convergentes (Hollanders y Celikel, 2007).

Un estudio de la posición de los países emergentes Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS) con respecto a los líderes, encuentra heterogeneidad en la eficiencia relativa en este grupo de países (BRICS) y discute sobre los posibles factores que la determinan. Los posibles determinantes son estos: la infraestructura en TIC, la investigación empresarial, el ambiente de mercado, el papel del gobierno, el sistema educativo, las economías de escala, la dotación de recursos naturales y la dependencia externa (Cai, 2011; Cai y Hanley, 2012).

En razón de la importancia que se ha atribuido al progreso tecnológico y a la innovación como fuentes del crecimiento y desarrollo económico, esta investigación se inscribe en el esfuerzo de dar continuidad a la aplicación del Data Envelopment Analysis (DEA), para identificar los índices relativos de eficiencia de los sistemas nacionales de innovación de países de Iberoamérica. Por lo general, los estudios sobre el tema se han centrado en estimar si el sistema en su conjunto es o no eficiente. En tal sentido, se considera que un SNI es una red de instituciones del sector público y del sector privado cuyas actividades e interacciones inician, importan y difunden nuevas tecnologías (Freeman, 1987; Whitley, 2001), y que además incluyen el uso de conocimiento nuevo y económicamente útil (Lundvall, 1992; Bonilla et al., 2018).

En consecuencia, en este estudio, el análisis de este índice permite comparar internacionalmente la eficiencia relativa de los SNI de la región iberoamericana. Una evaluación de esta naturaleza puede ser muy útil para la toma de decisiones en materia de política pública en materia de ciencia y tecnología que tienda a mejorar el desempeño de los SNI que presentan mayores rezagos en materia de eficiencia. Con base en la evaluación relativa de los SNI, se plantea la pregunta: ¿Cuál es la eficiencia relativa de los SNI de los países de Iberoamérica? A manera de hipótesis, se espera que los países estudiados con mayores recursos obtengan mayores índices de eficiencia relativa que aquellos que destinan menores recursos. En la siguiente sección se detalla la metodología empleada, para posteriormente pasar a los resultados y a su discusión. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como las referencias citadas en el documento.

2. METODOLOGÍA

El Data Envelopment Analysis (DEA) es una herramienta para evaluar el rendimiento relativo de un conjunto de unidades tomadoras de decisiones (UTD) que utilizan una variedad de insumos (medios) para obtener una determinada producción de bienes y servicios (fines). La herramienta toma como referencia las UTD más eficientes, a las cuales les asigna un índice de eficiencia de uno, y evalúa el desempeño relativo de las menos eficientes cuyos resultados toman valores entre cero y uno. Esta metodología se sustenta en una serie de supuestos básicos: 1) Las UTD que se comparan operan homogéneamente: reciben los mismos insumos y producen los mismos productos, aunque en cantidades diferentes.

El concepto de eficiencia relativa implica que, si una UTD eficiente es capaz de producir x unidades de producto con y unidades de insumo, las otras UTD deberían también ser capaces de hacerlo si operaran eficientemente. 2) La eficiencia de cada UTD se mide con la tasa que resulta de la suma de productos ponderados entre la suma de insumos ponderados. Esta tasa es un número entre cero y uno. 3) En DEA, los ponderadores de insumos y productos no se conocen por anticipado y no son los mismos para las distintas UTD. Son calculados para que sean los más favorables para cada UTD. 4) Las UTD que tienen un índice de eficiencia menor a la unidad, no están en la frontera de eficiencia y son envueltas por la misma (de aquí el nombre de Análisis Envoltente de Datos).

Es decir, la frontera de eficiencia es la base de la medición de la eficiencia relativa. 5) Un par eficiente de una UTD ineficiente es su unidad modelo. A partir de la posición de la ineficiente, su modelo es la UTD más cercana que se encuentra en la frontera de eficiencia. Los pares eficientes son guía y objetivo por alcanzar para las UTD ineficientes. Entonces, la eficiencia en DEA se expresa como una tasa de productos entre insumos. Las UTD más eficientes tienen mayores tasas producto/insumo y se encuentran sobre la frontera de eficiencia. El índice de eficiencia es igual a la unidad a lo largo de toda la frontera, la cual envuelve los datos disponibles (Ramanathan, 2003).

Las UTD que se encuentran sobre la frontera son las más eficientes con los datos disponibles; pero los datos no ofrecen señales de en qué medida las UTD eficientes pueden mejorar su desempeño. El desempeño de las otras UTD se evalúa en relación con el desempeño de las más eficientes. Así, se obtienen eficiencias relativas, no absolutas. El modelo DEA, sus principales supuestos son débiles y se cumplen para cualquier tecnología cuasi-cóncava, a saber: 1) Las combinaciones insumo-producto

(x, y) reales observadas son factibles, 2) El conjunto de posibilidades de producción es convexo, 3) Las UTD pueden disponer libremente (eliminar sin costo) de sus insumos y productos, 4) Si existen rendimientos constantes a escala y un plan de producción (x,y) factible, entonces para cualquier $k \geq 0$, (kx,ky) también es factible (Ray, 2004).

El software que se utilizó en esta investigación fue el XLDEA 2.1 (Productivity Tools, 2009), bajo un modelo producto orientado. Generalmente dicho modelo se presenta en dos fases: Fase 1. Maximización del inverso del índice de eficiencia de las UTD de la muestra o población, y Fase 2. Maximización de los valores de las variables de holgura, donde una variable de holgura en un problema de optimización es una variable que se agrega a una restricción de desigualdad para transformarla en igualdad; la variable cumple con la restricción de no negatividad. Si la variable toma el valor cero, entonces, la variable es restrictiva. Si toma un valor positivo no es restrictiva y el sistema permite cambios de su posición inicial. En síntesis, en esta investigación solo se trabaja con resultados de la primera fase: con índices de eficiencia relativa y con ponderadores de pares eficientes.

La técnica DEA resulta pertinente para la medición de la eficiencia de los SNI porque sus estimaciones se realizan sobre la base de una serie de supuestos flexibles con respecto a los insumos y los productos utilizados en el ámbito de la innovación, lo cual permite construir una frontera de posibilidades de innovación. El Manual de Oslo ofrece una especiación sencilla sobre el tipo de conocimiento que se emplea en el proceso de innovación. Considera como nuevo al que difiere significativamente en sus características tecnológicas, o a los usos diferentes, que se le da a un producto ya existente. Esto incluye el uso de tecnologías radicalmente nuevas y la combinación de tecnologías existentes para un nuevo uso. El conocimiento mejorado, en términos de producto, es el que se actualiza de manera significativa, ya sea en un mejor desempeño o en un menor costo, lo cual incluye el uso de mejores materiales o componentes con mejor desempeño y el cambio en una parte del complejo técnico del sistema de un producto (OCDE-EUROSTAT, 2000).

3. RESULTADOS

La Universidad Estatal de Bolívar, está estructurada por 5 facultades; sin embargo, para el caso de estudio únicamente se tomó en consideración a los estudiantes que forman parte de la facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas, la misma que se encuentra conformada por las siguientes carreras: Educación Intercultural Bilingüe, Educación

Inicial, Pedagogía de las Ciencias Experimentales (Informática), Educación Básica y Pedagogía de las Ciencias Experimentales (Matemáticas y la Física).

Los cálculos realizados mediante la técnica DEA permiten obtener el Índice de eficiencia que mide la eficiencia con que operan los SNI que integran la región iberoamericana que son las economías de nuestra muestra de estudio. Este índice resulta de la relación insumo-producto de la innovación, en este sentido, se toma como insumo al Gasto en I+D del año 2018 y como producto a las patentes totales, ambos tomados de la base de datos de la RICYT. La muestra de estudio se compone de la siguiente lista de países: Argentina, Barbados, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, España, Guatemala, Guyana, Honduras, Haití, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Puerto Rico, Portugal, Paraguay, El Salvador, Trinidad y Tobago, Estados Unidos, Uruguay y Venezuela.

La región iberoamericana es un mosaico de realidades que presenta una heterogeneidad en sus riquezas naturales, humanas, culturales, entre otros. El norte, centro y sur, difieren en sus niveles de desarrollo y éste está estrechamente vinculado, no sólo con su dinámica económica y comercial sino con los recursos con los que cuenta en materia física e intelectual. En cada uno de los países, sea o no democrático su gobierno, es decir, que haya democracia o que sea un gobierno autoritario que simula una democracia, se llevan a cabo actividades científicas y de innovación que determinan las actividades productivas de la localidad. Sea una zona urbana e industrial o una zona rural campesina, las personas emplean las tecnologías para poder facilitar sus actividades extractivas, productivas y de comercialización.

Se considera que, en aquellas economías con mayores niveles de acervos de conocimientos científicos y tecnológicos, éstas experimentan una mayor creatividad y una mayor propensión al descubrimiento de nuevos conocimientos, conocimientos útiles, que aporten al desempeño económico y social, apegado a una premisa fundamental de que el conocimiento favorece un mayor nivel de bienestar. De ahí la intención de que las economías no sólo generen nuevos conocimientos al interior de sus fronteras, sino que éstas, a su vez, se encuentren abiertas y con una mayor apertura a los conocimientos que se comparten en el concierto internacional. El desplazamiento de la frontera tecnológica y de conocimiento al interior de cada nación, contribuye a que la frontera internacional de conocimientos se desplace incrementando así el acervo general de conocimientos que la humanidad va recolectando y acumulando continuamente.

Es bajo este panorama en el que, al estimar la eficiencia mediante el DEA, es posible obtener valores que nos

reflejan la eficiencia con que opera un SNI en relación a otro. Dentro de la muestra de estudio, las economías se separan de aquellas que se encuentran en la frontera con valores iguales a la unidad (1,000) a SNI que se encuentran en rezago en la eficiencia con la que manejan sus recursos (insumos/productos). En esta estimación no se presenta una economía con valores de 1,00, pero sí cercanos a este valor, lo que nos indicaría que serían las más cercanas a la eficiencia óptima. En un rango por encima de 0,900 se encuentran las economías líderes y potencia en la región, particularmente hablamos de Estados Unidos (0,981), España (0,952), Canadá (0,967) y Brasil (0,943). Estas economías no sólo se caracterizan por destinar mayores recursos a las actividades en Ciencia y Tecnología, sino que también son las principales economías que generan un mayor número de patentes al año.

Además de las economías líderes, se presenta un grupo que no es líder, sino que es seguidor pero que se encuentra por encima del promedio de desempeño eficiente, tal es el caso de Argentina (0,854), México (0,897) y Portugal (0,789). Estas economías cuentan con una estructura científica y tecnológica por encima del promedio, con instituciones educativas, científicas y tecnológicas que reflejan una madurez relativa y que les permite tener acceso a las nuevas tecnologías, descifrarlas/descodificarlas y, de esta manera, difundirlas y utilizarlas en la región. Es muy importante recordar que uno de los principales insumos de la generación de nuevos conocimientos es la difusión y, de cierta forma, ambas economías se ven favorecidas por las relaciones estrechas que guardan con occidente desde hace muchos años, para el caso de México con Estados Unidos y para el caso de Argentina con Europa, específicamente con Italia.

Un tercer grupo de economías y de SNI son aquellas que se encuentran en el promedio, es decir, que tienen un desempeño relativo en la región pero que no sobresalen frente a sus pares, el esfuerzo en ciencia y tecnología es necesario para estas economías, en ocasiones suelen presentar SNI desarticulados, con bajos niveles de estudio, particularmente de nivel terciario, de ahí la falta de generación de nuevos conocimientos y que también se ve reflejado en el escaso número de patentes. Dentro de este grupo de economías se encuentran: Chile (0,564), Colombia (0,523), Costa Rica (0,589), Cuba (0,512), Ecuador (0,515), Panamá (0,501), Perú (0,510), El Salvador (0,503) y Uruguay (0,533). Sin duda, en estas economías se ha realizado un gran esfuerzo por impulsar sus actividades de investigación y desarrollo (I+D), pero queda mucho por hacer, particularmente para acercarse a la frontera mundial de conocimientos.

Finalmente, un cuarto grupo de economías es el que se compone por SNI que en términos de su desarrollo es de los más bajos de la región, presentan, por lo general, crisis recurrentes no sólo económicas, sino políticas y sociales y

experimentan en su gran mayoría niveles de marginación y desigualdad muy elevados. Estas economías no han podido establecer las condiciones para una economía basada en el conocimiento, por lo regular, se encuentran enfocadas en actividades primarias-agrícolas, su estructura industrial es muy débil y en el sector servicios reportan bajos niveles de productividad y una alta informalidad. Para este grupo de economías, es primordial asegurar sus niveles mínimos de bienestar, por lo que se encuentran en una fase de desarrollo que no les ha permitido favorecerse del avance tecnológico ni científico de la región.

En estudios previos se ha documentado sobre las condiciones de desigualdad en América Latina, los orígenes de su retraso, la forma en que actualmente han sorteado la crisis sanitaria del COVID-19 y la urgencia de cambiar a un paradigma económico y social más digno, más humano y que privilegie la fraternidad entre naciones y la cooperación multilateral (Rojo y Bonilla, 2020). De la misma manera, se han abordado investigaciones que dan cuenta de la forma en que economías con niveles bajos de desarrollo pueden virar su condición y retomar sus áreas de oportunidad para poder salir de un esquema de baja productividad y de baja competitividad hasta llegar a un sistema de innovación articulado que privilegie la generación de nuevos conocimientos y les brinde a las economías un crecimiento económico sustentable y de largo plazo (Rojo et al., 2018).

Las economías con menores niveles de eficiencia para este ejercicio de estimación mediante el DEA fueron: Barbados (0,325), Bolivia (0,423), República Dominicana (0,459), Guatemala (0,447), Guyana (0,358), Honduras (0,389), Haití (0,298), Jamaica (0,301), Nicaragua (0,423), Puerto Rico (0,359), Paraguay (0,498), Trinidad y Tobago (0,398), y Venezuela (0,495). En estas economías se requiere de un mayor fortalecimiento en sus instituciones, particularmente aquellas que velan por la protección a los derechos de propiedad intelectual, además de impulsar el emprendimiento productivo e incentivar las actividades industriales formales.

En esta parte de la región iberoamericana se tiene una deuda con la educación, con la formación de posgraduados y particularmente con la generación de doctores en distintas disciplinas y campos de conocimiento, particularmente formados en ciencias básicas e ingenierías. Esta sinergia de recursos humanos, de infraestructura e intelectuales se puede llegar a unir con el aspecto social y cultural hasta llegar a una correspondencia entre los conocimientos generados y la utilidad de los mismos, provocando con ello mejorar la calidad y el nivel de vida de su población. En síntesis, las economías iberoamericanas presentan un desempeño desfavorable en materia de eficiencia al evaluar al SNI.

Sólo las economías de Brasil (0,943), Argentina (0,854) y México (0,897) reportan una eficiencia respetable, mientras que Estados Unidos (0,981) se coloca como líder en esta estimación de eficiencia, seguido de Canadá (0,967) y España (0,952).

4. DISCUSIÓN

El crecimiento económico de la región iberoamericana resulta ser no sustentable, tal y como lo muestra el índice de eficiencia del Sistema Nacional de Innovación. Como resultado de la relación de insumos y productos, es de notar que la generación de nuevo conocimiento y de innovación en la región iberoamericana es de los más bajos a nivel mundial. Por ejemplo, se sabe que las patentes que realizó Perú en el año 2016 fueron de 1,163, de las cuáles, 1,091 las realizaron no-residentes y únicamente 72 residentes del Perú. Esto refleja, entre otros aspectos, la frágil capacidad nacional de patentamiento. De la misma manera, lo refleja el coeficiente de invención (0,31), es decir, las patentes solicitadas por residentes por cada cien mil habitantes.

Estas debilidades del Sistema Nacional Peruano se replican en las demás economías de Iberoamérica, con ciertos matices. Este magro desempeño no sólo se refleja en los resultados o productos generados del nuevo conocimiento sino también de los recursos que se destinan, es decir, de los insumos en I+D. Por ejemplo, tomando como referente a Perú, el Gasto en I+D como porcentaje del PIB, el último dato de 2014 para el que se tiene disponibilidad, registra un 0.11%. De sobra esta decir que la OCDE recomienda un 1% para llevar adecuadamente las actividades científicas, tecnológicas y de innovación para países en desarrollo, lo cual, no se cumple para el caso del Perú. La participación de estos gastos es nula para el caso del sector privado, es decir, el grueso se lleva a cabo por el sector público y por las universidades.

Es importante hacer notar en qué tipo de actividades invierten, es decir, sabemos que son mínimos los recursos destinados, pero conviene saber hacia dónde se dirigen dichos recursos. De acuerdo con datos de la RICYT, para el año 2014, el 61,26% se destina a investigación científica, el 25,61 a investigación básica y el 13,13% restante a desarrollo experimental. Considerando que la investigación básica es la que tiene un mayor impacto en la generación de nuevo conocimiento, esto habla también del tipo de investigación que se realiza en el Perú. En términos de disciplinas científicas, la mayor parte se les destina a las ciencias naturales y exactas (35,86%), a la

ingeniería y tecnología (20,37%), a las ciencias sociales (20,36%) y a las ciencias agrícolas (12,23%). Mientras que, las que presentan mayor rezago en recursos para su investigación se encuentran las Ciencias Médicas (8,24%) y las humanidades (2,94%).

Convendría realizar una reflexión al respecto, considerando que en esta época de pandemia son precisamente las ciencias médicas y las humanidades las que han sacado la casta y han ayudado a más personas, es decir, son esenciales y de vital importancia para la vida y son también a las que menos recursos se les destinó. Pareciera que vivimos en un mundo al revés, convendría reestructurarlo y poner en su lugar a las disciplinas, es decir, invertir menos en ciencias que al final del día sirven a la industria minera y de la extracción, y menos al pueblo, y ayudar a las ciencias que sí ayudan a la salud y al bienestar de las personas de forma directa.

Iberoamérica cuenta con una población amplia donde poco más de la mitad se encuentra en edad económica y productiva, convendría aprovechar esta situación para educar a más personas en ciencia y tecnología y que esta población relativamente joven, por medio de mayor capital humano, contribuya aún más al producto interno bruto de la región. La inclusión y la inserción de cada vez más personas en el ámbito científico podría dar un giro a mayores niveles de bienestar en un futuro cercano, es decir, privilegiar la educación como la antesala de la generación del nuevo conocimiento y de la innovación y con ello del crecimiento a largo plazo. Estas medidas implicarían no sólo apoyar la educación en todos sus niveles, sino particularmente, los de tipo superior y posgrado, tanto en regiones rurales como urbanas.

Es mínimo el número de personas del que se tiene conocimiento que se dedican a la I+D en Iberoamérica cuando es comparable a nivel regional con Europa o Asia. En su mayoría, este personal está centralizado en universidades, esto llama la atención también para hacer un llamado en generar nuevas infraestructuras, del tipo de centros de investigación, laboratorios nacionales, entre otros, que permitan una mejor distribución de este personal vinculado al ámbito académico y a la docencia.

Además de infraestructura, se requiere que haya un apoyo a los recursos humanos destinados a la I+D, entre niveles educativos, a manera de una cadena en la que se incentive y se ayude a un técnico a lograr la meta y saltar al estudio de un posgrado. En el nivel más alto de estudios es en el que se genera nuevo conocimiento, si bien los demás grados son la base, el referente internacional en recursos humanos dedicados a la ciencia, resulta ser el número de doctores graduados. Conviene abrir la puerta a la nueva generación de doctores.

Un cambio generacional muy importante lo van a realizar las mujeres científicas, que en su mayoría se encuentran en organizaciones privadas sin fines de lucro y no como tal en el gobierno o las universidades. De la misma manera, esta reconversión se da cuando se observa que estas investigadoras se encuentran más en ciencias médicas, sociales y humanas, que en ciencias exactas, naturales e ingenierías. Hay un porcentaje elevado con doctorado, aunque aun así sigue siendo muy bajo, la mayoría de ellas se encuentra en el personal con educación terciaria no universitaria. Las mujeres son una promesa para la región, por su juventud y su capacidad.

Al parecer, la región padece de una debilidad institucional y de escasez de recursos que se destinan al SNI. Esto se puede superar, por un lado, con un mayor destino de recursos monetarios, humanos y de infraestructura, y, por otro lado, con un mayor refuerzo institucional mediante leyes, normas y reglamentos que regulen las actividades de ciencia y tecnología y que incentiven la generación del nuevo conocimiento. Este reforzamiento institucional tiene que tener una visión de integrar los elementos del sistema ya de por sí desarticulado e ineficiente. Convendría que cada uno de los agentes que intervienen (empresa, universidad, gobierno, entre otros.) lo entendieran y que de manera conjunta elaboraran una política científica y tecnológica para poder fortalecer al sistema a nivel local y regional y que éste sea competitivo y a la altura de los tiempos actuales.

Identificar las necesidades en ciencia y tecnología es vital para poder impulsar las actividades que den resultados y que estos resultados se evalúen y se difundan. Una mayor promoción y difusión de los buenos resultados en ciencia se requiere en la región, difundir los buenos resultados y medir este impacto es necesario, ya que el conocimiento sale de las aulas y de los centros de investigación y llega a la sociedad; que se cree una cultura de la ciencia y del conocimiento que mejore la percepción de la labor de los científicos y científicas iberoamericanos a favor no sólo del crecimiento económico sino del bienestar de las personas. Esta relación entre ciencia y sociedad se ha perdido, pero se puede resarcir virando los proyectos, no tanto a favorecer los productos o procesos de una extracción de los recursos, sino dirigir los proyectos de investigación a ayudar a la gente, por ejemplo, a erradicar el grave problema de desigualdad y de pobreza en gran parte de nuestros países hermanos.

Se requiere universidades libres, que no se encuentren vinculadas a la corrupción o serviciales al poder del dinero, universidades más soberanas, apoyadas por el propio gobierno y por organismos internacionales, para que dirijan su conocimiento a mejorar la vida las personas más

allá de atender intereses privados o político-empresariales. Una ciencia más social y humana, que atienda prioridades del progreso de las comunidades y no del capital privado. Universidades que busquen la protección y no la extracción de nuestros recursos, que busque la vida y no la muerte, que ayuden a la sociedad y no al capitalista financiero y extranjero. El conocimiento sirve para ayudar a los demás, para proteger no para dañar.

Universidades con debilidades estructurales y en algunos casos captadas por la industria minera, empresas extractivas sin responsabilidad social y un gobierno corrupto e ineficiente, se suman a la explicación del por qué en algunos países no podrían reflejar un crecimiento económico sustentable en el corto plazo. Estas falencias de los SNI en Iberoamérica se podrían superar, entre otras iniciativas, con una mayor vinculación entre sus elementos del propio sistema y de este sistema con otros que también operan en el concierto internacional de la innovación, por ejemplo, la vinculación con otros centros de investigación del extranjero, trabajar de manera conjunta en proyectos en común con universidades de Europa, Asia, entre otros, con organismos internacionales y con apoyo de recursos de asociaciones internacionales sin fines de lucro.

5. CONCLUSIONES

Un sistema nacional de innovación es un entramado institucional que favorece el diseño y operación de políticas de fomento y desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas que incentiven la innovación y, por lo tanto, que impulsan el desarrollo económico y el bienestar social de un país. El SNI de cada nación tiene las particularidades que determinan sus instituciones y sus interacciones entre las diferentes organizaciones y agentes (firmas, universidades, institutos y agencias o instituciones gubernamentales relacionados con la innovación). No obstante, existe consenso en la literatura especializada acerca de los principales indicadores que dan cuenta del esfuerzo que cada nación realiza y de los resultados que se obtienen en innovación.

En tal sentido, en este estudio se planteó evaluar comparativamente la eficiencia relativa de los SNI en Iberoamérica, utilizando la metodología DEA. La estimación del índice de eficiencia ofrece la oportunidad de realizar una evaluación con información referente al uso y manejo de insumos y productos del conocimiento. Información más rica que facilita a los tomadores de decisiones un análisis más adecuado de las fortalezas y debilidades del sistema y, con ello, dirigir mejor sus

esfuerzos de elaboración y aplicación de política pública en materia de ciencia, tecnología e innovación.

La diversidad de los SNI de los países de Iberoamérica se debe a diferencias en los recursos invertidos en innovación. En consecuencia, los índices de eficiencia muestran que países con SNI eficientes destinan mayores recursos a la I+D como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) y a la formación de recursos humanos; cuyas empresas tienen una mayor participación en el gasto en I+D, y que desarrollan un entorno institucional con políticas que fomentan las sinergias favorables para el desarrollo de capacidades tecnológicas y científicas, son países cuyos SNI son más eficientes en la creación de innovación.

6. RECOMENDACIONES

En consecuencia, las debilidades de los SNI ineficientes se encuentran en la generación de nuevo conocimiento. Una alternativa para estas debilidades radica en la canalización de una mayor cantidad de los insumos físicos y humanos especificados en los modelos de creación y utilización de la innovación, así como en la promoción de una mayor y mejor interacción entre las instituciones y las organizaciones (agentes) involucradas en el logro de los objetivos centrales de los SNI. Los índices de eficiencia relativa estimados nos conducen a plantear que el SNI de México, por ejemplo, debe mejorar sus métodos y prácticas de generación de innovación. Tomando como modelo la experiencia del SNI de Estados Unidos, es posible que México aumente el producto del sistema en la creación de innovación con los insumos que cuenta.

REFERENCIAS

- Bonilla, D., Salinas, D., Lalaleo, F., y Velastegui, S. (2018). Marketing estratégico en redes sociales de las organizaciones. Un abordaje 360°. *Ciencia y Tecnología*, 1(16), 1-19. <http://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec/revista/index.php/cienciaytecnologia/article/view/154>
- Cai, Y. (2011). Factors Affecting the Efficiency of the BRICs' National Innovation Systems: A Comparative Study based on DEA and. *Economics Discussion Papers*, 52. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/52679/1/678795460.pdf>
- Caia, Y., y Hanley, A. (2012). Building BRICS: 2-Stage DEA analysis of RyD Efficiency. *Kiel Institute for the World Economy (IfW)*. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/64832/1/726709077.pdf>
- Charnes, A., Cooper, W.W., y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operation Research*. 2 (6). [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Freeman, Ch. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers. https://books.google.com.ec/books/about/Technology_Policy_and_Economic_Performan.html?id=rA20AAAIAAJ&redir_esc=y

El SNI de Estados Unidos es uno de los líderes en innovación y con este país mantenemos no solo una relación como potencia en la región, sino amplios vínculos económicos y comerciales, refrendados en el T-MEC en sustitución del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), para el caso de México. En consecuencia, un mayor esfuerzo de México en Investigación y Desarrollo (I+D) en educación, en la mejora del diseño de las instituciones relacionadas con la innovación, así como con los vínculos entre empresas y de las empresas con las instituciones de educación superior y de investigación, pueden propiciar mayor absorción del conocimiento tecnológico proveniente de la Inversión Extranjera Directa (IED), los flujos comerciales del T-MEC y las derramas tecnológicas que se originen.

De este estudio comparativo se desprende que en México, como en las demás economías, por ejemplo, es necesario mejorar la infraestructura tecnológica —el acceso a internet en las escuelas, la calidad del suministro de energía, la disponibilidad de capital de riesgo, el número de usuarios de internet, las líneas de telefonía fija por cada cien habitantes y la suscripción en telefonía móvil por cada mil habitantes, así como orientar con mayor claridad las decisiones de contratación pública para fomentar la innovación tecnológica si se desea aumentar la eficiencia en la utilización de las innovaciones.

7. CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declararon que no tienen ningún conflicto de interés.

- Hollanders, H., y Celikel, E. (2007). Measuring innovation efficiency, European Commission. European Innovation Scoreboard. <https://cris.maastrichtuniversity.nl/ws/portalfiles/portal/1522179/guid-46a68016-6c74-4576-b337-e00c41715756-ASSET1.0.pdf>
- Lee, H., y Park, Y. (2005) An International Comparison of RyD Efficiency: DEA Approach, *Asian Journal of Technology Innovation* 13(2), 207-222. <https://doi.org/10.1080/19761597.2005.9668614>
- Lundvall, B. (1992). *National Systems of Innovations* Pinter, London.
- Nasierowski, W., y Arcelus F. (2003). On the efficiency of national innovation systems, *Socio-Economic Planning Sciences*, 37 (3). 215-34. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(02\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(02)00046-0)
- OCDE-EUROSTAT. (2000). *Manual de Oslo. Medición de las actividades científicas y tecnológicas: Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica*, IPN-CIECAS, México.
- Ray, S. (2004). *Data Envelopment Analysis. Theory and Techniques for Economics and Operations Research*, Cambridge University Press, UK.
- Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis. A tool for performance measurement*, Sage Publication, India.
- Rojo, M., y Bonilla, D. (2020). COVID-19: La necesidad de un cambio de paradigma económico y social. *CienciAmérica*, 9(2), 77. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i2.288>
- Rojo, M., Bonilla, D., y Masaquiza, C. (2018). El desarrollo de nuevos productos y su impacto en la producción: caso de estudio BH CONSULTORES. *Technological Innovation*, 10(1), 134-142. https://doi.org/10.1142/9789811211461_0008
- Ta-Wei, P. (2007). Measuring the Efficiency of National Innovation System, *The American Academy of Business Journal*, Cambridge. 11 (2). https://www.researchgate.net/publication/255485735_Measuring_National_Innovation_Systems_Efficiency_-_A_Review_of_DEA_Approach
- Whitley, R. (2001). National Innovation Systems. *International Encyclopedia of the Social y Behavioral Sciences*, Elsevier Science. <https://www.elsevier.com/books/international-encyclopedia-of-the-social-and-behavioral-sciences/wright/978-0-08-097086-8>

