

Propuesta de modelo para la evaluación de la eficiencia de la actividad científica a niveles nacionales

Dr. Francisco Martínez Luzardo
Dr. Jesús Alberto Chía Garzón
Dr. Rolando Quert Álvarez
Dr. Yuri Aguilera Corrales
Dr. Fernando Guzmán Martínez
Dr. Oscar Rodríguez Hoyos
MsC. Leonardo Cruz Cabrera

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de las relaciones que se establecen entre los indicadores que miden los impactos de la actividad científica, en el desarrollo de las sociedades humanas. Se evalúan los de mayor significación, usando técnicas del análisis estadístico multivariado como el cluster y el análisis de correlaciones canónicas. A partir del estudio realizado se desarrolló y probó un nuevo índice, que se ha denominado «Índice de Eficiencia Científica», el cual propone un modelo predictivo del comportamiento de cada país usando la regresión múltiple. Este modelo, luego de ser validado suficientemente, permitirá seguir el comportamiento de la eficiencia de los resultados científicos anuales con que cada país trabaja, teniendo en cuenta las relaciones entre las inversiones realizadas en ciencia y tecnología y la formación de nuevos científicos.

Palabras clave: evaluación de la ciencia, evaluación de la tecnología, indicadores de ciencia y tecnología

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the relations established among the indicators that measure the impact of the scientific activity in the development of human societies. The ones having more significance are evaluated, using multivariate statistical analysis techniques such as the cluster and the analysis of canonical correlations. From this study, a new index was developed and tested, such index having been named «Scientific Efficiency Index», which proposes a predictive model for the behavior of each country that uses multiple regression. After being sufficiently validated, this model will make it possible to follow up the behavior of the efficiency of the annual scientific results each country works with, taking into account the relations among universities concerning science and technology as well as training of new scientists.

Keywords: evaluation of science, evaluation of technology, science and technology indicators.

Introducción

Se han publicado muchos trabajos relacionados con los indicadores de la ciencia, la tecnología y la innovación. Han sido variados los criterios para conocer y estudiar el comportamiento de la actividad científica desde el punto de vista internacional. Aún no se dispone de un conjunto de indicadores globales y normalizados que permitan valorar el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y, que al mismo tiempo, alcancen amplio consenso en la caracterización de la situación de un

país que permitan realizar comparaciones internacionales, como sí ocurre con los indicadores para medir los recursos en la ciencia o la producción científica (Estébanez, 2004). Un esfuerzo en este sentido lo realiza la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) que en su sitio Web, en Internet, publica 47 indicadores que tienen identificados a 26 países, de ellos 24 de las Américas, incluyendo a los Estados Unidos de América y Canadá; así como España y Portugal de Europa.

Igualmente se reportan indicadores para medir los impactos de la ciencia en la sociedad, a través del análisis detallado de la producción, calidad de patentes (Schankerman, 2004), así como las marcas como indicador de la innovación tecnológica (González Hernández y Romeo Lameiras, 2007); todavía existe una gran controversia sobre la medición de las salidas, de manera que estas reflejen verdaderamente los resultados alcanzados.

Sin embargo, los aspectos relativos a la medición de los impactos de la actividad científica y su influencia en el desarrollo de las sociedades, es un problema sobre el cual muchas instituciones y autores trabajan en la actualidad.

La Comisión Económica para América Latina CEPAL (2007), en su sitio Web, señala que el primer documento que reúne una serie de lineamientos para la medición de la innovación es el Manual de Frascati de 1963; este informe se focalizó en la importancia del gasto en investigación y desarrollo (I+D) como elemento determinante para medir la innovación. El Manual de Frascati define al gasto I+D como aquel que comprende tanto la producción de nuevo conocimiento como las nuevas aplicaciones del conocimiento, se incluye el trabajo creativo emprendido sistemáticamente para incrementar el acervo de conocimientos y el uso de estos para concebir nuevas aplicaciones. Desde su creación, el Manual de Frascati, ha sido revisado en cinco ocasiones y cuenta con otras tantas ediciones (1970, 1976, 1981, 1993 y 2002) (García Díaz y Sotolongo Aguilar, 1997; FECYT, 2003).

El primer documento que trata de responder a la exigencia de desarrollar lineamientos para la medición de la innovación y que básicamente sigue el marco teórico de estos autores es el Manual de Oslo de 1992, que contiene una serie de recomendaciones para la medición de la innovación y marca un punto de inflexión en la forma de medir la innovación (Grupo Tragsa, 2006).

Rovira (2007) expone la evolución de la calidad de la medición de la innovación en la que resume las etapas de la evolución de este problema, destacando, en primer lugar, el surgimiento del manual de Frascati en 1963; posteriormente, el manual de Oslo en 1992; el Manual de Canberra en el año 1995 y más recientemente el Manual de Bogotá en el 2001.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado resulta obvio que la medición del impacto de la ciencia y la innovación sigue siendo un problema no resuelto y

muy complejo, al mismo tiempo es necesario contar con formas de medición de la evolución de esos impactos, de manera que los países puedan aprovechar, de una manera más efectiva, los recursos que se destinan a la ciencia y que los resultados se correspondan con las inversiones realizadas. Es por lo anterior que los autores decidieron que el objetivo del presente trabajo fuera determinar y proponer un índice que permitiera evaluar, de manera integrada, la eficiencia de la actividad científica de distintos países, a partir de algunos de los indicadores que reporta actualmente la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), en correspondencia con las conclusiones del Sexto Taller de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericano e Interamericano (2005); como una modesta contribución que permita dar nuevos pasos en la solución del problema planteado, a través de la cooperación internacional liderada por la RICYT.

Métodos experimentales

Los datos básicos para la realización de toda la investigación fueron tomados de la base de datos disponible en el sitio Web en Internet de la RICYT, en el período comprendido desde el año 1990 hasta el año 2004 (RICYT, 2009).

Para darle cumplimiento a los objetivos del trabajo, en primer lugar, se realizó un análisis exhaustivo de la disponibilidad de los datos, seleccionando los países que tuvieran mayor completamiento de la información de todos los indicadores. A partir de este análisis se decidió seleccionar para el estudio los países que se mencionan a continuación: Argentina, Brasil, Canadá, Colombia, Cuba, España, Estados Unidos de América, México y Portugal.

Por otra parte, mediante el análisis de la matriz de correlaciones totales de todos los indicadores que reporta la RICYT y partiendo del criterio de mayores coeficientes de correlación significativa, se seleccionaron y modificaron para el estudio los siete que se relacionan a continuación: gastos del PIB en ciencia y tecnología por investigadores; doctores en Ciencias de determinada especialidad, graduados por año; maestros en Ciencias, graduados por año; graduados universitarios por año; todos los coeficientes relacionados anteriormente se tasan por cada 1000 habitantes de la población económicamente activa y las publicaciones, cada 1000 millones del PIB, así como las publicaciones reportadas para 100 investigadores. Estos dos últimos indicadores tomados específicamente de los reportes de «Science Citation Index» (SCI), en el sitio mencionado de la RICYT.

A partir de las variables seleccionadas se realizaron análisis de clasificación jerárquica, primero comparando la agrupación por países y luego determinando las similitudes por variables o indicadores seleccionados. También se realizó un análisis para cada país con las siete variables seleccionadas y un análisis integral, teniendo en cuenta el promedio de los 15 años estudiados para cada variable por países. Se realizó una estandarización de los datos para eliminar el sesgo producido por las diferentes unidades y dimensión de las cifras comparadas. Estos datos fueron analizados mediante un análisis del cluster y también un análisis de la matriz integral de correlaciones.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se realizó la búsqueda de un índice que permitiera representar la evaluación del comportamiento de cada país, relacionando el capital invertido en la ciencia con los resultados obtenidos en la formación de capital humano y las publicaciones científicas. Una vez definido el índice mencionado se desarrolló el modelo predictivo, usando la técnica de regresión múltiple de la estadística multivariada.

Todo el análisis estadístico se realizó usando el paquete estadístico SPSS para Windows, en su versión 11.5.

Resultados y discusión

Como se puede apreciar, en la tabla 1, se muestra el promedio de los resultados de los indicadores por países a partir de los datos que reporta la base de datos de la RICYT, con la particularidad de que el reporte de la Red no considera, de manera específica, la primera variable, pues ofrece los gastos en ciencia y tecnología en relación al PIB y los gastos en ciencia y tecnología por habitante separadamente, por lo que se consideró hacer una modificación consistente en

Gastos del PIB en ciencia y tecnología por habitante como un solo indicador. Por otra parte, también se modificaron los indicadores reportados de titulados de grado, de maestría y de doctorados; por Doctores en Ciencias de determinada especialidad, graduados por año; maestros en Ciencias graduados por año; graduados universitarios; tasados todos por cada 1000 habitantes de la población económicamente activa como se mencionó en el acápite anterior de métodos. Las otras tres variables fueron tomadas tal y como lo reporta la Red.

El primer análisis de clasificación jerárquica practicado al comparar el comportamiento de los siete indicadores estudiados y reportados en la tabla 1, se muestra en la figura 1. Como se puede observar, el país con los mejores resultados integrales es Canadá, luego hay clusters sucesivos que comienzan con los Estados Unidos de América y España; aunque esta última forma un cluster con otros seis países que entre sí forman otros cuatro. De estos últimos se puede apreciar que Argentina y Brasil forman un cluster que a su vez forma otro con Portugal, mientras Colombia y Cuba forman un tercer cluster que de conjunto con México forman el cuarto.

El primer análisis de clasificación jerárquica practicado al comparar el comportamiento de los siete indicadores estudiados y reportados en la tabla 1, se muestra en la figura 1. Como se puede observar el país con los mejores resultados integrales es Canadá, luego hay clusters sucesivos que comienzan con los Estados Unidos de América y España; aunque esta última forma un cluster con otros seis países que entre sí forman otros cuatro. De estos últimos se puede apreciar que Argentina y Brasil forman un cluster que a su vez forma otro con Portugal, mientras Colombia y Cuba forman un tercer cluster que de conjunto con México forman el cuarto.

Tabla 1. promedio de 15 años de los indicadores en estudio en el período desde 1990 hasta el año 2004.

País	G C yT/ PIB/hab.	Inv/1000 hab. pea	Doct/año/ 1000 hab. pea	Maest/año/ 1000 hab. pea	Univ/1000 hab. pea	Publ/1000 millones PIB	Publ/100 investig.
Argentina	0,030	2,816	0,040	0,205	3,575	20,347	12,375
Brasil	0,049	1,41	0,051	0,402	4,143	17,60	12,14
Canadá	0,40	5,903	0,24	1,405	8,272	56,627	41,347
Colombia	0,035	0,344	0,007	0,091	4,376	6,66	9,989
Cuba	0,02	1,198	0,061	0,13	5,082	11,98	8,467
España	0,14	6,235	0,164	0,058	0,635	34,587	18,736
EUA	0,8	13,97	0,091	0,386	1,326	8,169	12,733
México	0,02	0,60	0,004	0,016	0,095	8,88	19,878
Portugal	0,07	4,679	0,029	0,04	0,334	23,247	10,829

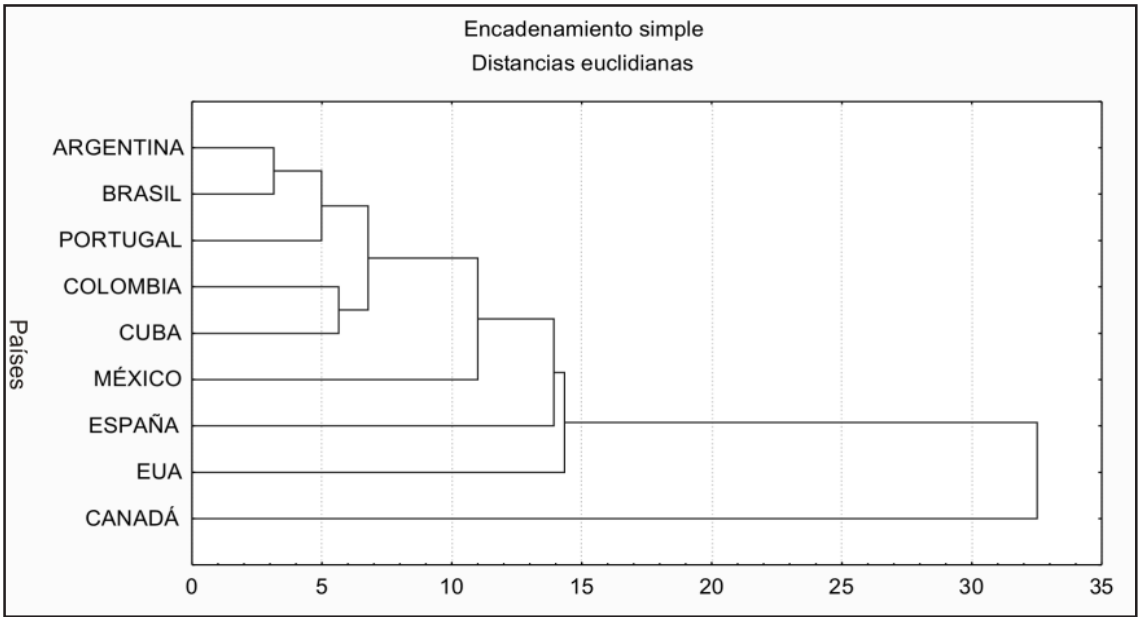


Fig. 1. Similitudes encontradas por países al comparar los siete indicadores en estudio de manera integral.

En el caso de los indicadores que fueron estudiados, el comportamiento de las similitudes se puede apreciar en la figura 2. Como se puede observar se destaca un cluster que se separa de los demás, formado por publicaciones por cada 1000 millones del PIB, con el indicador de publicaciones cada 100 investigadores. Se obtuvo también un gran cluster integrado por cuatro cluster donde se destacan las relaciones de similitud entre gastos del PIB en ciencia y tecnología

por habitante, con la formación de doctores en ciencias por 1000 habitantes de la población económicamente activa y, este a su vez, con la formación de maestros en ciencias por 1000 habitantes de la población económicamente activa; después este cluster se une a los universitarios graduados y a su vez con el número de investigadores por mil habitantes de la población económicamente activa.

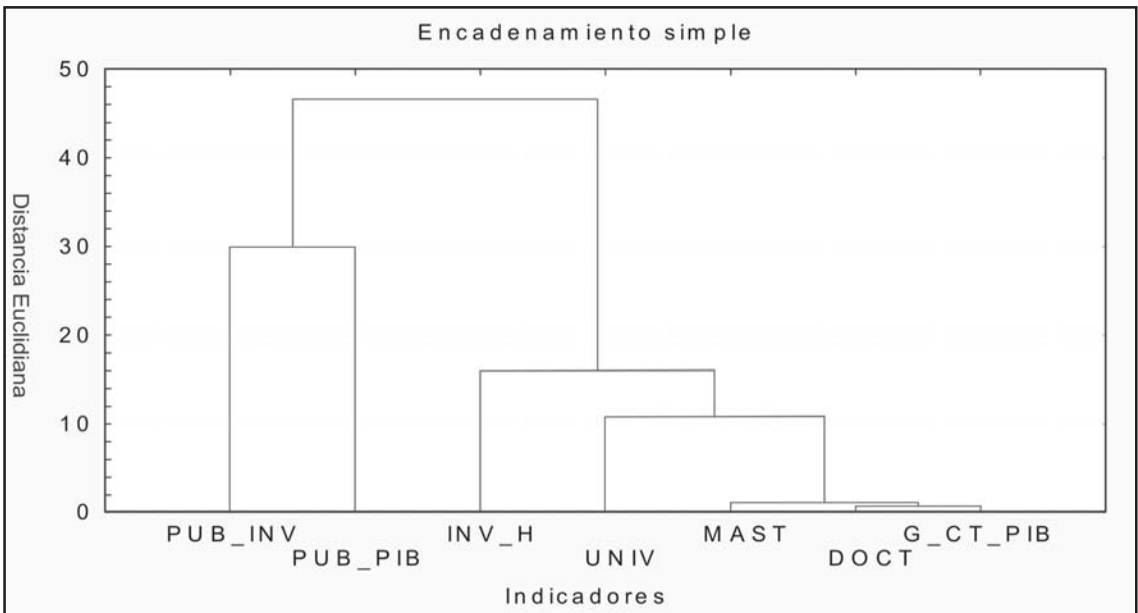


Fig. 2. Similitudes encontradas entre los siete indicadores estudiados.

Al analizar las correlaciones entre las siete variables (indicadores) estudiadas se aprecian resultados interesantes (ver tabla 2). Los gastos en ciencia y tecnología sólo presentaron una correlación significativa con los investigadores por mil habitantes de la población económicamente activa. En el caso de la formación de doctores presentó una correlación significativa con la formación de maestros en ciencias y los dos indicadores relacionados con las publicaciones. Mientras tanto, la formación de maestros en ciencias presentó correlaciones significativas con la de doctores, con la formación de universitarios y los dos indicadores de las publicaciones.

En el trabajo de investigación del índice buscado, se hizo una modificación de la variable «publicaciones por 100 investigadores» y se cambió por «publicaciones por investigador». Se consideró el número de graduados universitarios por año de cada 1000 habitantes de la población económicamente activa, debido a que sólo

presentó una correlación significativa con la formación de maestros en ciencias. Después de esta transformación se desarrolló el *Índice de Eficiencia Científica de un país* (IECp), que resultó igual al logaritmo base 10 del producto de los seis indicadores estudiados, según la expresión que se muestra a continuación:

$$IECp_{(calculado)} = \text{Log} (GCTPIBH * IHp * DHP * MHP * PPIB * Pln) (1)$$

Donde:

GCTPIBH - Gastos del PIB en ciencia y tecnología por habitante

IHp - Investigadores por cada 1000 habitantes de la población económicamente activa

DHP - Doctores en Ciencias de determinada especialidad graduados por año cada 1000 habitantes de la población económicamente activa

Tabla 2. Matriz de correlaciones de los siete indicadores estudiados.

		G CyT PIB H	Inv. mil Hab. pea	Doc. año mil Hab. pea	MsC. año mil Hab. pea	Univ. mil Hab. pea	Pub. mil millón PIB	Pub.100 Inv. PIB
G CyT PIB H	Correlación de Pearson	1	,930(**)	,481	,475	,037	,150	,305
	Sig. (bilateral)	.	,000	,190	,196	,925	,700	,425
	N	9	9	9	9	9	9	9
Inv. mil Hab. pea	Correlación de Pearson	,930(**)	1	,470	,284	-,196	,181	,177
	Sig. (bilateral)	,000	.	,202	,458	,613	,642	,648
	N	9	9	9	9	9	9	9
Doc. año mil Hab. pea	Correlación de Pearson	,481	,470	1	,773(*)	,462	,877(**)	,797(*)
	Sig. (bilateral)	,190	,202	.	,015	,211	,002	,010
	N	9	9	9	9	9	9	9
Mast año mil Hab pea	Correlación de Pearson	,475	,284	,773(*)	1	,754(*)	,749(*)	,840(**)
	Sig. (bilateral)	,196	,458	,015	.	,019	,020	,005
	N	9	9	9	9	9	9	9
Univ. mil Hab. pea	Correlación de Pearson	,037	-,196	,462	,754(*)	1	,466	,472
	Sig. (bilateral)	,925	,613	,211	,019	.	,206	,199
	N	9	9	9	9	9	9	9
Pub. mil millón PIB	Correlación de Pearson	,150	,181	,877(**)	,749(*)	,466	1	,838(**)
	Sig. (bilateral)	,700	,642	,002	,020	,206	.	,005
	N	9	9	9	9	9	9	9
Pub. 100 Inv.	Correlación de Pearson	,305	,177	,797(*)	,840(**)	,472	,838(**)	1
	Sig. (bilateral)	,425	,648	,010	,005	,199	,005	.
	N	9	9	9	9	9	9	9

MHp - Maestros en Ciencias graduados por año cada 1000 habitantes de la población económicamente activa

PPIB - Publicaciones cada 1000 millones del PIB (SCI)

PIIn - Publicaciones por investigador (SCI)

Para el desarrollo del modelo se estableció como variable dependiente el ICEp y variables independientes los seis indicadores estudiados. Los resultados del análisis de regresión múltiple se muestran en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3. Resumen del modelo.

Modelo	R	R Cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,998(a)	,996	,984	,26384

a:
Variables predictoras: (Constante), Publ/ Inv, Mast/año 1000 h pea, Inv/1000 h pea, Publ/1000 millón PIB, Doct/año/1000 h pea, Gast CT/PIB/h

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza del modelo.

Modelo	R	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	34,908	6	5,818	83,577	,012(a)
	Residual	,139	2	,070		
	Total	35,047	8			

a:
Variables predictoras: (Constante), Publ/ Inv, Mast/año 1000 h pea, Inv/1000 h pea, Publ/1000 millón PIB, Doct/año/1000 h pea, Gast CT/PIB/h

b:
Variable dependiente: IECp

Tabla 5. Coeficientes del modelo obtenido.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
(2)	(Constante)	-5,086	,346		-14,694	,005
	Gast CT/PIB/h	-23,092	3,471	-2,914	-6,652	,022
	Inv./1000 h pea	1,386	,180	2,860	7,718	,016
	Doct./año/1000 h pea	20,745	4,410	,777	4,704	,042
	Mast/año 1000 h pea	8,127	1,104	1,697	7,359	,018
	Publ./1000 millón PIB	-,167	,033	-1,281	-4,992	,038
	Publ./ Inv.	1,194	,394	,195	3,030	,094

a:
Variable dependiente: IECp

Como se puede apreciar en la tabla 3, el coeficiente de determinación (R^2) mostró que el modelo explica el 99.6% de dependencia del ICEp, lo cual confirma la alta correlación encontrada.

Por otra parte la tabla 4 muestra los resultados del análisis de varianza del modelo, donde se evidencia la alta significación de la regresión desarrollada. Mientras en la tabla 5 se muestran los coeficientes del modelo.

Con el propósito de validar el modelo obtenido se realizó una prueba de Chi cuadrado (χ^2), donde se compararon los resultados del ICEp calculado a partir de los promedios de los datos reportados por la RICYT y los obtenidos por el modelo desarrollado (ver tabla 6). Como se observa en la tabla 6 el ICEp puede tomar valores negativos y positivos. Los países que obtengan valores negativos altos tendrán los peores resultados, mientras que en la medida que se obtengan valores del ICEp cercanos a cero, o estos alcancen valores positivos, el país analizado tendrá un mejor comportamiento en cuanto a la eficiencia con que usa el capital invertido en ciencia y tecnología en relación con los resultados alcanzados en la formación de investigadores, doctores, máster y las publicaciones científicas por investigadores.

En el caso de los países seleccionados resulta evidente que Canadá es el país con mejores resultados, seguido de los EUA, luego España y así sucesivamente.

$$ICEp_{(modelo)} = -5,086 - 23,092 (GCTPIBH) + 1,386 (IH_p) + 20,745 (DH_p) + 8,127 (MH_p) - 0,167 (PPIB) + 1,194 (PI_n)$$

Nota: El significado de las variables es el mismo que para el modelo (1)

Tabla 6. Resultados del ICEp calculado por los datos reportados y los ordenados, de acuerdo al valor del índice estimado por el modelo.

País	ICEp (calculado)	ICEp (por el modelo)
Canadá	1,270488	1,29297
EUA	-0,388985	-0,38455
España	-1,269174	-1,35595
Cuba	-2,721638	-2,57105
Argentina	-2,75839	-2,63014
Brasil	-2,519057	-2,73245
Portugal	-3,019336	-3,04361
Colombia	-4,292238	-4,45220
México	-5,870030	-5,75300

La prueba de Chi cuadrado no dio significación al 1% de probabilidad de error, lo que confirma la validez del modelo obtenido.

Con el propósito de mostrar la utilidad de la aplicación del modelo obtenido, se realizó una nueva consulta de la base de los indicadores reportados en la base de datos de la RICYT, además, se pudo constatar que hasta febrero de 2009 se presentaban los datos hasta el año 2006 y en varios países no se encontraban totalmente completos. Teniendo en cuenta que sólo tres de los países estudiados presentaban datos completos se seleccionó a Brasil entre ellos y se realizó un análisis de series temporales con una estimación del pronóstico por cinco años desde el 2006, lo que permitió una estimación hasta el 2011. En la figura 3 se muestra el análisis mencionado y como se puede observar el IECp de Brasil presenta una tendencia a la elevación de su valor acercándose al final del período a valores por encima de cero, lo que muestra un comportamiento cada vez más favorable. De esta manera se puede apreciar el comportamiento de las políticas científicas aplicadas.

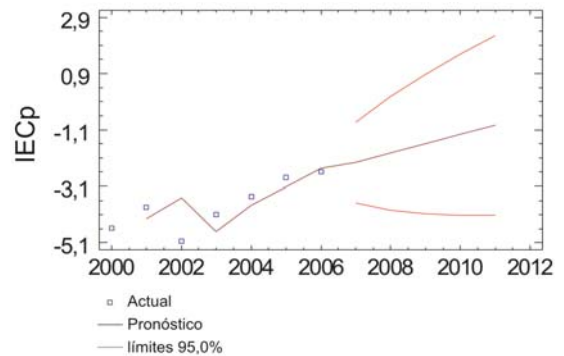


Fig. 3. Estimación del comportamiento del IEC de Brasil en el período del 2000 al 2006 y su pronóstico hasta el año 2011.

Conclusiones

El Índice de Eficiencia Científica (ICEp) obtenido, permite hacer una primera evaluación del comportamiento de la relación costo-beneficio, de la inversión realizada por los países en el desarrollo de científicos y la publicación de resultados de la ciencia; por tanto puede ser utilizado para ese fin.

El modelo predictivo desarrollado permite hacer una estimación que con la ayuda de otro tipo de análisis, como pueden ser las series temporales, permitiría estudiar el comportamiento mencionado en un período de tiempo dado, una vez que el modelo sea validado suficientemente.

Recomendaciones

Los autores consideran que sería recomendable seguir trabajando en el perfeccionamiento del modelo, utilizando un mayor número de datos y países en la medida que esta información se pueda reunir y enriquecer en la bases de datos de la RICYT y, con el liderazgo de esta Red, continuar el desarrollo de modelos mediante la colaboración entre instituciones de diferentes países que permitan acercarnos, cada vez más, al logro de mediciones de impactos más representativas.

Bibliografía

Estébanez M. E. 2004. Impacto social de la ciencia y la tecnología: estrategias para su análisis. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES), Argentina.

García Díaz, I.; Sotolongo Aguilar, G. 1997. Los indicadores científicos: la medición de la ciencia y sus cuestionamientos. <http://www.congreso.info.cu/UserFiles/File/Info/Info97/Ponencias/096.pdf>.

González Hernández, R.; Romeo Lameiras, E. 2007. La información sobre marcas como indicador de innovación tecnológica. *Acimed*; 16(3).

Grupo Tragsa, (2006); Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Editado por: Empresa de Transformación Agraria. S.A. España. Tercera Edición.

FECYT, (2003), Manual de Frascati. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental. Editado por: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Paris, España. Disponible en http://www.fecyt.es/public_fecyt.asp

RICYT, (2009); Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Disponible en: <http://www.ricyt.org/interior/interior.asp?Nivel1=1&Nivel2=2&Idioma=>

Rovira, S. (2007), La medición de la innovación: reseña de experiencias y recomendaciones de política, CEPAL-DDPE.

Schankerman, M. (2004). 'Patent quality and research productivity: measuring innovation with multiple indicators', *The Economic Journal*, 114. London School of Economics. (Abril).

CYT DES Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Manual de Políticas Públicas.htm - Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2007.

Indicadores de ciencia y tecnología para el desarrollo social. *Revista CTS*, nº 4, vol. 2, enero de 2005, pp. 205-222.

Recibido: 20 de diciembre de 2008.

Aprobado en su forma definitiva: 10 de marzo de 2009.

Dr. Francisco Heriberto Martínez Luzardo
Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (Cuba)
Correo electrónico:
<luzardo@instec.cu>

Dr. Jesús Alberto Chía Garzón
Doctor en Ciencias Económicas. Dirección de Innovación Tecnológica del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente
Correo electrónico:
<chia@citma.cu>

Dr. Fernando Guzmán Martínez
Doctor Rer nat, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas
Correo electrónico:
<guzman@instec.cu>

Dr. Rolando Quert Álvarez
Doctor en Ciencias Farmacéuticas, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas
correo electrónico:
<quert@instec.cu>

MsC. Leonardo Cruz Cabrera
Máster en Ciencias. Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la Isla de la Juventud (Cuba)
Correo electrónico:
<leonardo@gerona.inf.cu>

Dr. Yuri Aguilera Corrales
Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas

Dr. Oscar Rodríguez Hoyos
Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas
