



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES
ESCUELA DE ECONOMÍA
CAMPUS BÁRBULA



ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LAS ACT E I+D DE LOS
PAÍSES DE IBEROAMÉRICA, CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS POR MEDIO
DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS.

Autor:

Bastidas Jorge C.I. 19003119

Bárbula, enero de 2014



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES
ESCUELA DE ECONOMÍA
CAMPUS BÁRBULA



ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LAS ACT E I+D DE LOS
PAÍSES DE IBEROAMÉRICA, CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS POR MEDIO
DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS.

Autor:

Bastidas Jorge C.I. 19003119

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Economista.

Bárbula, enero de 2014



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES
ESCUELA DE ECONOMÍA
CAMPUS BÁRBULA



CONSTANCIA DE ACEPTACION

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LAS ACT E I+D DE LOS
PAÍSES DE IBEROAMÉRICA, CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS POR MEDIO
DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS.

Tutora:
Rosa Morales

Aceptado en la Universidad de Carabobo
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Escuela de Economía
Por: Rosa Morales
C.I. 11549124

Bárbula, enero de 2014

ACTA

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Economía en su Sesión Extraordinaria N° 656 de fecha 20-11-13, para evaluar el Trabajo de Grado titulado: **“ESTIMACION DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE LAS ACTT E I+D DE LOS PAISES DE IBEROAMERICA, CANADA Y ESTADOS UNIDOS POR MEDIO DEL ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS”** presentado por el Br (s) **BASTIDAS JORGE C.I: 19.003.119**, y tutorado por Prof. (a) **Rosa Morales**, para optar al título de ECONOMISTA, de acuerdo a lo establecido por las Normas Internas para la tramitación, entrega, discusión y evaluación del Trabajo de Grado hacemos constar mediante la presente, que el mencionado do trabajo ha sido defendido y en calidad de VEREDICTO consideramos que merece la calificación de _____

Bárbula, enero de 2014

Ender Longart
Coordinador

Ricardo Portillo
Jurado

Ali Guedez
Jurado

Rosa Morales
Tutor

INDICE GENERAL:

Indice de Tablas y Cuadros	vii
Indice de Figuras y Gráficos	viii
Dedicatoria.....	ix
Agradecimiento.....	x
Resumen	xi
Introducción	xii

CAPITULO I EL PROBLEMA

Planteamiento del problema.....	14
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
Justificación	17

CAPITULO II MARCO TEORICO REFERENCIAL

Antecedentes	21
Marco teórico	
Aspectos generales	24
Enfoque exógeno de la innovación tecnológica	25
Enfoque endógeno de la innovación tecnológica	27
Enfoque Schumpeteriano de la innovación	28
La Teoría Evolutiva de la innovación	30
El enfoque sistemático y los sistemas de innovación	33
Enfoques relacionados a la Teoría de la Organización industrial	37
Eficiencia en I+D	41

CAPÍTULO III MARCO METODOLOGICO

Naturaleza de la Investigación	47
Estrategia Metodológica	48
Muestra empleada	53
Variables empleadas	54

CAPITULO IV
ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Indices estimados para los países en estudio 59
Caso Venezuela 66
El Sistema de Innovación venezolano y su papel en las ACT 73

CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones 83

LISTA DE REFERENCIAS 89

ANEXOS 93

INDICE DE TABLAS Y CUADROS

TABLA Nº

1. Países a analizar 54

CUADRO Nº

1. Variables outputs, años 2007 y 2010 55
2. Variables inputs, año 2007 58
3. Resultados de la eficiencia de las Actividades de Ciencia y Tecnología e I+D en diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (2007)..... 59
4. Resultados de la eficiencia de las Actividades de Ciencia y Tecnología e I+D en diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (inputs 2007-outputs 2010) 60
5. Resultados de la eficiencia técnica por regiones (Suramérica - Norteamérica), año 2007..... 61
6. Resultados de la eficiencia técnica por regiones (Suramérica - Norteamérica), periodo 2007-2010 62
7. Escala operativa de los diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (2007) 63
8. Escala operativa de los diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (inputs 2007-outputs 2010) 63
9. Datos iniciales inputs-outputs para Venezuela 68
10. Targets estimados para Venezuela a través del Análisis Envolvente de Datos bajo el modelo CCR 69
11. Targets estimados para Venezuela a través del Análisis Envolvente de Datos bajo el modelo BCC 70
12. Algunas características del Sistema de Innovación de Venezuela y del resto de países analizados 79

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

FIGURA N°

1. Proceso de avance lineal de la tecnología26
2. Componentes del Sistema de Innovación36
3. Marco de medición teórico utilizado por el Manual de Oslo43
4. Fronteras de producción construidas con el DEA51
5. Fronteras de producción hipotéticas para los países analizados65

GRAFICO N°

1. Gasto en I+D y CyT como porcentaje del PIB 18
2. Gasto en Ciencia y Tecnología (U\$\$)67
3. Gasto en I+D y en ACT por sector de ejecución año 200975

Dedicatoria

*Dedico esta investigación a mi madre Mireya Ponce, quien a lo largo de mi vida me ha brindado su apoyo incondicional.
Para ella todo este esfuerzo y trabajo...*

Agradecimientos

En primer lugar le agradezco a mi madre por su dedicación y comprensión, y que de forma abnegada ha sabido orientarme en la vida. Ella ha sido fundamental a lo largo de todos estos años de estudio, y especialmente su apoyo fue vital en el momento en que decidí dejar de estudiar ingeniería para aventurarme en esta hermosa carrera.

Le agradezco profundamente a mi estimada tutora la Profesora Rosa Morales, ella siempre consecuente y amable, guió de manera acertada cada paso de esta investigación. Indudablemente sin su orientación hubiese sido imposible sacar adelante el presente trabajo. Muchas gracias profesora.

Agradezco a mis hermanos quienes han sido ejemplo para mí de esfuerzo y lucha, y que bajo cualquier circunstancia y ante todas las adversidades me han brindado su apoyo y protección.

Le agradezco a Dios y aunque a veces dudo de su existencia, me gusta creer en su presencia. Cuando mi fe se ha disipado y mi esperanza se ha diluido, siempre ha existido una fuerza en lo más profundo de mi ser que me ha impulsado a seguir adelante. No dudo que esa fuerza se llama voluntad, la voluntad reforzada con una inquebrantable perseverancia, pero más allá de esto, en mi corazón a veces encuentro a Dios. Por eso le agradezco a Él, a Dios, a mi Dios.

Estimación del nivel de eficiencia de las ACT e I+D de los países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos por medio del Análisis Envoltante de Datos*

Autor: Bastidas, Jorge

Tutora: Morales, Rosa

Fecha: enero, 2014

Resumen

El presente trabajo consiste en realizar una aproximación a la eficiencia de las Actividades de Ciencia y Tecnología e I+D desarrolladas por un conjunto determinado de países iberoamericanos, Canadá y Estados Unidos. Para ello será empleado el método del Análisis Envoltante de Datos (DEA); a través del cual se construirán tres índices de eficiencia: Eficiencia Técnica (ET), Eficiencia Técnica Global (EG) y Eficiencia a Escala (ES); utilizando como indicador de output el número de patentes otorgadas en un año y como inputs el gasto en ACT e I+D en millones US\$ y el personal destinado a tales actividades. Esta investigación resulta pertinente, dado el creciente interés y el esfuerzo de los países para incrementar sus niveles de competitividad en los mercados, y por supuesto; para aumentar los niveles de desarrollo de la sociedad y de la economía. En este sentido, las actividades relacionadas a la CyT e I+D se plantean como uno de los principales mecanismos para que las naciones alcancen dichos objetivos. En este contexto, entre los resultados que se puedan alcanzar; se espera que las naciones en estudio, que presentan mayores niveles de desarrollo, como Estados Unidos o Canadá; tengan mayores niveles de eficiencia en relación a países subdesarrollados como Venezuela; lo que indicaría mayores niveles de competitividad en materia tecnológica.

Palabras Claves: Análisis Envoltante de Datos, Investigación y Desarrollo, Actividades de Ciencia y Tecnología.

*Este Trabajo de Grado es uno de los productos del Proyecto de Investigación "Indicadores de Impacto de las Invenciones realizadas por Inventores Venezolanos y Latinoamericanos" coordinado por la Prof. Rosa Morales con financiamiento del FONACIT N° 2011001384 bajo contrato N° 201200236.

INTRODUCCION

En la actualidad la ciencia y la tecnología se plantean como factores productivos de suma importancia para impulsar el crecimiento y desarrollo de las naciones. Es por ello que la delineación de políticas tecnológicas adaptadas a las necesidades de los países, y al mismo tiempo, a la compleja dinámica global; se puede considerar un elemento estratégico para las economías. Pero para diseñar políticas tecnológicas que sean eficientes es preciso manejar información que revele el estado situacional, o que al menos, permita una aproximación sobre la realidad científica y tecnológica de los países.

Motivado a esto, en el presente trabajo investigación se plantea como principal propósito realizar un análisis desde el punto de vista de la eficiencia productiva de diversas naciones de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos en el sector de las Actividades de Ciencia y Tecnología y en Investigación y Desarrollo.

Para lograr este objeto será empleada la metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA), a través del cual se construirán tres índices de eficiencia productiva para cada país analizado. Para la construcción de dichos índices serán utilizadas dos variables inputs referidas al nivel de gasto en tecnología y al nivel de empleo en dicho sector, asimismo se usará una variable output como referencia de producción tecnológica.

La actual investigación de naturaleza aplicada, resulta pertinente pues la información que provean los índices de eficiencia que se construyan servirá para tener una aproximación acerca de la productividad tecnológica y de la capacidad innovadora de los países estudiados.

Esta información es de suma importancia para los gestores de políticas tecnológicas en cualquier nivel dado que permitirá conocer si los recursos productivos empleados en el sector de las ACT o I+D están siendo empleados de manera adecuada, o bien, que ajustes deben realizarse en los recursos para operar de manera eficiente. De igual manera, permitirá establecer una comparación con el resto de países analizados que permitirá conocer las diferencias existentes entre las diversas naciones en materia tecnológica.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema:

La inversión en Investigación y Desarrollo o en Ciencia y Tecnología es un elemento fundamental para aumentar los niveles de competitividad de las empresas, incrementar el acervo de conocimiento científico de las universidades y su capacidad de innovación, estimulando el crecimiento y desarrollo de la economía y de la sociedad, y generando bienestar en los países. De forma que dada la importancia de la inversión en I+D o en CyT es necesario medir el desempeño de dichas actividades en las naciones.

Tomando en cuenta lo anterior, Venezuela al igual que otros países de Latinoamérica, y a diferencia de muchas naciones desarrolladas, se encuentra en un proceso prematuro de desarrollo de indicadores y métodos adecuados de medición de las actividades tecnológicas. En este aspecto, el Manual de Bogotá (2001) señala lo siguiente:

Mientras que en los países desarrollados (PD) existe una gran cantidad de datos y estudios empíricos que dan cuenta de las actividades innovativas que desarrollan las firmas y adecuadas estimaciones de los resultados que obtienen con las mismas –que confirman la existencia del vínculo entre innovación tecnológica y desempeño competitivo-, no ocurre lo mismo en el caso de América Latina, donde existen profundos interrogantes respecto de las características y alcances de los procesos de cambio tecnológico. (Pág 6).

En consecuencia, se presenta una desventaja considerable -pues no solo existe una notable brecha tecnológica con respecto a los países desarrollados- también se posee una cultura estadística de menor alcance. Esto trae como efecto que el manejo de datos, indicadores y metodologías orientadas a la medición de los procesos tecnológicos sea de menor nivel.

La situación descrita anteriormente genera una dificultad al momento de tomar decisiones en materia de Políticas de Ciencia y Tecnología. Pues las mismas tienen que estar adecuadas y adaptadas, no solo a las realidades y necesidades nacionales, sino también a un contexto global cada vez más dinámico y competitivo. En este orden de ideas, La medición de los procesos innovativos es de especial interés tanto para las empresas privadas como para los gobernantes en el marco de la formulación de políticas públicas.

En relación con lo anterior, para los gobernantes y gestores de políticas públicas el seguimiento de los procesos innovativos es de carácter estratégico. Por lo cual, en materia de Ciencia y Tecnología, los Gobiernos tendrán como principal objetivo; disponer de una base informativa imprescindible para el diseño, ejecución y evaluación de las políticas destinadas a fortalecer los Sistemas de Innovación (SI), y de la misma forma apoyar las estrategias y acciones de las empresas orientadas al mejoramiento e incremento de su acervo científico y tecnológico. Asimismo, los estudios sobre los procesos innovativos son una herramienta de vital importancia para la evaluación del impacto e incidencia de los mismos, tanto en la sociedad como en la economía.

Igualmente, La evaluación de las ACT o de I+D puede ser de gran utilidad para la definición de estrategias por parte de las empresas privadas. Es por ello que el número de firmas que se interesan por disponer de información y de datos es cada vez mayor. Esta disponibilidad de datos les permitiría a las firmas compararse con las empresas competidoras, respecto a sus estrategias y especialmente resultados en el campo de la tecnología. Esto se debe a que dentro de la esfera empresarial se ha logrado asimilar y comprender que la innovación tecnológica es fundamental para el éxito de las firmas industriales.

De modo que la poca disponibilidad de información de calidad técnica y científica que refleje los resultados de las Actividades de Ciencia y Tecnología ejecutadas en las diferentes naciones de la región, se ha convertido en una problemática para los Gobernantes y especialmente para los gestores de Políticas de Ciencia y Tecnología.

Es por ello que cabe preguntarse ¿cómo los Gobiernos y las empresas pueden saber si su desempeño tecnológico es eficiente? Para dar respuesta a la interrogante planteada, en la presente investigación se propone el Análisis Envolvente de Datos como herramienta técnica y metodológica para medir y evaluar los niveles de eficiencia de las ACT o de I+D de un conjunto de países de Iberoamérica, mas Canadá y Estados Unidos.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general:

Determinar la eficiencia productiva dentro de las Actividades de Ciencia y Tecnología; para los países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Estimar para los países en estudio tres índices de eficiencia: eficiencia técnica, eficiencia técnica global y eficiencia a escala; a través del Análisis Envolvente de Datos (DEA).
- Contrastar los resultados de los índices de eficiencia contruidos para cada país en estudio.
- Analizar los niveles de eficiencia obtenidos para los países en estudio.

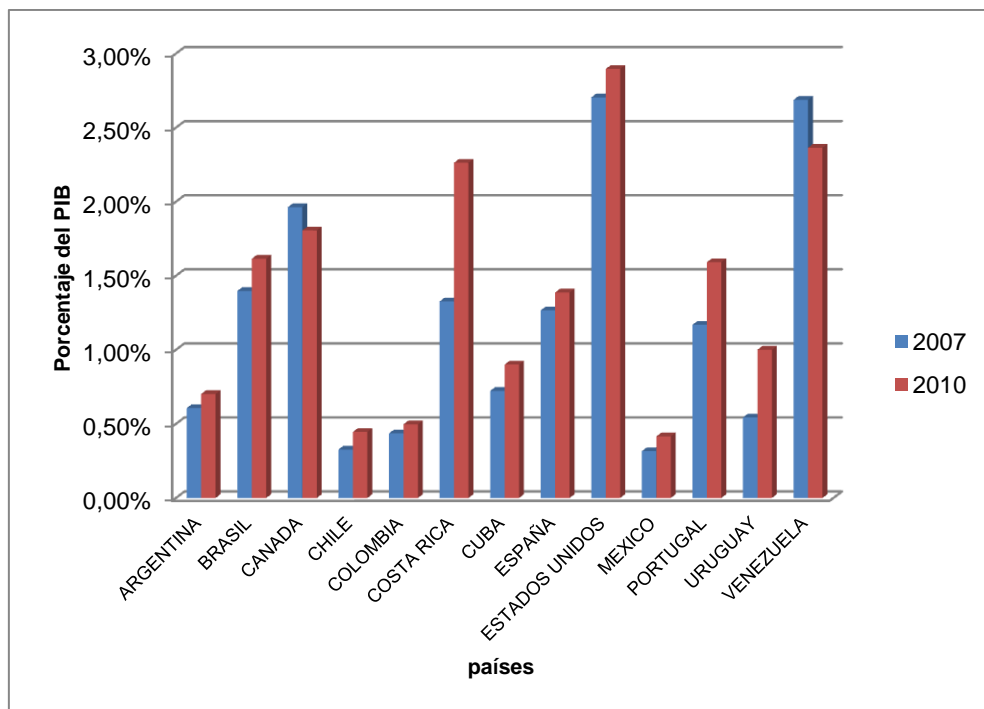
1.3. Justificación:

Como ya se ha señalado, el estudio de los procesos innovativos es fundamental para los Gobiernos y las empresas, ya que les permite conocer y manejar los datos e información necesarios para el diseño de políticas y estrategias de innovación tecnológica. Entre estas estrategias, está incluida la inversión en CyT o en I+D. Una inversión que en la

mayoría de los países que serán estudiados se ha incrementado en los últimos años.

Este aumento en la inversión tecnológica demuestra el creciente interés y el esfuerzo de los países para incrementar sus niveles de competitividad en los mercados, y por supuesto, para aumentar los niveles de desarrollo de la sociedad y de la economía. Respecto a esto, en el gráfico 1 se puede observar el comportamiento de la inversión en I+D o en CyT como porcentaje del PIB de los países en estudio entre los años 2007 y 2010:

Gráfico 1
Gasto en I+D y CyT como porcentaje del PIB



Fuente: elaboración propia con datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología.

Observaciones:

Para Canadá, Chile, España y Estados Unidos se aplica la I+D.

En el gráfico 1 se observa el comportamiento creciente de la inversión tecnológica en la mayoría de las naciones. Este crecimiento de la inversión en CyT e I+D demuestra el interés por parte de los Gobiernos de impulsar el desarrollo tecnológico en sus respectivos países. Por esta razón, es necesaria la disponibilidad de datos e indicadores tecnológicos que provean información que reflejen los resultados de los procesos innovativos.

Tomando en cuenta esto, para los gestores de las políticas de innovación, es preciso conocer –entre otras cosas- si la cuantiosa inversión realizada en tecnología genera los resultados y productos esperados, y establecidos en las políticas tecnológicas. Por lo tanto, determinar el nivel de eficiencia técnica de las ACT es un aspecto de gran relevancia y pertinencia pues suministra información referente al desempeño de las mismas.

En este orden de ideas, el Análisis Envolvente de Datos (DEA en sus siglas en inglés) como técnica de medición de eficiencia, permite determinar si los medios empleados han sido distribuidos de forma correcta de acuerdo a los fines obtenidos. Específicamente la aplicación del DEA permitirá conocer si la combinación de los recursos empleados en el área de ciencia y tecnología ha sido capaz de generar la máxima cantidad de producto posible, o bien, si se usaron los recursos justamente necesarios para obtener un determinado nivel de producción.

Los resultados que se obtengan a partir del DEA, pueden servir de referencia para los gestores de políticas tecnológicas. Pues sabrán si en efecto los recursos que el Gobierno emplea en CyT están siendo usados y combinados de forma eficiente u óptima. Esta información les permitirá

conocer las posibles deficiencias en el uso de los recursos, y a su vez, sirve de marco de referencia para establecer políticas tecnológicas viables y orientadas a la realidad de cada país, y a su vez adaptadas a la dinámica internacional.

Asimismo, la información que genere el DEA permite el análisis comparativo del estado de los procesos tecnológicos entre los países en estudio, por medio de las características de la dinámica tecnológica de cada nación. Esta comparación servirá para realizar una aproximación de la brecha tecnológica que existe entre los países Latinoamericanos, y a su vez, la brecha existente entre los países de la región y naciones desarrolladas como Estados Unidos, Canadá y España.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes:

En el área de estudios sobre la medición de eficiencia en las actividades de I+D o ACT para diversos países utilizando como medio la técnica de Análisis Envoltante de Datos; son escasas las investigaciones que se han realizado. En este aspecto, no se han hallado estudios relacionados que concuerden con los fines de la presente investigación, es decir, al análisis de la eficiencia en ACT de los países de Iberoamérica o bien de Estados Unidos y Canadá.

No obstante, como principal referencia se puede señalar el trabajo realizado por Quindós Morán, et al. (2005). En el mismo; los autores partiendo de la necesidad de conocer la situación referente a las actividades de I+D en la Unión Europea, plantean el uso del Análisis Envoltante de Datos para medir la eficiencia en dichas actividades usando a las patentes registradas como indicador de los esfuerzos en innovación de un país.

La principal conclusión del estudio realizado se centra en la brecha tecnológica entre las naciones europeas. En este aspecto, los autores plantean que para que los países con resultados desfavorables en materia de actividades de I+D de la Unión Europea puedan tener economías más desarrolladas y dinámicas, es preciso que incrementen los niveles de inversión tecnológica; específicamente en el gasto e I+D y el número de trabajadores en dicha área. Esto de acuerdo al estudio tendría que implicar mejoras en la eficiencia de la producción tecnológica.

Como ya se había señalado, dentro de la revisión de investigaciones precedentes, el trabajo citado anteriormente es el más representativo en cuanto al estudio sobre países se refiere. Sin embargo, otros autores han empleado la misma metodología para analizar unidades semejantes, entre ellos se encuentra Barea, et al. (2010). En este estudio se establece el uso del DEA para evaluar la eficiencia de los grupos de investigación universitarios de Andalucía dedicados al área de tecnologías de la información y comunicación. Ahora bien, los autores por medio de este trabajo determinaron que de 86 grupos analizados 19 de los mismos son altamente eficientes, asimismo, establecieron las mejoras potenciales; como por ejemplo incremento en las publicaciones de revistas científicas, que deben realizar los grupos ineficientes para acercarse a los grupos de referencia.

De la misma forma, se puede hacer mención al trabajo de Silva y Ramírez. (2006). Dichos autores realizaron un estudio sobre la eficiencia de institutos tecnológicos de España y Brasil. En el mencionado trabajo, fue evaluado el rendimiento de diversos institutos de Cataluña, Valencia y otras ciudades de España, así como de Sao Paulo en Brasil por medio del DEA. De esa forma determinaron cuáles son las características de aquellos institutos que conforman la frontera de eficiencia y estimaron el impacto de la ineficiencia al comparar los resultados de cada unidad analizada con los objetivos o targets arrojados por el DEA.

Igualmente, se puede mencionar el trabajo de Mingorance, et al. (2009), quienes realizan una investigación para medir las contribuciones de las universidades españolas en I+D. En la misma, los autores por medio del DEA realizaron una aproximación a la medida de la eficiencia en

las políticas públicas de I+D en España, especialmente a aquellas orientadas a destinar recursos a las Universidades.

Del mismo modo, se puede señalar la tesis doctoral de Guede (2011). El cual centró su estudio en la eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología. Para ello utilizaron el DEA para analizar 44 universidades de España; para determinar cuáles de estas tenían un comportamiento eficiente en la transferencia de conocimiento y tecnología a las empresas y sociedad, tomando en cuenta que esto es fundamental para el desarrollo social y económico tanto a nivel nacional como regional.

Es importante resaltar que todos los estudios mencionados tienen elementos comunes que se enmarcan dentro del contexto de la presente investigación. Puesto que, para medir la eficiencia en I+D, se requiere analizar diferentes variables outputs e inputs, esto de acuerdo a los diferentes manuales y normas internacionales que plantean metodologías para la construcción de indicadores de innovación y producción tecnológica; como el Manual de Frascati.

Con relación al párrafo anterior, entre las variables outputs que son usadas o referidas en los estudios anteriores se encuentran la cantidad de trabajos publicados en revistas científicas o el número de patentes solicitadas u otorgadas como indicadores que miden el desempeño de los investigadores. Mientras que entre las variables inputs señaladas se encuentran los diferentes recursos financieros destinados a la I+D -ya sea de origen público o privado- número de investigadores o bien trabajadores en el área de I+D, entre otras.

Ahora bien, las variables usadas en los estudios de referencia, concuerdan con las variables que serán utilizadas para medir la eficiencia de las Actividades de Ciencia y Tecnología de los países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos. De modo que las variables inputs serán el gasto en I+D o en CyT como porcentaje del PIB y los trabajadores en el área de I+D o CyT del total de la PEA, y como variable output será usada el número de patentes registradas en cada país; como variable proxy de producción tecnológica.

2.2. Marco teórico:

2.2.1. Aspectos generales

Antes de realizar la revisión teórica correspondiente al tema de Investigación y Desarrollo (I+D), o en su defecto, Ciencia y Tecnología (CyT), es necesario establecer un concepto para I+D. En tal sentido, el Manual de Frascati (2002) la define de la siguiente manera:

La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones. (Pág. 30).

Otro concepto que puede dar una idea diferente sobre la I+D es el señalado por Lovera, et al (2008):

La investigación y desarrollo (I&D) representa la búsqueda de alternativas para mejorar y encontrar nuevas técnicas de producción y servicios, además de promover sus expansiones y hacerse más competitivas

en la medida que utilicen el conocimiento del capital humano como valor agregado, fundamental en la actual economía del conocimiento. (Pág. 53).

Tomando en cuenta las definiciones anteriores, la I+D es aplicada principalmente por las empresas con el fin de competir en los mercados con las empresas rivales. Entonces, para lograr mayores niveles de competitividad, las empresas por medio de la I+D, buscarán desarrollar nuevas aplicaciones, estas pueden abarcar desde determinados bienes hasta nuevas técnicas o nuevos procesos de producción. Es decir, las empresas emplean la I+D para generar innovaciones que le permitan crear ventajas competitivas en un entorno dinámico y en constante crecimiento y desarrollo.

Ahora bien, es preciso comprender el concepto de innovación, pues la I+D, si bien es importante para el desarrollo de nuevas aplicaciones en la sociedad y en la economía, representa un componente más dentro de un sistema tecnológico heterogéneo y complejo. Por esta razón, para tener una perspectiva más amplia acerca de la importancia y el papel del cambio tecnológico y de la innovación, es pertinente realizar una revisión sobre algunos enfoques o teorías que tratan a las mismas.

2.2.2. Enfoque exógeno de la innovación tecnológica:

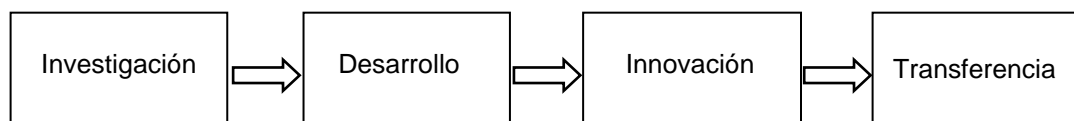
Este enfoque está fundamentado en la orientación tradicional de los neoclásicos. Estos planteaban a firmas de forma homogénea, las cuales escogían la tecnología de un conjunto diverso y accesible a todas por igual. De igual manera, esta visión no reconocía las características esenciales tanto de las empresas (como una organización donde se genera un continuo proceso de aprendizaje colectivo en vez de un mero

comprador pasivo de tecnología); como de la tecnología (con sus componentes implícitos, específicos y organizacionales). (Manual de Bogotá, 2001).

Con referencia a lo anterior, entre las décadas de los cincuenta y los sesenta, las ideas comunes en torno al tema de la naturaleza y la transferencia tecnológica planteaban un esquema muy simple. La visión tradicional concebía a la tecnología como una herramienta que permite avanzar linealmente por diferentes etapas: investigación, desarrollo, innovación y transferencia, hasta alcanzar la denominada "soberanía tecnológica". (Jasso, 1999). Este proceso se refleja en la figura 1:

Figura 1

Proceso de avance lineal de la tecnología



Fuente: Jasso, 1999.

De modo que bajo esta visión, el proceso de innovación tecnológica se asumía como un proceso de "difusión". Es decir, la última etapa –la transferencia- no era más que la venta del producto denominado innovación tecnológica.

No obstante, este enfoque hacia entender erróneamente que existía en el mundo un conjunto de tecnologías y conocimientos generados por los países desarrollados, y por lo tanto se asumía a la tecnología como un factor de producción libre en el mercado. Por lo que la transferencia de

tecnología para los países en desarrollo, aparecía como un simple proceso de importación de bienes de capital.

En este proceso de creación lineal, la tecnología se aborda como si existiera un conjunto de la misma disponible en el mundo. En este sentido, lo único que tenían que hacer los países para obtener dichas tecnologías es decidir cuál de estas es la más idónea para las condiciones de cada país. Bajo este enfoque la tecnología es importante en la función de producción, aunque como variable exógena. Esto implica que debido a que la tecnología simplemente está “dada”, las explicaciones del fenómeno de creación de tecnología son innecesarias.

Por lo tanto, una de las limitaciones de este enfoque es que no considera que puedan surgir procesos de asimilación, adaptación y aprendizaje de la tecnología transferida, lo que significaría reconocer a la tecnología como un factor endógeno al sistema productivo.

2.2.3. Enfoque endógeno de la innovación tecnológica:

Al inicio de los años sesenta (1962) Arrow habló por primera vez sobre la idea de que el cambio tecnológico debía ser entendido como un fenómeno endógeno al sistema económico, es decir, como un elemento vinculado al funcionamiento general de los sistemas productivos. (Jasso, op. cit.). Del mismo modo, según lo señalado en el Manual de Bogotá (op. cit.), el enfoque endógeno se centra en los comportamientos empresariales dentro de un proceso evolutivo determinado por la dinámica económica. Dicho enfoque endógeno está dirigido a la forma que asumen las firmas en cuanto a sus decisiones de innovar, y como estas se articulan con otras decisiones estratégicas, y de esa forma incrementar los

niveles de competitividad (como condición para el crecimiento y la rentabilidad en el largo plazo).

El enfoque endógeno trata de seguir una línea no muy alejada de Schumpeter y Kaldor, quienes a su vez siguieron a Marx, al afirmar que el proceso económico capitalista de acumulación se fundamenta en la competencia tecnológica. (Manual de Bogotá op. cit). En este sentido, contradiciendo el enfoque de eficiencia estática, Schumpeter subraya que el empresario innova en busca de rentas monopólicas, las que motivan y hacen persistir el esfuerzo innovador por parte de las empresas.

Por su parte, Kaldor señala que el cambio técnico está estrechamente relacionado a la acumulación de capital. Ambos pensamientos, reflejan de forma tácita el carácter endógeno del cambio tecnológico. (Manual de Bogotá op. cit).

Asimismo, cabe resaltar que Kaldor contribuye en dos aspectos: en primer lugar, su posición en cuanto a la conexión entre la acumulación de capital y cambio tecnológico, cuestionando la concepción neoclásica que le asigna carácter exógeno a dicho cambio. En segundo lugar, su comprensión de que la dinámica tecnológica empresarial es determinante en cuanto a la forma en cómo el crecimiento de la intensidad de capital se convierte en incrementos de la productividad. (Manual de Bogotá op. cit).

2.2.4. Enfoque Schumpeteriano de la innovación:

Tomando en cuenta lo señalado anteriormente, el Manual de Oslo (2005), hace referencia a Joseph Schumpeter como uno de los pioneros dentro de las teorías de innovación. En este aspecto, Schumpeter define

como “destrucción creadora” al proceso mediante el cual las nuevas tecnologías reemplazan a las antiguas. Esto último de acuerdo al autor, es determinante para el desarrollo económico, pues es en las innovaciones donde subyace la capacidad de dinamizar a la economía y a la sociedad.

Para Schumpeter son los efectos de los cambios tecnológicos y sociales los que producen un cambio más decisivo y dinámico. En este punto destaca la diferencia entre crecimiento económico y desarrollo económico. Pues, de acuerdo a Schumpeter, el crecimiento es un proceso lento, cuya única manifestación es el incremento en la producción, inducido por el aumento de los medios de producción y de la fuerza laboral. Mientras que el desarrollo es un proceso dinámico que altera el equilibrio preexistente por medio de la generación de cambios cualitativos en la sociedad y en la economía. Y a diferencia del crecimiento –que está fundamentado en operaciones rutinarias- el desarrollo se basa en cambios que surgen de forma espontánea, (Montoya 2004).

Estos cambios precisamente se reflejan en las innovaciones. Pese a esto, no es cualquier tipo de innovaciones las que generaran transformaciones socio-económicas. Para Schumpeter es necesario distinguir entre innovaciones radicales e innovaciones incrementales; ya que, las primeras originan cambios contundentes e importantes, y las últimas solo apoyan el continuo proceso de cambio, y especialmente están asociadas a lo estático del crecimiento. Tomando en cuenta esto, Schumpeter destaca que son las innovaciones radicales las fundamentales para el desarrollo económico (Montoya, op. cit.). Estas innovaciones radicales son las siguientes:

- Introducción de nuevos productos.
- Introducción de nuevos métodos de producción.
- Apertura de nuevos mercados.
- Desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento de materias primas u otros recursos.
- Creación de nuevas estructuras de mercado en un sector.

En líneas generales, la adopción y generación de innovaciones permite a las firmas diversificar sus productos, a la vez que facilita la creación de plantas de menor dimensión económicamente más eficientes, fortaleciendo sus economías de escala. Conjuntamente, las innovaciones contribuyen a incrementar la demanda por medio de políticas de diferenciación de productos (Manual de Oslo, op.cit), permitiéndole a las empresas ampliar y explorar nuevos mercados. La introducción y difusión, de las innovaciones conducen a aumentar y mejorar el acervo de conocimientos tecnológicos del sistema productivo, generando de esa forma economías externas, de las que se benefician todas las empresas y la sociedad en general. (Vázquez, 2007).

2.2.5. La Teoría Evolutiva de la Innovación:

Continuando la línea de investigación de Schumpeter, surge el enfoque evolucionista de la innovación. Entre los primeros en abordar la teoría evolucionista o neoshumpeteriana se encuentran Richard Nelson y Sidney Winter (Lovera, et al; op. cit.). Respecto a esto, Gil y Olleta (2002) señalan que para los evolucionistas, producir implica la combinación de diferentes tipos de inputs primarios e inputs intermedios y de capital fijo. De modo que factores como el trabajo no cualificado y los recursos

naturales se consideran inputs primarios, y la energía o servicios de trabajo cualificado como inputs intermedios.

Con relación a lo anterior, Valderrama y Mulero (2007) hacen referencia al trabajo realizado por Brown y Svenson donde estos últimos usan la teoría de sistemas para determinar el éxito de los departamentos de I+D. Bajo esta óptica se definen los elementos que constituyen el sistema productivo de la I+D, los cuales son:

- Los Inputs: son los factores productivos de la I+D, como por ejemplo los gastos en I+D y el personal empleado en estas actividades (Manual de Frascati, op. cit.)
- El proceso de producción: consiste en la transformación de los inputs en determinadas innovaciones; por medio de la formación del recurso humano y científico, la ejecución de los proyectos de investigación, entre otros.
- Los outputs: desarrollo de software, innovación en productos, innovación en procesos, transferencia tecnológica, entre otros. Entre los indicadores que suelen ser usados para medir los outputs se encuentran la publicación de artículos en revistas científicas, el número de patentes solicitadas y concedidas, entre otros.
- El consumidor final: evidentemente sería el consumidor o el receptor de las innovaciones creadas por medio de la I+D.
- Los resultados: en caso de las empresas los accionistas buscarían la maximización de beneficios, y los gestores buscarían la minimización de los costes, el incremento de las ventas y de la cuota de mercado, o el desarrollo de nuevos productos.

En concordancia con lo anterior, el Manual de Bogotá (op cit), hace referencia al “modelo de eslabonamiento en cadena” (chain link), dentro del cual la innovación se concibe como una actividad capaz de resolver los problemas que se puedan generar a lo largo de la cadena de producción, basada en la permanente interacción entre los componentes de la misma y en la interrelación entre las oportunidades de mercado y las capacidades de la empresa. Igualmente, las actividades de innovación como una herramienta para solucionar problemas, se encuentran en todas las etapas del proceso productivo, por lo que el cambio tecnológico es intrínseco a este proceso.

Asimismo, la producción constituye una operación múltiple que puede subdividirse en operaciones menores que pueden ocurrir simultáneamente. Algunas de estas operaciones se llaman procesos o actividades, y requieren de un input de gestión, lo que significa que la producción tecnológica incluye también procesos de tipo organizativo.

No obstante, la generación de innovaciones no solo se encuentra enmarcada en un sistema productivo estandarizado, pues de acuerdo a la teoría evolucionista, las innovaciones surgen y evolucionan a través de la historia, por la interacción y conexión, de los diversos actores y factores socioeconómicos que conforman la dinámica tecnológica.

Para los evolucionistas, las condiciones de los mercados –como la demanda o las oportunidades de comercialización- influyen en las innovaciones que se van a producir y en las tecnologías que serán desarrolladas (Manual de Oslo, op. cit.). Asimismo, la interacción y el intercambio de ideas, conocimientos científicos y tecnologías entre empresas, instituciones y universidades, es de vital importancia y a la vez

es reflejo de la necesidad de enlace entre la ciencia y la tecnología para el desarrollo de innovaciones (Freeman, 1998).

Para los teóricos evolucionistas, dentro del contexto tecnológico es pertinente la participación del Estado por medio de políticas tecnológicas, que propicien un entorno adecuado para el desarrollo de innovaciones tanto en el sector privado como público. Del mismo modo se enfatiza que la innovación se encuentra inmersa en un proceso dinámico, donde la interacción entre empresas e instituciones es esencial, pues esto contribuye a la formación de redes de cooperación y competencia, generando de esa forma, más conocimientos, nueva información e innovaciones (Lovera, et al; op. cit.).

Dentro de la perspectiva evolucionista, un factor de gran importancia es la heterogeneidad entre las empresas, lo que a su vez genera heterogeneidad en la manera en que las firmas innovan. Esta característica, sumado a la supremacía de las grandes potencias internacionales en materia tecnológica, y a la presencia de oligopolios en el sector de tecnología -lo que contradice el supuesto de competencia perfecta asumido por los neoclásicos- descarta el supuesto de convergencia internacional y facilita la explicación de la divergencia de las tasas de crecimiento entre países (Freeman op. cit.).

2.2.6. El Enfoque sistemático y los Sistemas de Innovación:

La percepción evolutivista y la visión sistemática están fuertemente vinculadas. En este aspecto, ambos enfoques consideran que el cambio tecnológico y la innovación, surgen de la interacción de diversos actores y

factores socioeconómicos, en un proceso dinámico y cambiante. De hecho, autores como Nelson (Manual de Oslo, op. cit.) se identifican con ambas visiones, que su vez parten de la teoría de Schumpeter. Por lo cual dichas teorías pueden ser tratadas de forma conexas. Señalado esto, se puede decir que uno de los aportes más importantes de estos enfoques dentro del estudio de la innovación tecnológica, es la definición de “sistema nacional de Innovación” o simplemente, sistemas de innovación (SI). Con respecto a esto, Lovera, et al. (op.cit.) hace referencia a Freeman quien señala: “Los SI incluyen el entorno productivo, el contexto científico, el contexto tecnológico, el contexto financiero, y el contexto educacional, relacionados entre sí, a través de mecanismos de intercambio”.

Otra apreciación que define a los Sistemas de Innovación es la de Kuramoto (2007):

El sistema nacional de innovación está definido como las distintas instituciones, empresas y gobierno que conforman el aparato científico y tecnológico, y la manera en que cada uno de estos agentes interactúa para la creación, difusión y utilización del conocimiento. Pero se trata de instituciones en su sentido más amplio; es decir, las normas, prácticas e incentivos que se dan en estos procesos. En tal sentido, se incluyen también los incentivos, las competencias y las fallas de mercado existentes. (Pág 108).

Lo expuesto anteriormente, refleja tanto el carácter sistemático como el evolucionista de los SI, resaltando una vez más, que la interacción y el intercambio de conocimientos científicos y técnicos entre los diferentes actores del campo tecnológico, los vínculos entre productores, usuarios y consumidores de innovaciones, la estructura de incentivos, el contexto

financiero, entre otros, así como las políticas y decisiones gubernamentales; constituyen el núcleo de los SI.

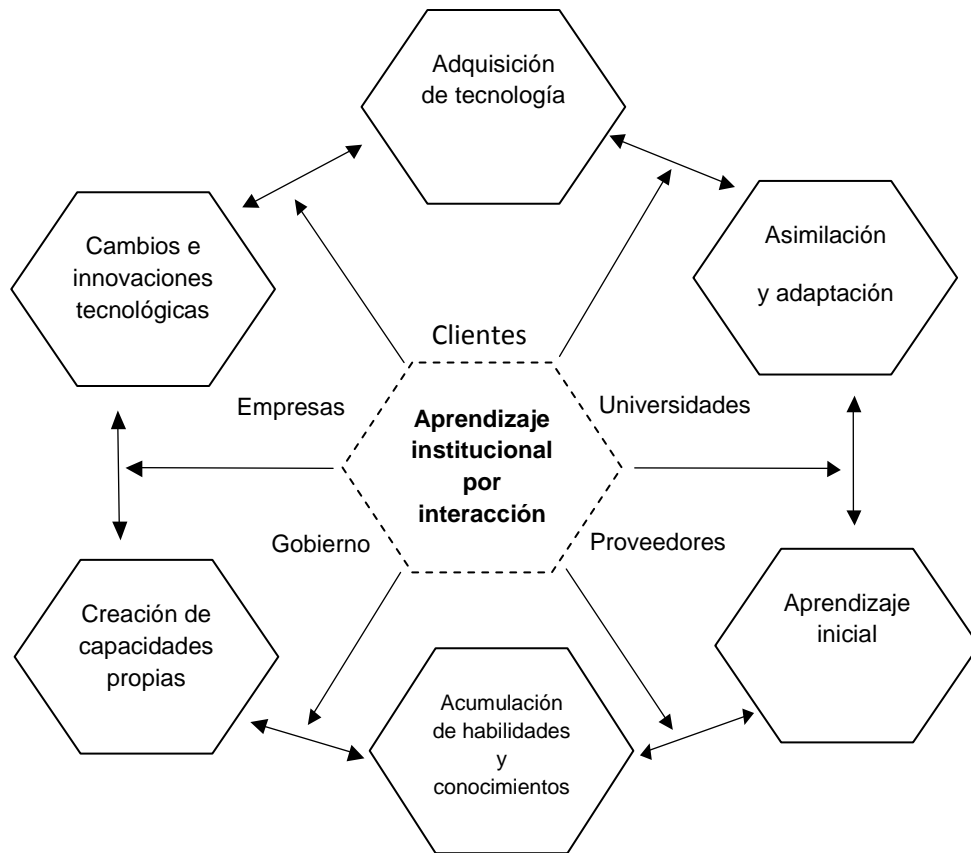
Evidentemente, los SI son mucho más que la aplicación de I+D por parte de los departamentos tecnológicos de las empresas (Freeman op. cit.); pues la I+D es un componente más dentro de los SI. Es por ello, que SI sólidos, bien definidos y estructurados, permitirán que las actividades de I+D resulten más eficientes. De forma que la I+D se fortalecerá a medida que se incremente el intercambio de conocimientos y habilidades que apoyen al desarrollo, y la transmisión de nuevas tecnologías.

Esta visión sobre la generación de innovaciones por medio de los SI, contradice de forma contundente al enfoque exógeno que concebía al proceso innovador de forma lineal. Pues los SI se basan en un proceso dinámico y sujeto a múltiples cambios debido a la interacción de sus diferentes componentes.

Este proceso dinámico implica que la transferencia de habilidades y conocimientos es de acceso incompleto y de comprensión imperfecta. Una parte de estas habilidades y conocimientos tiende a acumularse y puede tener un carácter implícito a la organización. Pues las mismas suelen ser adquiridas dentro de las mismas empresas y organizaciones al momento de realizar los procesos rutinarios. En los SI las habilidades y el conocimiento pasan por una continua retroalimentación. Esta característica de los SI tiende a generar que los cambios técnicos se plasmen en innovaciones, que a su vez crean otras innovaciones y así sucesivamente. (Jasso, op. cit.).

Es importante señalar, que las empresas e instituciones que conforman los SI tienen un papel medular en la creación de gran parte del conocimiento generado en el proceso de innovación y de transferencia tecnológica, por lo que las conexiones y redes entre las empresas, las universidades y el Gobierno es vital dentro de los SI. La figura 2 refleja la interconexión e interrelación de los diferentes elementos de los SI:

Figura 2
Componentes del Sistema de Innovación



Fuente: Jasso, 1999. Pág 16.

La figura 2 muestra un proceso de transferencia que abarca la necesaria adquisición de capacidades por parte de los componentes del SI para el manejo "completo" de la tecnología. Durante este proceso, se tienen que destinar importantes recursos para que se pueda transferir la tecnología de los participantes en el SI.

La dinámica del SI se caracteriza por ser incierta e imperfecta e implica un continuo e interactivo aprendizaje tecnológico. El proceso se desarrolla como especie de círculo virtuoso, en el cual los componentes del SI acumulan conocimientos y habilidades, y en donde la capacidad para asimilar, adaptar y mejorar la tecnología original es fundamental para generar cambios tecnológicos, y por supuesto innovaciones.

2.2.7. Enfoques relacionados a la Teoría de la Organización Industrial:

El Manual de Oslo (op. cit.) toma a Jean Tirole (1995) como referente dentro de la Teoría de la Organización Industrial, destacando su argumento de la importancia del posicionamiento competitivo. En este sentido, el autor señala que las empresas pueden innovar por las siguientes razones:

- Para defender su posición competitiva.
- Para buscar nuevas ventajas competitivas.
- Para prevenir posibles pérdidas en su cuota de mercado causadas por un competidor innovador.
- Para conseguir una posición en el mercado mejor que la de sus competidores

Estos motivos conllevan a que el empresario asuma una conducta proactiva que lo conduce a desarrollar nuevos productos y a establecer estándares técnicos superiores para los mismos, con el fin de aventajar a las firmas rivales.

Partiendo de lo anterior, se pueden mencionar algunas investigaciones que permiten discernir sobre cómo las empresas pueden desarrollar ventajas competitivas por medio de la innovación, igualmente, cabe destacar, que la revisión que se hará a continuación guarda relación con la Teoría Schumpeteriana y los demás enfoques tratados con anterioridad.

2.2.8. Las innovaciones como bien público y las patentes:

En apartados anteriores se menciona que por medio de las innovaciones las firmas generan economías externas de las que se benefician otras empresas y la sociedad, esto se conoce como “efecto derrame”. Entonces, para evitar o mitigar este efecto, las empresas recurren a diferentes mecanismos de apropiación. Este es un factor primordial para los procesos innovativos, ya que los resultados de la investigación y de las innovaciones tienden a poseer características de bien público. Este carácter de no exclusión, origina costos de acceso a la tecnología e innovaciones más bajos para un gran número de usuarios, en contraste con los altos costos de desarrollo. (Manual de Oslo, op. cit).

Una vez propagada la innovación, no se les puede negar el acceso a la misma, por lo cual, la empresa no puede capturar todos los beneficios producidos por su innovación. Esto disminuye el incentivo para invertir en actividades innovadoras. Por ende, la protección de las innovaciones por

parte de las empresas es de vital importancia para la actividad innovadora. (Manual de Oslo, op. cit).

Ante esta situación, las empresas y las personas se apoyan en instrumentos como los derechos de propiedad industrial, especialmente las patentes. De acuerdo a la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en su portal web, una patente es:

Un derecho exclusivo concedido a una invención, es decir, un producto o procedimiento que aporta, en general, una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema. Para que sea patentable, la invención debe satisfacer determinados requisitos.

Las características señaladas por la OMPI que deben tener un producto a patentar son los siguientes:

Debe tener uso práctico. Igualmente, debe presentar un elemento de novedad; es decir, alguna característica nueva que no se conozca en el cuerpo de conocimiento existente en su ámbito técnico. Este cuerpo de conocimiento existente se llama "estado de la técnica". La invención debe presentar un paso inventivo que no podría ser deducido por una persona con un conocimiento medio del ámbito técnico. Finalmente, su materia debe ser aceptada como "patentable" de conformidad a derecho. En numerosos países, las teorías científicas, los métodos matemáticos, las obtenciones vegetales o animales, los descubrimientos de sustancias naturales, los métodos comerciales o métodos para el tratamiento médico (en oposición a productos médicos) por lo general, no son patentables.

Las patentes son elementos fundamentales para la ciencia y la innovación tecnológica, pues estimulan la innovación asegurando un flujo

de ingresos ligado a la transformación de las ideas en productos y procesos. A su vez contribuyen en la distribución de las ganancias financieras de la innovación y en la forma en que otras personas y empresas puedan acceder y usar los nuevos descubrimientos tecnológicos. Además, las patentes facilitan la generación de nuevas empresas y en la decisión de las firmas tecnológicas de localizar o no su inversión en un determinado país o región. Esto refleja que las patentes están íntimamente relacionadas con el crecimiento económico. (García y Delgado, 2006).

Ahora bien, debido a las características de las patentes, estas definitivamente conceden poder de mercado a quien la posea, especialmente un poder de monopolio. Por tanto, las empresas se verán incentivadas a generar innovaciones patentables que le permitan hacer uso exclusivo de sus creaciones y de esa forma generar ventajas competitivas sobre los rivales.

2.2.9. El enfoque de la innovación organizativa:

Esta perspectiva es muy cercana a la teoría evolucionista y a la visión sistemática de la innovación, ya que la misma también se fundamenta en los procesos de aprendizaje, la adaptación a los cambios en la tecnología y en el entorno, incluyendo las instituciones y los mercados. (Manual de Oslo, op. cit).

De la misma manera, el referido manual cita a Lam (2005) como uno de los autores destacados dentro de esta teoría. Destacando que ciertas estructuras organizativas funcionan mejor en determinados entornos y que esto puede ser vital para la dinámica innovativa de la empresa.

Bajo esta misma perspectiva, se plantea dos formas de organizaciones: una primera organización; integrada y predefinida, que opera de forma coordinada y planificada, y que funciona eficientemente en entornos caracterizados por cambios crecientes en el conocimiento y la tecnología.

La segunda forma de organización planteada, es más flexible y permite la autonomía de los trabajadores, lo que facilita la toma de decisiones de estos y les otorga mayores responsabilidades. Esta característica permitiría generar innovaciones más contundentes.

Este enfoque al igual que la teoría evolucionista y la sistemática, también toma en cuenta la dinámica del aprendizaje y el flujo del conocimiento, pero dentro de la organización. Esta dinámica comprende tanto elementos internos como externos, y es por medio de alguna de las dos formas de organización descritas anteriormente que se puede lograr el aprendizaje necesario para generar conocimientos y crear innovaciones.

Vale decir que esta revisión permite tener una perspectiva acerca de los elementos esenciales que servirán para definir un marco de eficiencia para la I+D o CyT. Con relación a esto, en el siguiente punto se planteará un marco analítico que busca integrar las características de las visiones de innovación repasadas, pero adaptadas a las actividades de I+D.

2.2.10. Eficiencia en I+D:

Antes de precisar el marco analítico para estudiar la eficiencia en I+D, es necesario especificar la definición de la misma. Para ello se puede partir de la definición de eficiencia en economía: la eficiencia es la correcta

asignación de los recursos económicos o factores productivos con el fin de maximizar los beneficios o utilidades, o bien, la producción de bienes y servicios. Del mismo modo, la eficiencia aplica cuando estos objetivos se cumplen con el menor costo o sacrificio de recursos.

Entonces, de acuerdo a lo anterior, la eficiencia en las actividades de I+D se puede definir como la correcta asignación y combinación de factores productivos tales como los gastos en I+D o el personal empleado en dichas actividades, con el fin de maximizar la producción de conocimientos y nuevas aplicaciones o innovaciones en la sociedad.

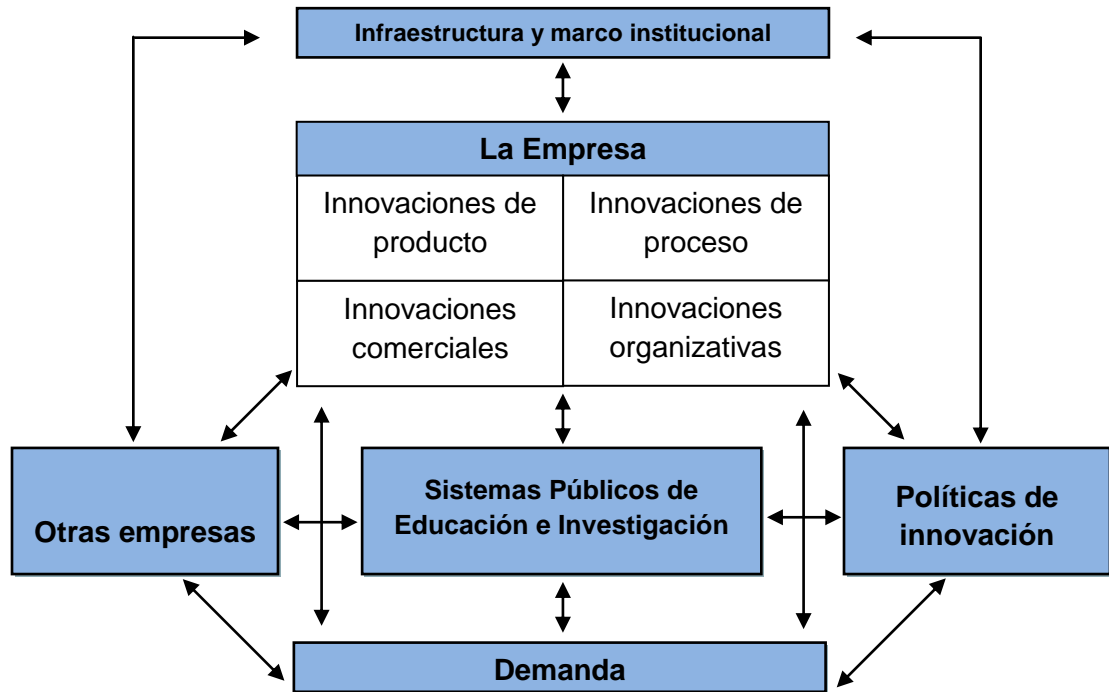
Ahora bien, para estudiar la eficiencia de las actividades de I+D, es conveniente tomar como criterio analítico el marco de medición de innovación usado en el Manual de Oslo 2005. En este orden de ideas, el marco usado en dicho manual representa la combinación de diferentes teorías sobre la innovación y el enfoque sistémico de la misma. Los principales elementos del mencionado marco son los siguientes:

- La empresa y su proceso de innovación.
- Las relaciones con otras empresas e instituciones públicas de investigación.
- El marco institucional en el que las empresas operan.
- El papel de la demanda.

La figura 3 muestra el marco de medición utilizado en el Manual de Oslo:

Figura 3

Marco de medición teórico utilizado por el Manual de Oslo



Fuente: Manual de Oslo, 2005. Pág. 34.

De esta manera, los elementos señalados anteriormente encajan en el marco teórico expuesto en los apartados precedentes, de modo que, conociendo la definición de eficiencia en I+D y con un marco analítico y teórico definido, se puede establecer un criterio para estudiar la eficiencia de las actividades de I+D. Sin embargo, es importante destacar que la I+D, como ya se ha señalado, es un componente más dentro de los SI. Por esta razón, cabe destacar que las firmas pueden desarrollar diferentes actividades de innovación que incluyen la I+D, o bien otras actividades generadoras de innovación. Con referencia a esto el Manual de Oslo (op. cit.) destaca que las empresas pueden generar innovaciones por diferentes vías alternas a la I+D:

Otras actividades innovadoras: la empresa puede desarrollar muchas actividades que no constituyen I+D y que contribuyen a la innovación. Estas actividades pueden fortalecer las capacidades que permitan el desarrollo de innovaciones o la habilidad para adoptar con éxito innovaciones desarrolladas por otras empresas o instituciones. (Pág. 36).

Sin embargo, debido al peso de la I+D dentro del proceso generador de innovación y dentro de los SI, se puede inferir que los elementos que determinan la eficiencia de los SI y que se resumen en la figura 3, son los mismos que determinan la eficiencia de las actividades de I+D.

Asimismo, es importante señalar que la heterogeneidad de las empresas; mencionada por los evolucionistas, también pudiera aplicarse a los diferentes países. Esto implica que, debido a las diferencias existentes entre los países, los niveles de eficiencia de las actividades de I+D entre los mismos también serán diferentes. Igualmente en el Manual de Oslo (op. cit.) se destaca el análisis sectorial, que bien puede aplicarse a los diferentes matices existentes entre las naciones:

Los procesos de innovación difieren de forma significativa de un sector a otro en lo que respecta a la velocidad del cambio tecnológico, las relaciones y la posibilidad de acceso al conocimiento, así como en las estructuras organizativas y factores institucionales. Algunos sectores se caracterizan por un rápido cambio tecnológico e innovaciones radicales y otros por cambios pequeños e incrementales. (Pág. 37).

Lo reflejado en la cita anterior es adaptable al análisis entre países, por lo tanto, la eficiencia en I+D en cada país dependerá, tomando en cuenta los argumentos teóricos señalados con anterioridad, de los siguientes elementos:

- Nivel de desarrollo del “sistema nacional de innovación” en cada país, esto incluye:
 - a. El acervo de conocimiento científico, no solo en las empresas o universidades, sino también en la sociedad.
 - b. Los procesos de aprendizaje.
 - c. El flujo e intercambio de conocimiento entre empresas e instituciones.
 - d. Las políticas tecnológicas de los Gobiernos.
 - e. El marco institucional.
 - f. El vínculo empresas-Gobierno-universidades, entre otros.

- Lo anterior conduce al nivel de heterogeneidad entre los países en sus sistemas de innovación.
- La estructura de mercado predominante en la economía de cada país.
- Estructuras organizacionales de las empresas.
- Capacidad de adaptación de las instituciones, organizaciones y de la sociedad a los cambios tecnológicos.

Con los elementos expuestos anteriormente, se obtiene un marco de análisis sustentado teóricamente, que permitirá examinar y comprender los resultados que se obtengan luego de aplicar el Análisis Envoltante de Datos. De forma que se pueda dar una explicación coherente y bien definida a dichos resultados, precisar y comparar las fortalezas y debilidades en materia tecnológica de cada país estudiado; y establecer

un diagnóstico y recomendaciones en cuanto al desempeño de los países en estudio.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Naturaleza de Investigación

De acuerdo al Manual de Frascati (op.cit) la investigación puede ser de dos tipos:

La investigación básica consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada. La investigación aplicada consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. (pág. 30).

Tomando en cuenta la cita anterior, la presente investigación se puede definir como una investigación aplicada. En este sentido, el referido manual señala lo siguiente sobre dicho tipo de investigación:

La investigación aplicada se emprende para determinar los posibles usos de los resultados de la investigación básica, o para determinar nuevos métodos o formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados. Este tipo de investigación implica la consideración de todos los conocimientos existentes y su profundización, en un intento de solucionar problemas específicos. (pág. 82).

En este aspecto, el actual trabajo tiene como objeto la estimación de la eficiencia de las ACT e I+D para determinados países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos a través de diversos índices de eficiencia

construidos en base a datos empíricos del área de ciencia y tecnología, e investigación y desarrollo de los países en estudio. La construcción de estos índices de eficiencia puede servir a los gestores de políticas tecnológicas de las naciones, como un marco de referencia al momento de diseñar dichas políticas, pues aportaran información de suma relevancia sobre la eficiencia productiva y la capacidad innovadora de los países en materia tecnológica. De forma, que dichos índices de eficiencia pueden servir para determinar si alcanzaron los objetivos que se planteen los Gobiernos en el sector de ciencia y tecnología, o bien, investigación y desarrollo.

3.2. Estrategia metodológica

En la presente investigación se plantea un análisis de la eficiencia de los países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos en relación con sus actividades de I+D o CyT. Para ello será utilizada una técnica conocida como Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta técnica permitirá evaluar el desempeño real de cada país con respecto a un óptimo. Este óptimo se obtiene comparando lo que hace cada país respecto a lo que hacen otros países análogos. En relación a esto Quindós Morán, et al (op.cit) señalan:

La evaluación de la eficiencia sobre un conjunto de unidades de decisión (DMU) puede efectuarse comparando lo que hace cada unidad con respecto a lo que hacen otras unidades parecidas. Farrell (1957) es el precursor de los estudios basados en esta idea. Este determina una frontera de producción eficiente que viene definida por la actuación de las mejores unidades observadas, sirviendo como referencia para medir la eficiencia relativa de cada unidad al compararse con ella. Así, dado un conjunto de observaciones homogéneas a evaluar, se estima la eficiencia de una

DMU aproximando dicha unidad a la frontera de producción. (Pág. 612-613).

Del mismo modo, los mismos autores afirman que el cálculo de la frontera de producción se puede realizar por medio de métodos paramétricos y métodos no paramétricos; y entre las posibles técnicas no paramétricas se encuentra el análisis envolvente de datos (DEA). En este sentido, Coll y Blasco (2006) definen al DEA de la siguiente manera:

Es una técnica de programación matemática que permite la construcción de una superficie envolvente, frontera eficiente o función de producción empírica, a partir de los datos disponibles del conjunto de Unidades objeto de estudio, de forma que las Unidades que determinan la envolvente son denominadas Unidades eficientes y aquellas que no permanecen sobre la misma son consideradas Unidades ineficientes. DEA permite la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de las Unidades. (Pág. 18).

De forma que el DEA permite estimar un conjunto o frontera de posibilidades de producción o frontera de eficiencia a partir de las unidades de la muestra que resulten eficientes. Las unidades ineficientes, es decir las que no estén sobre dicha frontera, se compararan con unidades eficientes que tengan un comportamiento y procesos productivos similares, es decir, que utilicen inputs similares para producir outputs similares; esta unidad o conjunto de unidades eficientes con las que es comparada la unidad ineficiente se llama *conjunto de referencia*. Entonces al comparar a la unidad ineficiente con su conjunto de referencia se puede identificar los cambios que pueden llevarse a cabo para que dicha unidad alcance un comportamiento eficiente, Guede (op.cit).

Este método –originalmente propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978- se caracteriza por su estandarización así como por permitir la posibilidad de considerar múltiples inputs y outputs, (Quindós Morán, et al. op.cit). De acuerdo a estos autores la eficiencia con el DEA puede plantearse desde dos orientaciones:

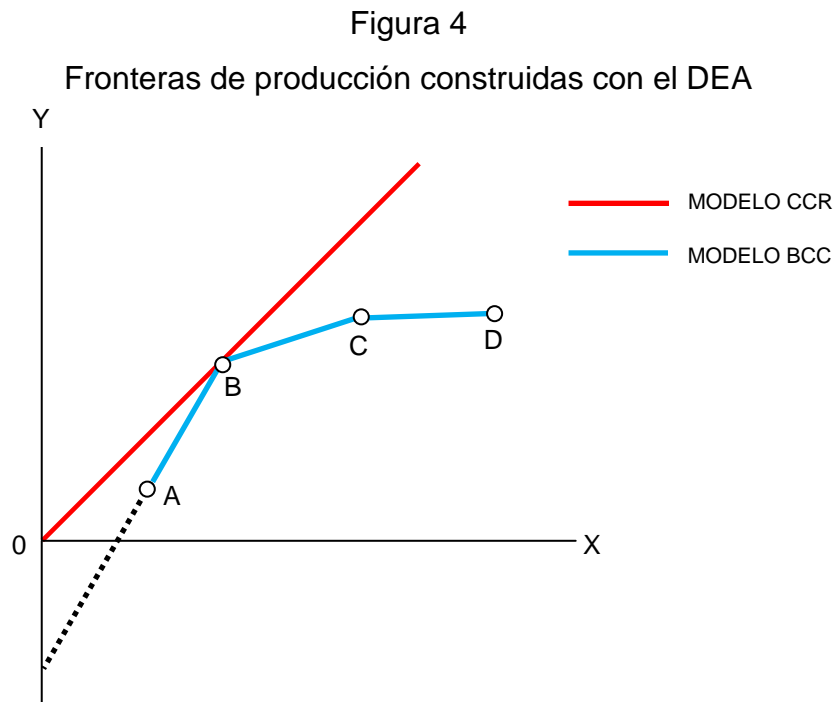
- Orientación Input: se refiere a la minimización del input para un nivel de outputs determinado. Bajo esta orientación los outputs son fijados y se encuentra una combinación lineal constituida por las DMU analizadas que generan tanto output como la unidad evaluada, pero que consumen la menor cantidad posible de inputs. Guede (op.cit).
- Orientación Output: se refiere a la maximización del output dado un nivel de inputs. Bajo esta orientación los inputs son fijados y se encuentra una combinación lineal constituida por las DMU analizadas que generan la mayor cantidad de outputs posibles empleando la misma cantidad de inputs que la unidad evaluada. Guede (op.cit).

De acuerdo a estas orientaciones, una unidad será eficiente si, y solo si, no es posible incrementar las cantidades de Output manteniendo fijas las cantidades de Inputs utilizadas, ni es posible disminuir las cantidades de Inputs empleadas sin alterar las cantidades de Outputs obtenidas, de forma que el DEA se basa en el criterio de Pareto. Coll y Blasco (op. cit).

El uso de alguna de estas orientaciones de optimización puede ser indiferente dado que los resultados de eficiencia obtenidos son iguales para ambas orientaciones. Lo que sí es importante es definir los modelos

con los que se va trabajar. Tomando en cuenta esto, existen dos modelos básicos para el DEA:

El primer modelo asume la existencia de rendimientos constantes y es conocido como el modelo CCR (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). En este modelo la frontera de posibilidades producción estará constituida por aquellas unidades que operen bajo rendimientos constantes. El segundo modelo asume la existencia de rendimientos variables a escala y es conocido como el modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984). Este modelo toma en cuenta a aquellas unidades que operan de manera distinta, es decir, que no operan bajo rendimientos constantes. En este caso, la frontera de posibilidades de producción estará conformada por aquellas unidades que operan de la mejor manera en su escala de producción. Ahora bien, las fronteras de posibilidades de producción para cada modelo se observan en la siguiente figura:



Fuente: Guede, (op.cit). Pág 159.

En el caso de la unidad B, esta constituye la DMU eficiente globalmente pues en ambos modelos se encuentra en la frontera de posibilidades de producción. Sin embargo, existen otras unidades que también son eficientes pero operando bajo rendimientos diferentes a los de B; estas unidades son A, C y D. Para el modelo BCC la frontera de posibilidades de producción sería la curva A-B-C-D.

A partir de la resolución de los modelos DEA mencionados es posible estimar la eficiencia de las unidades analizadas. Para fines de esta investigación el Análisis Envolvente de Datos será aplicado a través de la herramienta informática *DEA Excel Solver* la cual se instala como complemento en Microsoft Office Excel. Esta aplicación servirá, entre otras cosas, para estimar distintos índices de eficiencia para las unidades estudiadas:

- En primer lugar, se estimará el índice de eficiencia técnica global (ETG) el cual se calcula utilizando el modelo CCR. A partir de este índice se determinan las ineficiencias derivadas de la gestión productiva. Igualmente como aquellas ineficiencias que son generadas cuando se opera con rendimientos a escala no constantes, (Quindós Morán, et al. op. cit).
- En segundo lugar, se estimará el índice de eficiencia técnica (ET) el cual se calcula utilizando el modelo BCC. Este índice se centra únicamente en la combinación específica de recursos productivos; de forma que toma en cuenta si con esta combinación de recursos se obtiene el máximo producto, o bien, si se están empleando los recursos necesarios para obtener un determinado nivel de producción. (Quindós Morán, et al. op. cit)

- Del mismo modo, con los índices anteriores puede construirse un tercero, índice de eficiencia a escala (ES), obtenido como el siguiente cociente: $\frac{ETG}{ET}$.

De la misma manera, cabe señalar que la orientación que se será utilizada será la input, de modo que se buscará la máxima reducción en el nivel de inputs manteniendo el nivel de outputs dados. Asimismo, con el DEA Excel Solver se puede obtener el tipo de rendimiento en el cual opera cada unidad de decisión (DMU), ya sea rendimientos variables a escala, crecientes o constantes. De igual forma se puede obtener un target para cada unidad analizada; entendiendo este como una combinación objetivo de inputs y outputs que le permitan mejorar a cada unidad evaluada sus niveles de eficiencia.

3.3. Muestra empleada

Quindós Morán, et al. (op. cit) hace referencia a Banker *et al.* (1989); quien señala que para obtener resultados óptimos por medio del DEA es necesario que el número de unidades estudiadas (en este caso los países) sea igual o superior al triple de las variables utilizadas en el modelo (inputs y outputs). Este criterio se cumple pues: 13 países > 3*3 variables. Tomando en cuenta esto, los países que serán analizados son los siguientes:

Tabla 1
Países a analizar

PAIS
ARGENTINA
BRASIL
CANADA
CHILE
COLOMBIA
COSTA RICA
CUBA
ESPAÑA
ESTADOS UNIDOS
MEXICO
PORTUGAL
URUGUAY
VENEZUELA

Vale decir que el análisis no se extendió a otros países de Latinoamérica debido a la poca disponibilidad de datos para los mismos. No obstante, con las trece unidades seleccionadas se cumple con el criterio requerido para aplicar satisfactoriamente el DEA.

3.4. Variables empleadas

Las variables que serán utilizadas están conformadas por dos variables input y una variable output. El indicador del output utilizado es el número de patentes otorgadas al año, como una variable proxy de la capacidad de transformar el esfuerzo en I+D o CyT de un país en resultados factibles para su comercialización. En cuanto a los inputs se consideran un input de capital y otro de trabajo. Específicamente se utiliza el gasto en I+D y CyT en millones de US\$ y el personal de Ciencia y Tecnología respectivamente. Los datos que serán empleado provienen principalmente de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT); del mismo modo serán utilizados datos referidos a patentes de la

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI o WIPO), vale mencionar que estos datos de patentes es la sumatoria de las patentes otorgadas a residentes y de las patentes otorgadas a los no residentes. En el siguiente cuadro se puede observar los datos a utilizar:

Cuadro 1
Variables outputs, años 2007 y 2010

PAIS	PATENTES OTORGADAS AÑO 2007	PATENTES OTORGADAS AÑO 2010
ARGENTINA	2769	1366
BRASIL	1838	28052
CANADA	18550	19120
CHILE	661	1096
COLOMBIA	222	642
COSTA RICA	13	53
CUBA	81	139
ESPAÑA	4538	5041
ESTADOS UNIDOS	182901	219614
MEXICO	9957	9399
PORTUGAL	315	325
URUGUAY	64	44
VENEZUELA	9	10

Fuente: RICYT.

Observaciones: Los datos para Chile, España y Portugal fueron extraídos de la OMPI.
Los datos para Venezuela fueron extraídos de la USPTO.

Es sumamente importante resaltar que en el caso de Venezuela los datos fueron obtenidos de la Oficina de Patentes de Estados Unidos (USPTO) dado que el órgano encargado de otorgar patentes en Venezuela –Sociedad Autónoma de Propiedad Intelectual (SAPI)- no ha concedido patentes en el territorio venezolano desde el año 2005. Ahora, dado que no se tienen patentes de residentes en Venezuela es factible emplear las patentes registradas por venezolanos en la USPTO, es decir, las patentes de los no residentes.

De modo que se asumirá el supuesto de que las patentes venezolanas registradas en la UPSTO corresponden al esfuerzo total en ciencia y tecnología realizado por el referido país en materia de patentes. De la misma forma, el empleo de los datos de la UPSTO permitirá que al momento de aplicar el DEA no disminuya la calidad de los resultados obtenidos; pues si en lugar de usar los datos de la UPSTO se utiliza la información del SAPI, entonces los índices construidos para Venezuela valdrán cero. Esto pudiera afectar negativamente los propósitos de la presente investigación, pues una de las ideas principales es analizar el ajuste en los niveles de inputs que realiza el DEA para cada una de las unidades analizadas.

Igualmente, de manera general es importante mencionar que el uso de patentes otorgadas dentro de este tipo de investigaciones presenta algunos inconvenientes que son señalados en el Manual de Frascati (op.cit):

La utilización de indicadores obtenidos a partir de las patentes para medir los resultados de las actividades en I+D y/o de las actividades de innovación, presenta ciertos inconvenientes. Numerosas invenciones no son patentadas, ya que están protegidas mediante otros procedimientos, como los derechos de autor, el secreto industrial, etc. La propensión a patentar difiere según los países y los sectores industriales, por lo que es difícil establecer comparaciones entre países y entre sectores. La distribución en función del valor de las patentes también está sesgada, ya que muchas patentes no tienen una aplicación industrial y por tanto tienen un escaso valor, mientras que son relativamente pocas las que tienen un valor elevado. Teniendo en cuenta esta heterogeneidad, los recuentos que se basan en la hipótesis del valor generalmente

equivalente de todas las patentes podrían inducir a error. El número de solicitudes de patentes o el número de concesiones resultan, en sí mismos, difíciles de interpretar y deben ser considerados en combinación con otros indicadores. (pág. 220).

Asimismo el referido manual realiza las siguientes recomendaciones para efectos de comparaciones internacionales de patentes:

- A efectos de comparación internacional, es preferible utilizar las estadísticas correspondientes a solicitudes de patentes que las estadísticas sobre patentes concedidas, debido al lapso de tiempo que transcurre entre la fecha de solicitud y la fecha de concesión, que en algunos países puede llegar a los diez años.
- Los indicadores de patentes, basados en el simple recuento de las patentes registradas en una oficina de la propiedad intelectual, sufren varios sesgos, tales como la falta de comparabilidad internacional (con ventaja para el propio país en el que se presentan las solicitudes), o la muy elevada heterogeneidad de los valores de las patentes registradas en una única oficina. Por otra parte, la legislación de patentes difiere de un país a otro, lo que hace muy difícil la comparación de datos estadísticos procedentes de dos (o más) oficinas de patentes. (pág.218-219).

No obstante, en la presente investigación se utiliza las patentes otorgadas por dos razones: la poca disponibilidad de datos de solicitudes de patentes para los países seleccionados en las fuentes consultadas, y en segundo lugar, debido al principal referente del actual trabajo, es decir, la investigación de Quindós Moran, et.al (op.cit), en la cual fue usada como variable output las patentes otorgadas por millón de habitantes.

Prosiguiendo con la explicación de las variables, en el siguiente cuadro se muestran las variables inputs a emplear:

Cuadro 2
Variables inputs, año 2007

PAIS	GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT
ARGENTINA	2927,013215	73558
BRASIL	34057,44878	366597
CANADA	27960,16689	248640
CHILE	537,4203969	17721
COLOMBIA	1260,070091	17304
COSTA RICA	445,0896506	17318
CUBA	679,2	5243
ESPAÑA	18287,5657	331192
ESTADOS UNIDOS	377594	1412639
MEXICO	7122,71786	70391
PORTUGAL	2703,89	62752
URUGUAY	219,13	3180
VENEZUELA	6129,997505	5222

Fuente: RICYT.

Para finalizar este apartado, cabe destacar que el periodo de análisis corresponde a los años 2007-2010. En este sentido, siguiendo la línea del estudio realizado por Quindós Morán, et al; se estimarán los modelos tomando como referencia un año en específico, en este caso es el año 2010 para todas las variables. Luego se retardaran los inputs, tomando el valor del año 2007, asumiendo el supuesto de que resultados derivados de la aplicación en I+D o CyT en un momento “t” no se obtienen en ese mismo lapso, sino que se generan en un momento posterior, t+x (siendo $x \geq 1$).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1. Índices de eficiencia estimados para los países en estudio

Los resultados de la eficiencia determinada por el Análisis Envoltante de Datos se pueden observar en los cuadros 3 y 4. En el cuadro 3, están contenidos los índices de eficiencia de los países iberoamericanos estudiados mas Canadá y Estados Unidos para el año 2007. En el cuadro 4, se encuentran los índices contruidos para el output del año 2010 con los inputs del año 2007; en este caso se parte del supuesto de que los resultados de las inversiones en las ACT y en I+D se obtienen en un periodo mayor a un año y no en el corto plazo.

Cuadro 3

Resultados de la eficiencia de las Actividades de Ciencia y Tecnología e I+D en diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (2007)

PAIS	EFICIENCIA TECNICA GLOBAL (%)	EFICIENCIA TECNICA (%)	EFICIENCIA A ESCALA
ARGENTINA	67,67	69,38	0,98
BRASIL	3,86	4,27	0,90
CANADA	52,74	91,31	0,58
CHILE	87,98	100	0,88
COLOMBIA	12,60	25,96	0,49
COSTA RICA	2,09	49,23	0,04
CUBA	10,92	62,86	0,17
ESPAÑA	17,75	17,96	0,99
ESTADOS UNIDOS	91,53	100	0,92
MEXICO	100	100	1
PORTUGAL	8,33	13,37	0,62
URUGUAY	20,89	100	0,21
VENEZUELA	1,22	60,9	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO, y WIPO.

Cuadro 4

Resultados de la eficiencia de las Actividades de Ciencia y Tecnología e I+D en diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (inputs 2007- outputs 2010)

PAIS	EFICIENCIA TECNICA GLOBAL (%)	EFICIENCIA TECNICA (%)	EFICIENCIA A ESCALA
ARGENTINA	26,00	26,14	0,99
BRASIL	61,15	100	0,61
CANADA	56,96	79,06	0,72
CHILE	100	100	1
COLOMBIA	35,39	48,05	0,74
COSTA RICA	5,84	49,84	0,12
CUBA	19,31	72,28	0,27
ESPAÑA	17,49	20,05	0,87
ESTADOS UNIDOS	100	100	1
MEXICO	100	100	1
PORTUGAL	6,93	11,25	0,62
URUGUAY	13,72	100	0,14
VENEZUELA	1,23	60,9	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO y WIPO.

De manera general, en ambos casos se obtienen resultados similares; teniendo como determinante común el hecho de que Estados Unidos, México y Chile se ubican entre los tres primeros lugares en la mayoría de los índices. De igual modo, se aprecia que sorpresivamente México es el único país cuyos niveles de eficiencia en cada uno de los índices estimados fue de cien por ciento. Por tanto, este país es globalmente eficiente en contraste al resto de naciones. Esto conduce, a que México es la unidad de decisión (DMU) con la cual se tiene que comparar el resto de países para mejorar en sus niveles de eficiencia; pues dados los resultados obtenidos con el DEA, dicho país es la DMU óptima de forma global.

Igualmente, es importante destacar que al retardar los inputs utilizando el output del año 2010, se obtiene que México, Chile y Estados Unidos logran niveles de eficiencia global; pues resultan ser cien por

ciento eficientes en los tres índices construidos; lo que indica, que estos países operan en la escala de producción adecuada y son eficientes en su gestión de producción, esto se puede observar en el cuadro 4. Del mismo modo cabe mencionar, que analizando solo el año 2007, el país más eficiente resulta ser México.

Asimismo, al analizar los resultados por zonas geográficas, se tiene que Suramérica es menos eficiente que Norteamérica. En ese aspecto, Suramérica tiene un índice de eficiencia técnica en promedio de 60,08; a diferencia de los países norteamericanos que tienen en promedio 97,10 (ver cuadro 5). Esta situación no es diferente al utilizar el output del año 2010, pues para este caso; Suramérica obtiene un índice de eficiencia técnica de 72,51 – aunque el mismo disminuye a 45,03 al excluir a Chile, Brasil y Uruguay- en contraste a la eficiencia técnica en promedio de México, Canadá y E.E.U.U. que es de 93,02 (ver cuadro 6). Esto refleja una notable brecha en niveles de eficiencia entre el norte y el sur del continente americano.

Cuadro 5
Resultados de la eficiencia técnica por regiones (Suramérica - Norteamérica),
año 2007

Suramérica	
PAIS	EFICIENCIA TECNICA
ARGENTINA	69,38
BRASIL	4,27
CHILE	100
COLOMBIA	25,96
URUGUAY	100
VENEZUELA	60,9
Promedio	60,08
Norteamérica	
PAIS	EFICIENCIA TECNICA
CANADA	91,31
ESTADOS UNIDOS	100
MEXICO	100
Promedio	97,10

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO y WIPO.

Cuadro 6

Resultados de la eficiencia técnica por regiones (Suramérica - Norteamérica),
periodo 2007-2010

Suramérica	
PAIS	EFICIENCIA TECNICA
ARGENTINA	26,14
BRASIL	100
CHILE	100
COLOMBIA	48,05
URUGUAY	100
VENEZUELA	60,9
Promedio	72,51
Norteamérica	
PAIS	EFICIENCIA TECNICA
CANADA	79,06
ESTADOS UNIDOS	100
MEXICO	100
Promedio	93,02

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO y WIPO.

Otros importantes datos arrojados por el DEA son los relacionados a la escala de producción en la cual opera cada país. En este sentido, al ser México el único país globalmente eficiente, se infiere que la escala de producción en la que opera dicho país es la óptima. En este aspecto, se obtuvo a través del DEA, que México opera bajo rendimientos constantes de escala; de forma que para que los demás países mejoren sus niveles de eficiencia, es preciso que adapten su escala productiva a la escala de producción en la cual opera la DMU óptima; es decir, México. Esta información se observa en los cuadros 7 y 8. En el cuadro 7 están los resultados para el año 2007, y en el cuadro 8, se encuentran los resultados obtenidos usando los inputs 2007 y outputs 2010.

Cuadro 7

Escala operativa de los diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (2007)

PAIS	Modelo CCR (ETG)	Modelo BCC (ET)
ARGENTINA	creciente	creciente
BRASIL	creciente	creciente
CANADA	decreciente	decreciente
CHILE	creciente	creciente
COLOMBIA	creciente	creciente
COSTA RICA	creciente	creciente
CUBA	creciente	creciente
ESPAÑA	creciente	creciente
ESTADOS UNIDOS	decreciente	decreciente
MEXICO	Constante	Constante
PORTUGAL	creciente	creciente
URUGUAY	creciente	creciente
VENEZUELA	creciente	creciente

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO y WIPO.

Cuadro 8

Escala operativa de los diversos países de Iberoamérica, Canadá y Estados Unidos (inputs 2007-outputs 2010)

PAIS	Modelo CCR (ETG)	Modelo BCC (ET)
ARGENTINA	creciente	creciente
BRASIL	decreciente	decreciente
CANADA	decreciente	decreciente
CHILE	Constante	creciente
COLOMBIA	creciente	creciente
COSTA RICA	creciente	creciente
CUBA	creciente	creciente
ESPAÑA	decreciente	decreciente
ESTADOS UNIDOS	Constante	creciente
MEXICO	Constante	Constante
PORTUGAL	creciente	creciente
URUGUAY	creciente	creciente
VENEZUELA	creciente	creciente

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO y WIPO.

Como lo reflejan los cuadros 7 y 8; México opera bajo rendimientos constantes de escala, es decir, los incrementos porcentuales en el output es igual al incremento porcentual de los recursos productivos. Asimismo, México por ser el único país globalmente eficiente, sus resultados en cuanto a la escala productiva en la cual opera son consistentes; a diferencia de otras naciones con buenos resultados como Estados Unidos o Chile. Estos resultados, en conjunto a los reflejados en los cuadros 3 y 4; demuestran que en efecto, México es la unidad de decisión óptima.

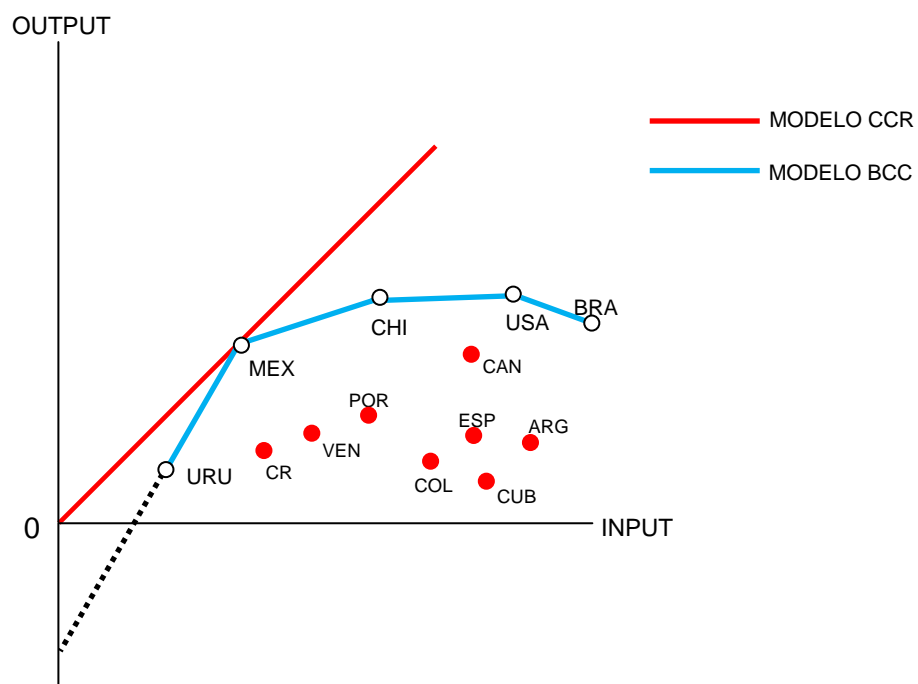
Otros datos de particular interés son los obtenidos para España y Portugal; dado que estas naciones europeas –contrario a lo esperado– apenas tienen una eficiencia técnica promedio de 15,65 y una eficiencia técnica global promedio de 12,21; lo que indica es que son sumamente ineficientes tanto en su escala de producción como en la gestión productiva.

Una situación que contrasta con la de España y Portugal, es la de Uruguay; pues la nación suramericana, resulta eficiente desde el punto de vista técnico. Es decir, al observar el índice de eficiencia técnica con inputs 2007 y outputs 2010; se tiene que el mismo para Uruguay es de 100; lo que refleja que este país es eficiente en su gestión productiva. Sin embargo, en cuanto a la escala de producción en la que opera Uruguay, es notablemente ineficiente. Esto se afirma, ya que así lo muestra el índice de eficiencia a escala de Uruguay el cual es de 0,14. Con respecto a esto, entre los resultados arrojados por el DEA; se obtuvo que Uruguay opera con rendimientos crecientes a escala; lo que significa, que el incremento porcentual del output es mayor al incremento porcentual de los inputs. No obstante, esta escala de producción no es la adecuada para esta nación. En relación a esto, el hecho de que Uruguay sea eficiente técnicamente

mas no en cuanto a su escala de producción; significa que el país suramericano se encuentra operando sobre la frontera de posibilidades de producción, más no se encuentra en la escala óptima de producción. Con respecto a Venezuela, el país caribeño es ineficiente tanto en su gestión productiva como en su escala de producción. En tal sentido esto, al aplicar el DEA para el año 2007; Venezuela obtuvo un índice de eficiencia técnica de 60,9; mientras que el de eficiencia a escala fue de apenas 0,02 (esto se pudo ver en el cuadro 3). Al retardar los inputs, es decir, usando el output par el año 2010; Venezuela nuevamente obtuvo un índice de eficiencia técnica de 60,9 y su índice de eficiencia a escala fue de 0,02 (información contenida en el cuadro 4).

Ahora bien, la situación aproximada para los países en estudio se puede entender con la siguiente gráfica hipotética:

Figura 5
Fronteras de producción hipotéticas para los países analizados



Fuente: Elaboración propia a partir de Guede, op.cit.

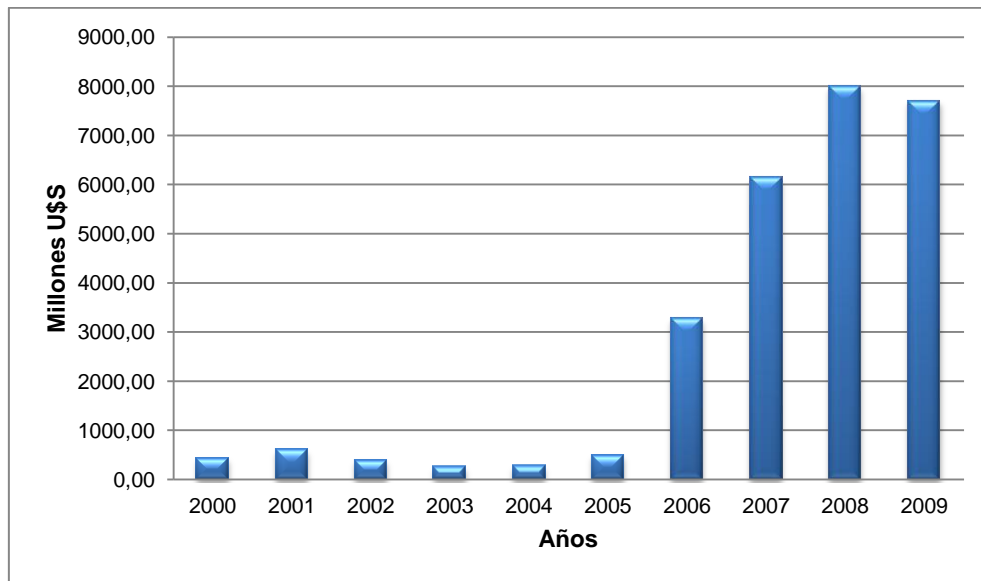
De acuerdo a la figura anterior, México –como fue determinado en el análisis- se encuentra operando bajo niveles óptimos tanto a nivel de eficiencia como en productividad. Por su parte, naciones como Uruguay, Chile, Estados Unidos y Brasil son eficientes en la escala de producción en la cual operan particularmente, y junto a México conforman la frontera de posibilidades de producción bajo el modelo BCC. Sin embargo, estos países no son eficientes globalmente, ya que no se encuentran sobre la frontera del modelo CCR. Por lo que se puede decir que no son ineficientes pero no se puede afirmar que son cien por ciento eficientes. Por tanto, estos países son técnicamente eficientes pues se encuentra produciendo sobre la frontera de producción de eficiencia técnica, sin embargo, es posible que mejore en su gestión productiva.

En cuanto al resto de países, se puede decir que si son completamente ineficientes dado que se hallan fuera de ambas fronteras de posibilidades de producción. Por lo tanto, requieren mejorar tanto en su gestión productiva como en la escala de producción en la cual operan.

4.2. Caso Venezuela:

Venezuela representa un caso particular; pues en los últimos años, los esfuerzos del país suramericano, tanto a nivel financiero como institucional; son notables. Entre estos esfuerzos destaca el incremento progresivo de la inversión en las ACT; como se observa en la siguiente gráfica:

Gráfico 2
Gasto en Ciencia y Tecnología (U\$S)



Fuente: RICYT.

Observaciones: no hay datos disponibles para el año 2010.

De acuerdo al gráfico 2, a partir del año 2006; en Venezuela comienza un notable y continuo crecimiento en la inversión en ciencia y tecnología. Esto se debe principalmente a la promulgación en el año 2005 de la Ley Orgánica de Ciencia Tecnología e Innovación –reformada de acuerdo a la Gaceta Oficial N° 39.575 de fecha 16 de diciembre de 2010- y que constituyó un importante esfuerzo institucional por parte del gobierno venezolano con el propósito de incentivar y desarrollar el sector científico y tecnológico en el país. En este orden de ideas, en la mencionada ley se establece por primera vez que los sectores empresariales del país deben realizar aportes necesarios para el desarrollo científico y tecnológico nacional.

No obstante, pese al considerable incremento en la inversión en las ACT; estos esfuerzos no se han materializado en resultados sobresalientes, o al menos, eso es lo que reflejan los datos en materia de producción científica y tecnológica. Un reflejo de esta notable falla es el hecho de que la Sociedad Autónoma de Propiedad Intelectual –como ya fue señalado con anterioridad- no otorga patentes desde el año 2004. Esto constituye un factor negativo para el desarrollo tecnológico en Venezuela pues prácticamente se ha eliminado un importante incentivo para generar innovaciones.

Ahora bien, los resultados obtenidos con el DEA reflejan que Venezuela –utilizando los datos de patentes de la UPSTO- ha hecho un uso ineficiente de los factores productivos empleados; pues bien se pudieran disminuir considerablemente los mismos y obtener el mismo nivel de output original. Con relación a esto, los datos originales para Venezuela son los siguientes:

Cuadro 9

Datos iniciales inputs-outputs para Venezuela

Año 2007		
GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
6129,997505	5222	9
Inputs 2007-Output 2010		
GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
6129,997505	5222	10

Fuente: RICYT y UPSTO.

Los datos del cuadro 9 corresponden a las variables inputs, es decir, el nivel de gasto en tecnología por parte de Venezuela en el año 2007 el cual fue de 6129, 99 millones US\$ y el personal empleado en el área de las ACT que fue de 5222 personas. Tomando en cuenta estos datos, de

acuerdo al análisis realizado con el DEA, Venezuela necesita reajustar la combinación de factores productivos que emplea. En este orden de ideas, se analizará los ajustes que tiene que realizar dicho país de acuerdo al modelo CCR y al modelo BCC.

En primer lugar, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (modelo CCR) se fijó la cantidad de outputs producidos y se determinó en cuanto se tiene que reducir la cantidad de inputs empleados. De modo que bajo este modelo Venezuela debe disminuir sus niveles de inputs de la siguiente manera para operar de forma eficiente:

Cuadro 10

Targets estimados para Venezuela a través del Análisis Envolvente de Datos bajo el modelo CCR

Modelo CCR (ETG) Año 2007		
GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
6,43813	63,62549	9
Modelo CCR (ETG) Inputs 2007-Output 2010		
GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
17,19353	64,32371	10

Fuente: elaboración propia a través del DEA Excel Solver con datos de la RICYT y UPSTO.

El cuadro 10 contiene los inputs ajustados a través del Análisis Envolvente de Datos. Cada par de inputs representa un target recomendado por el DEA, para alcanzar el nivel de output original. Por ejemplo, para el año 2007 se puede generar las 9 patentes originales, combinando tan solo 6,44 millones US\$ como gasto en tecnología y 64 trabajadores en el área de ACT. Al retardar los inputs se pueden obtener las mismas 10 patentes combinando 17,19 millones US\$ y 64 trabajadores en el área de ACT. Esto refleja una considerable minimización de los inputs que permitirán obtener el mismo nivel de output original.

No obstante, bajo el supuesto de rendimientos variables a escala, es decir, bajo el modelo BCC, el análisis fue diferente. En este aspecto, cabe recordar que en el marco metodológico de la presente investigación se señaló lo siguiente: Las unidades ineficientes, es decir las que no estén sobre la frontera de posibilidades de producción, se compararan con unidades eficientes que tengan un comportamiento y procesos productivos similares, es decir, que utilicen inputs similares para producir outputs similares, Guede (op.cit). La unidad o conjunto de unidades eficientes con las que es comparada la unidad ineficiente se llama *conjunto de referencia*. Entonces al comparar a la unidad ineficiente con su conjunto de referencia se puede identificar los cambios que pueden llevarse a cabo para que dicha unidad alcance un comportamiento eficiente, Guede (op.cit).

Esto fue señalado nuevamente, pues bajo el modelo BCC se obtuvo un *conjunto de referencia* para Venezuela. Dicho conjunto fue Uruguay, vale decir, que Uruguay también fue el conjunto de referencia para Costa Rica. Al obtener este conjunto de referencia se pudo estimar los cambios que tiene que realizar Venezuela en su combinación de factores. Estos cambios se tienen que ajustar exactamente a los niveles de inputs que utiliza Uruguay. Esto se puede ver en el cuadro 11:

Cuadro 11
Targets estimados para Venezuela a través del Análisis Envoltante de Datos
bajo el modelo BCC

Modelo BCC (ET) Año 2007		
GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
219,13077	3180,00000	64
Modelo BCC (ET) Inputs 2007-Output 2010		
GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
219,13077	3180,00000	44

Fuente: elaboración propia a través del DEA Excel Solver con datos de la RICYT y UPSTO.

El cuadro 11 muestra –a diferencia del modelo CCR- que el modelo BCC indica que Venezuela para que opere de manera eficiente, tiene que reajustar sus factores productivos de acuerdo a la combinación de factores de Uruguay, o lo que es igual; debe ajustar sus niveles de inputs al nivel de Uruguay (para ver los niveles de inputs de Uruguay consultar el cuadro 2 en el marco metodológico). Pero no solo eso, esta nueva combinación para Venezuela le permitirá incrementar sus patentes generadas al mismo nivel de Uruguay (para ver los niveles de outputs de Uruguay consultar el cuadro 1 en el marco metodológico). En este sentido, para el año 2007 los resultados del DEA, indican que es factible para Venezuela combinar 219 millones US\$ como gasto en tecnología y 3180 trabajadores del área de las ACT para generar 64 patentes. Por otro lado, el resultado que se obtiene al retardar los inputs (inputs 2007-outputs 2010), indica que Venezuela puede combinar 219 millones de US\$ como gasto en las ACT y 3180 trabajadores del área de las ACT y con esto pudiera generar 44 patentes.

Estos resultados fueron obtenidos, pues hay que recordar que con el modelo BCC se está estimando el índice de eficiencia técnica; de modo que se está analizando únicamente si la combinación de factores productivos para Venezuela es eficiente en relación a su nivel de output. De modo que la combinación de recursos productivos de Venezuela al resultar excesivamente ineficiente; se ajusta a un nivel productivo de referencia que sería en este caso el de Uruguay, pues este último país y Venezuela operan bajo rendimientos crecientes a escala; lo que hace que ambas naciones tengan comportamientos y procesos productivos similares como es señalado por Guede (op.cit). Para consultar los targets del resto de países en estudio revisar los anexos 1, 2, 3 y 4.

De acuerdo los datos contenidos en los cuadros 10 y 11, se puede decir que Venezuela está siendo ineficiente en cuanto al uso de sus recursos; pues pudiera combinar una cantidad mucho menor de factores productivos para obtener un determinado nivel de patentes, o bien, de outputs. No obstante, es importante señalar, que no todo el personal del área de I+D o ACT de un país es capaz de generar patentes; pudieran por ejemplo, estar en el área de investigación no aplicada y de igual forma seguirían formando parte del personal. Asimismo, el personal del área de ACT puede generar otros productos como por ejemplo artículos científicos publicados en revistas indexadas. Aun así, los índices de eficiencia construidos con el DEA; permiten inferir que Venezuela pudiera mejorar su gestión productiva y la escala en la cual opera.

Continuando con el análisis de Venezuela, se hace pertinente revisar algunos elementos relacionados al sistema nacional de innovación; pues, el buen desempeño del aparato científico-tecnológico de un país depende del buen funcionamiento del mismo. De forma que, si el Sistema de Innovación venezolano presenta fallas, indudablemente; las primeras correcciones tienen que partir del mismo.

4.2.1. El Sistema de Innovación venezolano y su papel en el desempeño de las ACT:

El sistema de innovación de un país es el motor de su desarrollo tecnológico; dentro del mismo se conforman redes de cooperación y competencia que facilitan el proceso de innovación tecnológica de una nación (Jasso, op.cit). De modo que, cuando no existen vínculos y nexos efectivos entre los componentes del sistema de innovación, cuando se presentan desigualdades en la distribución de los recursos entre los

componentes del sistema o si el sistema de innovación es incompatible a la dinámica científica y tecnológica internacional, entre otras fallas; se pueden generar profundas ineficiencias que afectaran inevitablemente todo el proceso de generación de ciencia y tecnología. Es fundamental comprender que el proceso de innovación constituye un proceso de transferencia continua de conocimientos y habilidades técnicas, en el cual participan diversas organizaciones, instituciones y agentes económicos; quienes asimilan, adaptan y transforman en un entorno de incertidumbre, dichos conocimientos (Jasso, op.cit).

Motivado a esto, en este apartado, se hará un somero análisis del Sistema de Innovación venezolano; pues se considera que el buen funcionamiento del mismo resulta sumamente importante para obtener un buen desempeño dentro de las actividades científicas y tecnológicas. En este aspecto, más allá de los importantes resultados obtenidos con el DEA, que reflejan la ineficiencia de Venezuela en cuanto a su generación de patentes; en el país se presenta, lo que pudiera llamarse; un desequilibrio entre los componentes del Sistema Nacional de Innovación. En este orden de ideas, antes de ser promulgada la Ley de Reforma de la LOCTI en el 2010; el artículo 3 de la LOCTI 2005 señalaba lo siguiente respecto al Sistema de Innovación venezolano:

Forman parte del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, las instituciones públicas o privadas que generen y desarrollen conocimientos científicos y tecnológicos, como procesos de innovación, y las personas que se dediquen a la planificación, administración, ejecución y aplicación de actividades que posibiliten la vinculación efectiva entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. A tal efecto, los sujetos que forman parte del Sistema son:

1. El Ministerio de Ciencia y Tecnología, sus organismos adscritos y las entidades tuteladas por éstos, o aquéllas en las que tengan participación.
2. Las instituciones de educación superior y de formación técnica, academias nacionales, colegios profesionales, sociedades científicas, laboratorios y centros de investigación y desarrollo, tanto los públicos como privados.
3. Los organismos del sector privado, empresas, proveedores de servicios, insumos y bienes de capital, redes de información y asistencia que sean incorporados al Sistema.
4. Las unidades de investigación y desarrollo, así como las unidades de tecnologías de información y comunicación de todos los organismos públicos.
5. Las personas públicas o privadas que realicen actividades de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones. (Pág 1-2).

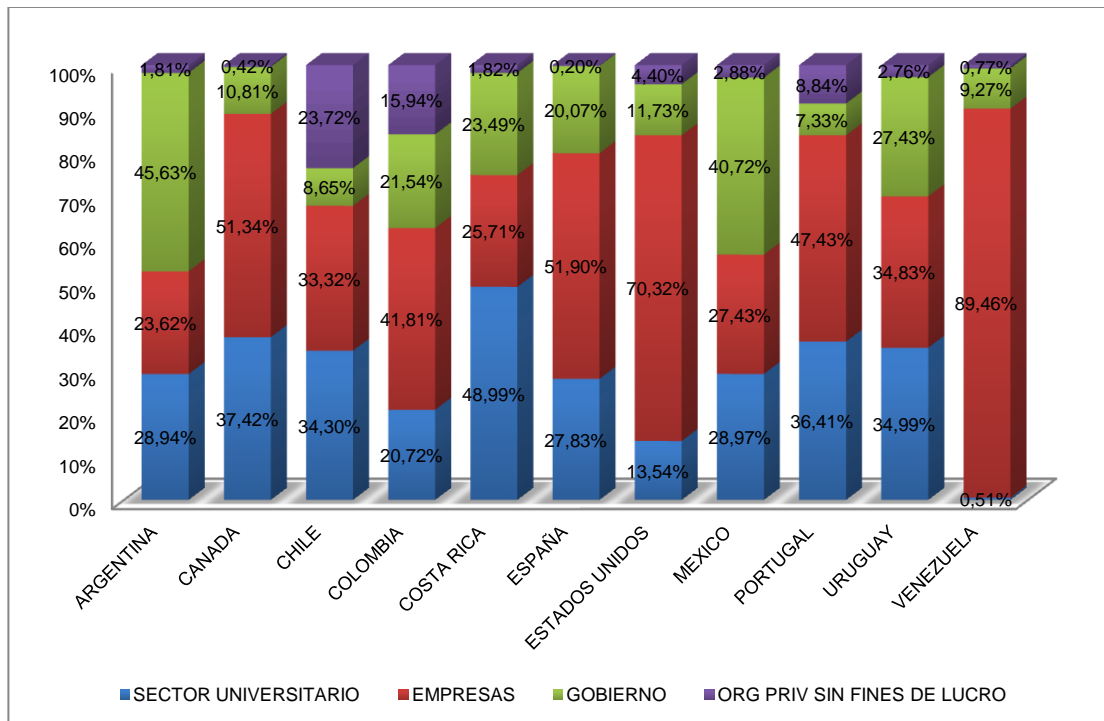
Es importante destacar que el contenido del artículo citado inicialmente fue modificado en la Gaceta Oficial N° 39.675, sin embargo, para el año 2009 la LOCTI promulgada en el año 2005 estaba vigente; por lo que analizar dicho marco legal resulta pertinente en el estudio.

Ahora bien, de acuerdo al artículo referido anteriormente se puede inferir que tanto el sector universitario como las instituciones científicas y tecnológicas del Estado – antes del 2010- presentan un rol sumamente importante dentro del Sistema de Innovación venezolano; de forma que se esperaría que ambos sectores resultaran favorecidos con el aumento en la inversión en las ACT.

Sumado a esto, la dinámica que se observa a nivel de los países estudiados en el presente trabajo; indica que tanto las universidades como las instituciones científicas estatales son relevantes en cuanto la

distribución de la inversión en las ACT y en la I+D. Esto se puede observar gráficamente:

Grafico 3
Gasto en I+D y en ACT por sector de ejecución año 2009



Fuente: RICYT.

Observaciones: 1) No hay cifras disponibles para Brasil y Cuba

2) No hay datos disponibles para el año 2010

Según los datos mostrados en el gráfico 3, en la mayoría de los países en estudio; el sector universitario recibe entre 20,72 por ciento y 48,99 por ciento de la inversión total en ciencia y tecnología; destacando que en Estados Unidos se destina 13,54 por ciento de la inversión en I+D a las universidades; esto da un promedio de 31,21 por ciento del gasto de tecnología destinado al sector universitario. Por su parte, las instituciones científicas del Estado, o bien, el Gobierno, recibe entre 7,33 y 45,63 por ciento; y en promedio esta cifra es de 21,74 por ciento.

En contraste con la situación del resto de países analizados; en Venezuela para el año 2009, solo fue destinado un 9,27 por ciento del gasto en las ACT a las instituciones científicas del Estado, y lo más relevante, es que apenas 0,51 por ciento de dicho gasto se destinó a las universidades. Lo más paradójico de estas cifras, es que para referido año; el gasto en tecnología que fue destinado al sector empresarial, se ubicó en un elevado 89,46 por ciento.

Sin embargo, en vista de que en el área de gasto en tecnología por sector de ejecución, no se dispone de datos precedentes y posteriores al año 2009 para Venezuela –lo que imposibilita definir un patrón en el comportamiento de este reglón- se puede explicar el comportamiento de la inversión en tecnología en el sector empresarial venezolano de ese año en particular, fundamentándose en la LOCTI vigente para el momento.

En este sentido, en el artículo 42 de la LOCTI 2005 se contemplaba una serie de actividades que eran consideradas como inversión en ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones; y que estaban estrechamente relacionadas a la actividad empresarial. Entre dichas actividades se encontraban las siguientes:

- ...4) Inversión en proyectos de innovación relacionados con las actividades de la empresa, que involucren la obtención de nuevos conocimientos o tecnologías en el país, con participación nacional en los derechos de propiedad intelectual, entre otras:
 - a) Sustitución de materias primas o componentes para disminuir importaciones o dependencia tecnológica.
 - b) Creación de redes de cooperación productivas con empresas nacionales.
 - c) Utilización de nuevas tecnologías para incrementar calidad productiva de las empresas

- d) Participación de las Universidades y Centros de Investigación y Desarrollo del país en la introducción de nuevos procesos tecnológicos, esquemas gerenciales y organizativos, obtención de nuevos productos o procedimientos, exploración de nuevos mercados y en general procesos de innovación en el ámbito de las actividades y fines de las empresas, con miras a mejorar su competitividad y calidad productiva.
- e) Formación del talento humano en normativa, técnicas, procesos y procedimientos de calidad, relativos a las empresas nacionales... (Pág. 10)

Con lo anterior se puede deducir que para el año 2009 las empresas podían invertir en sus propias actividades relacionadas a la ciencia y tecnología; pues las mismas eran consideradas por el órgano rector como inversión en ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones. Por lo tanto, esto constituye una explicación al elevado nivel de gasto en ACT ejecutado en el sector empresarial durante el año 2009, ya que el mismo estaba justificado legalmente. No obstante, este comportamiento mostrado por Venezuela durante el referido año contradice a la dinámica mostrada por los países analizados, en los cuales el gobierno y las universidades tienen mayor participación en la distribución de los recursos.

Cabe destacar que el artículo 42 fue reformado en su nomenclatura y contenido en la Gaceta Oficial N° 39.575 del 16 de diciembre de 2010. En dicha modificación se excluye de forma tácita a las empresas y se deja de considerar a las actividades empresariales relacionadas a la ciencia y tecnología; como inversión en ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones. Esta modificación indudablemente menoscaba el funcionamiento y la misma existencia del sistema de innovación en Venezuela en la actualidad, no obstante, este punto no es objeto dentro de la presente investigación.

Asimismo, en un contexto más actualizado; es vital que en Venezuela se desarrollen instrumentos y mecanismos que posibiliten un mejor desempeño de los integrantes del Sistema de Innovación. En este orden de ideas, elementos como: los incentivos fiscales, instrumentos financieros como capital riesgo y capital semilla para apoyar la I+D y la innovación, fondos para la promoción y la competitividad de las empresas, mecanismos para vincular a las empresas con las universidades, entre otros; son instrumentos de vital importancia que tienen que desarrollarse en Venezuela.

De igual forma, es importante diversificar las áreas prioritarias dentro del sector de ciencia y tecnología. En este aspecto, naciones como Brasil o Argentina, no solo tienen entre sus áreas prioritarias sectores tradicionales como el petróleo y la agricultura; sino también sectores como la biotecnología, la nanotecnología o la microelectrónica; es decir, sectores intensivos en alta tecnología. De forma, que estas áreas estratégicas; no solo están adaptadas a las necesidades y características de los países; pues también se encuentran adecuadas al contexto tecnológico global. Tomando en cuenta esto, Venezuela presenta un comportamiento no acorde a lo que está haciendo el resto de países; ya que se enfoca básicamente en sectores tradicionales, como por ejemplo, el petróleo y el gas. Esto se señala en el siguiente cuadro comparativo:

Cuadro 12

Algunas características del Sistema de Innovación de Venezuela y del resto de países analizados

Resto de países analizados	Venezuela
<ul style="list-style-type: none"> Un considerable porcentaje de la inversión en tecnología es destinado al sector universitario. 	<ul style="list-style-type: none"> Baja participación del sector universitario dentro del gasto destinado a las actividades de ciencia y tecnología (año 2009).
<ul style="list-style-type: none"> Existencia de incentivos fiscales en siete de los países analizados. 	<ul style="list-style-type: none"> Se contemplaba en la LOCTI 2005. La reforma de 2010 suprimió los artículos relacionados a los incentivos fiscales.
<ul style="list-style-type: none"> Existencia de Mecanismos de promoción de clusters, polos tecnológicos e incubadoras de empresas 	<ul style="list-style-type: none"> La LOCTI 2005 lo establecía. Con la reforma de 2010 se elimina a la empresa y se hace alusión a las unidades de producción nacionales de base tecnológica (término ambiguo pues no se encuentra definido en la reforma).
<ul style="list-style-type: none"> Existencia de mecanismos para la transferencia de conocimiento y tecnología al sector productivo en nueve de los países analizados. Lo que demuestra la vinculación empresa-universidad. 	<ul style="list-style-type: none"> La LOCTI 2005 lo contemplaba. La reforma de 2010 elimina las posibilidades de exoneraciones.
<ul style="list-style-type: none"> Existencia en nueve de los países estudiados; de fondos específicos para la promoción y la competitividad de las empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> Existencia de fondos como el FONACIT, y de otros fondos como el Fondo de Investigación y Desarrollo de las Telecomunicaciones (FIDETEL). Sin embargo, de acuerdo a la fuente consultada, este tipo de fondos es destinado para la promoción de la investigación científica y tecnológica de diversos sectores y no del sector empresarial específicamente.
<ul style="list-style-type: none"> Países desarrollados como Canadá y Estados Unidos, y naciones emergentes como México y Brasil; combinan altas exportaciones en productos intensivos en tecnología con notables importaciones sectores tecnológicos como las TIC. Costa Rica presenta el mismo comportamiento. (ver anexo 5) 	<ul style="list-style-type: none"> Bajas exportaciones e importaciones de productos intensivos en tecnología. (anexo 5).
<ul style="list-style-type: none"> Presencia en ocho de los países analizados; de organismos e instituciones financieras y de apoyo a los emprendimientos de base tecnológica; a través de capital riesgo y capital semilla. 	<ul style="list-style-type: none"> No hay datos sobre la existencia de organismos de este tipo.
<ul style="list-style-type: none"> Áreas prioritarias: formación de recursos humanos en las áreas científicas, tecnologías de la información y comunicación, biotecnología, tecnologías biomédicas, nanotecnología microelectrónica, tecnología espacial, tecnología nuclear, biocombustibles, energía eléctrica, energías renovables, manufactura, materiales, medio ambiente, salud, agroindustria y agroalimentos, petróleo y gas; entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> Áreas prioritarias: petróleo, gas y energía; soberanía y seguridad alimentaria, medio ambiente, salud pública, desarrollo sustentable y biodiversidad, TIC's.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Políticas CTI y CEPAL.

En referencia al cuadro anterior; se puede citar a Jasso (op.cit):

En general la transferencia tecnológica puede intensificarse si existe una infraestructura institucional (universidades, laboratorios privados o públicos, agencias estatales, programas de I+D, vías de comunicación) y de mercado (financiamientos, asesorías comerciales), es decir. Si que incentiven un ambiente de cooperación y competencia para innovar. (Pág. 15).

Ahora bien, al hacer referencia al sistema de innovación en este último apartado; se resalta la existencia de factores de suma relevancia que influyen en el desarrollo de las actividades de ciencia y tecnología o investigación y desarrollo, y que indudablemente se encuentran relacionados a la integración, vínculos, interacción y desarrollo de los componentes del sistema de innovación, tal como lo señala Jasso en la cita anterior. Es por ello, que incuestionablemente la capacidad innovadora y la eficiencia productiva de un país en materia de ciencia y tecnología se sustentan en el buen desarrollo del Sistema de Innovación.

En el caso particular de Venezuela, con los resultados obtenidos con el Análisis Envolvente de Datos se plantea una situación negativa para dicho país en materia de producción tecnológica y de capacidad de innovación. Igualmente resalta el hecho de que el organismo encargado de otorgar patentes en Venezuela –SAPI- no haya concedido las mismas desde el año 2005 lo que indica una falla considerable en funcionamiento institucional en cual se encuentra enmarcado en desarrollo científico y tecnológico venezolano. Tomando en cuenta esto, es sumamente importante estudiar con detalle y a profundidad el funcionamiento del sistema de innovación venezolano, y más aún, del sistema institucional

que regula y define el comportamiento de la dinámica científica, tecnológica e innovativa en Venezuela. Con esto se quiere decir que para el país caribeño resulta vital una investigación que involucre no solo el aspecto productivo per se –como se ha hecho en el presente trabajo- sino también el aspecto legal que rige y ordena al sector de ciencia, tecnología e innovación venezolano, incluyendo las políticas delineadas por los organismos competentes en materia de ciencia y tecnología en Venezuela, como por ejemplo, el Ministerio del Poder Popular de Ciencia, Tecnología e Innovación o el mismo Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual, entre otros. Es por ello, que un estudio que plantee en profundidad todos estos elementos, permitirá definir con más precisión qué se está haciendo y cómo se están haciendo las cosas dentro de las ACT en Venezuela.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones y Recomendaciones:

En los últimos años las economías del mundo, especialmente las desarrolladas; han adoptado una tendencia, en la cual la información y especialmente el conocimiento; se plantean como medios de producción –y bienes en sí mismos- de vital importancia para incrementar la productividad y generar competitividad en los mercados internacionales.

Esta nueva tendencia ha definido una nueva economía digital y global; donde el desarrollo de nuevas tecnologías resulta crucial para el avance de los países. Es por ello, que hoy día; el acceso a la información, el conocimiento especializado y la alta cualificación se plantea como una necesidad para las empresas, instituciones y para la sociedad en general, (Manual de Oslo, op.cit).

Motivado a esto, en este trabajo se analizó desde el punto de vista de la generación de patentes; la eficiencia productiva de las ACT para algunos países de Iberoamérica, mas Canadá y Estados Unidos. Para realizar dicho análisis, se aplicó el método del Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Los resultados obtenidos, permiten una apreciación aproximada y genérica de la realidad innovadora de los países estudiados. En este sentido, se observa que naciones de América Latina presentan niveles de gasto y empleo relacionado a las ACT y a la I+D muy elevados en comparación con algunos de sus pares latinoamericanos, sin embargo; presentan de la misma forma, notables niveles de ineficiencia en su

gestión productiva. Lo que implica, que a pesar de los esfuerzos realizados en materia de gasto y empleo; las naciones latinoamericanas, de manera general; se muestran notablemente ineficientes en su capacidad innovadora.

De igual modo, se observa una brecha de eficiencia entre los países de Norteamérica y los de Suramérica. En este caso, de acuerdo al análisis realizado; Estados Unidos, Canadá y México; muestran un mejor desempeño que los países suramericanos analizados.

En Suramérica, resalta el caso de Brasil que muestra elevados niveles de gasto y empleo, pese a ello, al aplicar el DEA para dicho país en el año 2007; el mismo obtuvo niveles de eficiencia sumamente bajos; resultando el más ineficiente de todos los países analizados (revisar cuadro 3). Sin embargo, al utilizar el output para el año 2010, Brasil mejoró considerablemente sus niveles de eficiencia (consultar cuadro 4); debido al notable crecimiento que presentó en su generación de patentes del año 2007 al año 2010. Por otro lado, también destaca Uruguay; quien es eficiente en su gestión productiva, mas no es así en la escala productiva en la cual opera.

En el caso particular de Venezuela, se tiene que el país caribeño es ineficiente de manera global. Es decir, al construir los tres índices de eficiencia: ETG, ET y ES; Venezuela obtuvo valores menores al 100 por ciento. No obstante puede mejorar si realiza los ajustes necesarios en los inputs utilizados. Asimismo, analizando un poco más a la nación suramericana, específicamente; evaluando algunas características de su sistema de innovación; se obtuvo que el mismo presenta fallas generales, tales como: inexistencia de incentivos fiscales, falta de instituciones de

financiamiento para empresas de base tecnológica, falta de mecanismos para vincular universidades y empresas, entre otros. De la misma forma, al consultar algunas fuentes de datos como el Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual se precisó que en territorio venezolano no se conceden patentes desde el año 2005 lo que puede tener un impacto negativo en la capacidad innovadora de Venezuela. Estos factores institucionales, hacen que el sistema de innovación venezolano sea incompatible con la dinámica científica y tecnológica del resto de países, y lo más curioso; el sistema de innovación venezolano se muestra incongruente con lo establecido en la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (la vigente hasta el 2010).

Para finalizar, dados los resultados obtenidos con el presente estudio; se puede hacer las siguientes recomendaciones con el fin de obtener mejores resultados dentro de las actividades tecnológicas y de investigación y desarrollo:

- De manera general, de acuerdo a los resultados obtenidos con el DEA; es preciso que los países realicen un ajuste o una revisión de los recursos productivos empleados en las actividades tecnológicas. Puesto que, cada nación analizada con el DEA; con una minimización considerables de sus inputs, pudieran obtener el mismo nivel de output inicial. (ver targets recomendados en los anexos 1, 2, 3 y 4).
- De la misma manera, se observa una notable brecha de eficiencia entre los países de Norteamérica y los de Suramérica. Esto implica, que los países suramericanos, en relación al uso de sus

factores productivos para mejorar en su capacidad de innovar; requieren mejoras más profundas que sus pares norteamericanos.

- Es muy importante para naciones como Brasil, Chile o Uruguay; optimizar su gestión productiva. Pues las mismas, presentan niveles 100 por ciento eficientes en algunos de los índices construidos. No obstante, se muestran ineficientes principalmente en el índice de eficiencia técnica global (ETG).
- En el caso particular de Venezuela, dado que su ineficiencia es global; es importante que ajuste tanto su gestión como su escala de producción.
- Si bien con el DEA se obtuvo una información de mucha importancia, la misma se basa solamente en la combinación eficiente de recursos productivos. Por tanto, para Venezuela es importante profundizar en las razones por las cuales presenta niveles ínfimos de eficiencia.
- En la actualidad, el buen funcionamiento del sistema de innovación venezolano depende en gran parte del marco institucional. Es por ello, que las modificaciones realizadas a la LOCTI pudieran constituir limitaciones en la concepción del desarrollo científico y tecnológico del país.
- Para Venezuela es muy importante retomar la definición de Sistema Nacional de Innovación en el aspecto legal. Al quedar este relegado o excluido de la ley, se corre el riesgo de no generar

un desarrollo científico y tecnológico acorde a las necesidades nacionales, y compatible a la dinámica internacional.

- Lo anterior conduce a un necesario replanteamiento del sistema de innovación venezolano. De forma que se impulsen las relaciones entre los componentes del mismo y de esa forma estimular adecuadamente el sector científico-tecnológico de Venezuela.
- Asimismo, para Venezuela es vital la creación de mecanismos o instrumentos que permitan entre otras cosas: establecer vínculos entre los elementos del sistema de innovación; de forma que haya un real flujo e intercambio de información, conocimientos y capacidades; facilitar y apoyar el surgimiento de empresas de base tecnológica; generar incentivos a los innovadores en todos los niveles, entre otros.
- Otro aspecto importante a destacar para Venezuela es el otorgamiento de patentes. En este sentido es vital para incrementar la capacidad innovadora de dicho país, que se retome el proceso de otorgamiento de patentes como mecanismo de incentivo para aumentar las innovaciones en Venezuela. En la presente investigación se hizo evidente el rezago del país suramericano con respecto al resto de naciones estudiadas, especialmente con países desarrollados como Estados Unidos o líderes regionales como México y Brasil.
- Es sumamente importante que Venezuela diversifique sus áreas prioritarias o estratégicas. Areas como la nanotecnología, la

biotecnología, las energías renovables o la microelectrónica se convierten en punta de lanza para países como Brasil, México o Argentina; por lo que es fundamental que Venezuela se acople al cambio tecnológico que se está generando a nivel regional y mundial.

- Por último, es importante señalar, que para medir el desempeño de las ACT o de la I+D de manera más amplia o global; es recomendable el uso de otras variables inputs y outputs. En este aspecto, las patentes solo reflejan una parte de la capacidad innovativa de un país y no toda la producción tecnológica. Por lo cual, es importante analizar otros datos relacionados a la ciencia, tecnología e innovación. Tomando en cuenta esto; se pueden sugerir consultar al Índice de Innovación Global 2012 y las variables empleadas para la construcción del mismo (ver anexo 6)

Igualmente, en el Manual de Frascati (2002) y el Manual de Oslo (2005) elaborados por la OCDE, así como en el Manual de Bogotá (2001) diseñado por la RICYT; se encuentran una serie de variables sugeridas para medir y evaluar el desempeño de las naciones en sus actividades científicas y tecnológicas. En este orden de ideas, se destacan las siguientes variables para evaluar la producción tecnológica: solicitudes de patentes, recuento por familias de patentes, la balanza de pagos por tecnología, bibliometría, productos e industrias de alta tecnología, estadísticas de innovación, estadísticas sobre las TIC, entre otras. Es por ello, que para realizar un análisis más profundo y detallado en relación a este tema, se recomienda realizar la respectiva revisión de dichas normativas prácticas.

Es importante destacar, que el análisis no fue extendido a otras naciones de América Latina debido a la falta de datos para el periodo de estudio seleccionado. No obstante, como ya fue señalado; esta investigación se plantea como un acercamiento genérico sobre el panorama científico y tecnológico de los países estudiados, y especialmente; de las naciones de América latina. De forma, que con los resultados obtenidos se puede obtener una apreciación sobre cómo se están desarrollando los procesos innovadores en la región desde el punto de vista de la eficiencia productiva en relación a las patentes otorgadas. Igualmente, establecer una comparación con países desarrollados del continente como Canadá y Estados Unidos; permite tener una perspectiva sobre la brecha tecnológica entre estos países y los latinoamericanos. De la misma, manera con la presente investigación se pudo observar una preocupante carencia de datos en materia de ciencia, tecnología e innovación para Venezuela; lo que indudablemente representa una notable dificultad para llevar a cabo investigaciones en tan importante área.

Referencias bibliográficas:

1. Banco Mundial. <http://www.bancomundial.org>.
2. Barea Barrera, R. Delgado Fernández, M. Pino Mejías, J. Solís Cabrera, F. (2010). "Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA)". *El profesional de la información*, 19 (2), (160-167).
3. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <http://www.eclac.cl>.
4. Coll Serrano, V. Blasco Blasco, O. (2006). "Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos: Introducción a los modelos básicos". Universidad de Valencia.
5. Cuervo, V, Moran Quindós, M^a, Rubiera Morollón, F. (2005). "La eficiencia de las actividades de I+D desde el punto de vista de las patentes registradas en los países de la Unión Europea". *Estudios de Economía Aplicada*, 23(003), (607-619).
6. Freeman, C. (1998). "La economía del cambio tecnológico". (50-116).
7. García Penas, G. Núñez Delgado, N. (2006). "La patente como instrumento de valoración del conocimiento". <http://www.madrimasd.org/revista/revista38/tribuna/tribuna2.asp>.
8. García Valderrama, T. Mulero Mendigorri, E. "Medida de de los factores claves del éxito de I+D: el constructo y sus dimensiones". (2007). *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 32, (15-48).
9. Gil Feixa, S. Olleta Taña, J. (2002). "Enfoque evolucionista de la empresa e innovación tecnológica: el modelo de R.R. Nelson y S.G. Winter". Departamento de Teoría Económica. Universidad de Barcelona. (1-25).
10. Guede Cid, M^a. (2011). "La eficiencia de los centros públicos e investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología". Universidad Rey Juan Carlos. (1-283).

11. INSEAD/ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2012). "Índice de Innovación Global 2012".
12. Jasso Villazul, J. (1999). "Los sistemas de innovación como mecanismos de innovación y de transferencia tecnológica". Centro de Investigación y Docencia Económicas. (1-26).
13. Kuramoto, J. (2007). "Sistemas de Innovación tecnológica". (104-133).
14. Ley de Reforma de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2010).
15. Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2005).
16. Lovera M. Castro, E. Smith, H. Mujica, M. Marín, F. "El Evolucionismo Económico desde la perspectiva de Nelson y Winter". (2008). *Multiciencias*, 8, (48.54).
17. Mingorance Arnáiz, C. Barruso Catillo, B. Calderón Patier, C. Rueda López, N. (2009). "Indicadores de la contribución de las Universidades españolas a la I+D". (3-30).
18. Montoya Suarez, O. (2004). "Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico". *Scientia Et Technica*, X (25), (209-213).
19. OCDE. (2002). "Manual de Frascati 2002". Fundación Española de Ciencia y Tecnología.
20. OCDE/Eurostat. (2005). "Manual de Oslo 2005". Comunidad de Madrid/Consejería de Educación/Dirección General de Universidades e investigación.
21. Red Políticas CTI. <http://www.politicasciti.net>.
22. RICYT / OEA / CYTED. (2008). "Manual de Bogotá 2001". COLCIENCIAS.
23. Silva Santiago, C. Ramírez de Arellano, A. (2006). "Análisis de eficiencia de institutos tecnológicos de España y Brasil: una aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA)". *Journal of Technology Management & Innovation*, 1, (43-56).

24. Vázquez Barquero, A. (2007). "Desarrollo endógeno. Teorías y políticas de desarrollo territorial". *Investigaciones Regionales*, 11, (183-210).

ANEXOS

Anexo 1

Targets recomendados bajo el modelo CCR año 2007

Modelo CCR (ETG) Año 2007			
PAIS	GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
ARGENTINA	1980,79801	19575,44230	2769
BRASIL	1314,80922	12993,73888	1838
CANADA	13269,70135	131139,20358	18550
CHILE	472,84488	4672,93874	661
COLOMBIA	158,80721	1569,42874	222
COSTA RICA	9,29952	91,90348	13
CUBA	57,94317	572,62941	81
ESPAÑA	3246,24823	32081,38576	4538
ESTADOS UNIDOS	130837,82457	1293018,40824	182901
MEXICO	7122,71786	70391,00000	9957
PORTUGAL	225,33455	2226,89214	315
URUGUAY	45,78226	452,44793	64

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO, SAPI y WIPO.

Anexo 2

Targets recomendados bajo el modelo BCC año 2007

Modelo BCC (ET) Año 2007			
PAIS	GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
ARGENTINA	2030,73011	29664,67040	2769
BRASIL	1453,22473	15642,62288	1838
CANADA	25530,17766	137082,73409	18550
CHILE	537,42040	17721,00000	661
COLOMBIA	327,14508	4492,54257	222
COSTA RICA	219,13077	3180,00000	64
CUBA	230,99380	3295,49449	81
ESPAÑA	3283,89181	39687,60822	4538
ESTADOS UNIDOS	377594,00000	1412638,79000	182901
MEXICO	7122,71786	70391,00000	9957
PORTUGAL	361,43900	8388,30172	315
URUGUAY	219,13077	3180,00000	64

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO, SAPI y WIPO.

Anexo 3

Targets recomendados bajo el modelo CCR inputs 2007-outputs 2010

Modelo CCR (ETG) Inputs 2007-Outputs 2010			
PAIS	GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
ARGENTINA	761,05262	19125,81345	1366
BRASIL	20824,65568	224158,19656	28052
CANADA	15925,02418	141615,67869	19120
CHILE	537,42040	17721,00000	1096
COLOMBIA	445,96080	6124,18761	642
COSTA RICA	25,98840	856,94617	53
CUBA	131,17620	1012,59839	139
ESPAÑA	3198,51250	57925,79339	5041
ESTADOS UNIDOS	377594,00000	1412638,79000	219614
MEXICO	7122,71786	70391,00000	9399
PORTUGAL	187,32521	4347,45659	325
URUGUAY	30,05710	436,18508	44

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO, SAPI y WIPO.

Anexo 4

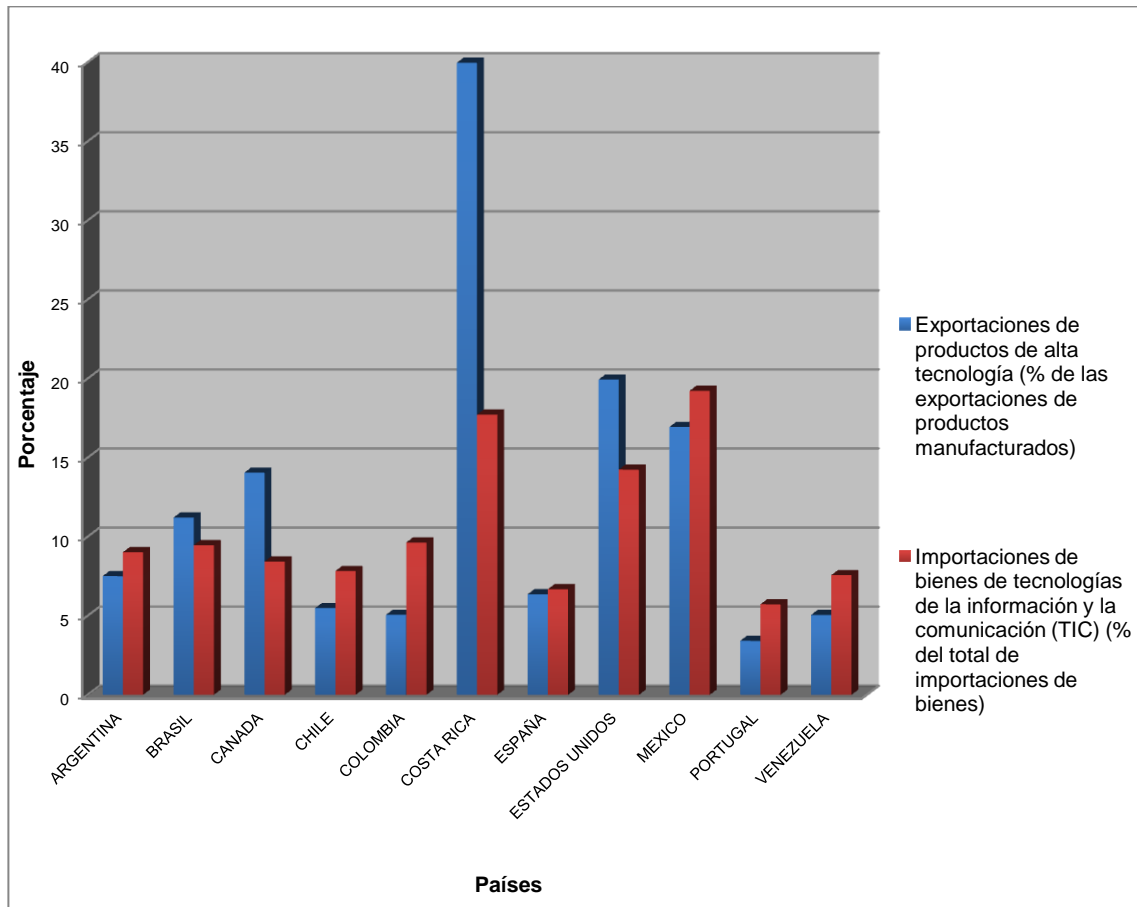
Targets recomendados bajo el modelo BCC inputs 2007-outputs 2010

Modelo BCC (ET) Inputs 2007-Outputs 2010			
PAIS	GASTO EN TECNOLOGIA EN MILLONES DE US\$	PERSONAL EN EL AREA DE I+D Y ACT	PATENTES OTORGADAS
ARGENTINA	765,09627	19227,43342	1366
BRASIL	34057,44878	366597,00000	28052
CANADA	22104,86718	196570,86439	19120
CHILE	537,42040	17721,00000	1096
COLOMBIA	605,45381	8314,43650	642
COSTA RICA	221,85378	3304,40019	53
CUBA	382,40723	3789,82186	139
ESPAÑA	3666,28930	42746,06925	5041
ESTADOS UNIDOS	377594,00000	1412638,79000	219614
MEXICO	7122,71786	70391,00000	9399
PORTUGAL	304,28792	7061,93553	325
URUGUAY	219,13077	3180,00000	44

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la RICYT, UPSTO, SAPI y WIPO.

Anexo 5

Exportaciones de productos de alta tecnología como % del total de productos manufacturados, e importaciones de bienes TIC como % del total de importaciones; año 2010



Fuente: Banco Mundial.

Observaciones: no hay datos disponibles para Cuba y para Uruguay.

Anexo 6

VARIABLES INPUTS Y OUTPUTS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DEL ÍNDICE DE INNOVACIÓN GLOBAL

Inputs					Outputs	
Perfeccionamiento de las empresas	Capital humano e investigación	Instituciones	Perfeccionamiento del mercado	Infraestructura	Producción creativa	Producción de conocimientos y tecnología
I+D financiado desde el exterior	Gasto en educación	Facilidad para crear empresas	Préstamos brutos para la micro financiación	Acceso a las TIC	Exportaciones de bienes creativos	Densidad de nuevas empresas
I+D financiado por las empresas	Licenciados en Ciencia e Ingeniería	Estabilidad política	Operaciones de capital riesgo	Desempeño ambiental	Exportaciones de servicios creativos	Exportaciones de servicios de comunicaciones y computación
Importación de servicios de comunicaciones y computación	Investigadores	Facilidad en materia tributaria	Intensidad de la competencia local	Calidad de las infraestructuras comerciales y de transporte	Consumo de bienes y servicios recreativos y culturales	Solicitudes de modelos de utilidad en la oficina nacional
Empleo en sectores intensivos en conocimientos	Calidad de las instituciones de investigación científica	Calidad del marco regulatorio			Correcciones mensuales de artículos de Wikipedia	
Acuerdos de empresas mixtas/alianzas estratégicas	Matriculación en instituciones de educación superior					
Nota media en el GMAT						

Fuente: INSEAD/WIPO. Índice de Innovación Global 2012.