



Revista Logos, Ciencia & Tecnología

ISSN: 2145-549X

revistalogoscyt@gmail.com

Policía Nacional de Colombia

Colombia

Giraldo Pardo, Tatiana

Construcción de una metodología para evaluar la sustentabilidad de las políticas de  
inversión en innovación

Revista Logos, Ciencia & Tecnología, vol. 2, núm. 2, enero-junio, 2011, pp. 136-165

Policía Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=517751800012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

**Tatiana Giraldo Pardo\***

## Construcción de una metodología para evaluar la sustentabilidad de las políticas de inversión en innovación

Building a methodology to evaluate the sustainability of the investment policies of innovation

Construção de uma metodologia para avaliar a sustentabilidade das políticas de investimento em inovação.

Revista LOGOS CIENCIA & TECNOLOGÍA ISSN 2145-549X,  
Vol 2. No. 2, Enero – Junio, 2011, pp. 136-165

### Resumen

Este trabajo pretende identificar a la luz de los indicadores de ciencia y tecnología, cuáles factores determinan la sustentabilidad de las políticas de inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación dentro de los países iberoamericanos. Para ello se adoptan las cifras de los indicadores de la Ricyt (Red Iberoamericana de Ciencia, Tecnología e Innovación), y con base en los resultados, se construyen dos modelos de sustentabilidad, fundamentados en dos ecuaciones paralelas. El primer modelo, está en función de la sostenibilidad y la pertinencia de las actividades de Ciencia y Tecnología. El segundo modelo hace depender la sustentabilidad de la responsabilidad social y la iniciativa a la estructura. Se espera que los resultados arrojados por este modelo "doble" sean más robustos que aquellos formulados a partir de los resultados de cada uno de estos métodos por separado.

### Abstract

This document pretend to identify in light of the science and technology indicators, which factors

determine the sustainability of the investment policies in science, technology and innovation among the Latin American countries. For that the figures of the Ricyt (Red Iberoamericana de Ciencia, Tecnología e Innovación) indicators are adopted and based on the results two models of sustainability grounded in two parallels equations. The first model depends on the sustainability and the relevance of the science and technology activities. The second model makes sustainability depends on the social responsibility and initiative to the structure. It is expected that the results shown by this "double" model are more significant that those formulated separately from the results of each one of the methods.

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar à luz dos indicadores da ciência e da tecnologia, quais fatores determinam a sustentabilidade das políticas de investimento em Ciência, Tecnologia e Inovação em países iberoamericanos. Para isso se adota o número de indicadores Ricyt (Rede Ibero-americana de Ciência, Tecnologia e Inovação), e com base nos resultados, constroem-se dois modelos de sustentabilidade, com base em duas equações paralelas. O primeiro modelo é baseado na sustentabilidade e relevância das

**Fecha de recepción: 08 de marzo de 2011.**

**Fecha de aceptación: 29 de abril de 2011.**

\* Docente Investigadora de la Universidad Externado de Colombia. Candidata a Doctora en la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla-España). Su contacto es girapa@live.com

atividades de Ciência e Tecnologia. O segundo modelo depende da sustentabilidade da responsabilidade social e a iniciativa para a estrutura. Espera-se que os resultados produzidos por este modelo "duplo" sejam mais robustos do que aqueles formulados a partir dos resultados de cada um destes métodos separadamente.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha venido dando un desplazamiento del interés académico de los temas que respectan solamente a la factibilidad económica de los proyectos, como criterio de desempeño, hacia el uso de otros términos más complejos tales como la responsabilidad social, la sostenibilidad y posteriormente la sustentabilidad.

Por tal motivo, este trabajo pretende hacer una consideración más amplia de las variables que determinan el desempeño de las actividades de inversión en innovación, con miras a establecer una metodología que sirva para su evaluación, esto en términos de la sustentabilidad de dichas actividades, lo cual nos permitirá hacer clasificaciones por países en términos de la responsabilidad social, la sostenibilidad y, finalmente, la sustentabilidad inherente a sus políticas y actividades de fomento a la ciencia, la tecnología y la innovación.

Sin embargo, pese a la proliferación de literatura en los temas de innovación, por un lado, y sustentabilidad, por el otro, el primer aporte de este trabajo será establecer una sinergia entre esos dos grandes temas, teniendo en cuenta que hasta el momento, son muy escasos los trabajos que lo han intentado.

No obstante, como se mencionó antes, la importancia de este trabajo radica en la necesidad de toma de decisiones en materia de política pública y, por consiguiente, de los entes que integran los Sistemas Nacionales de Innovación de los distintos países iberoamericanos.

Así, el punto de partida para establecer la importancia de la toma de decisiones sobre la inversión en innovación, se encuentra que este

no es solo un problema económico, sino que a su vez, incorpora un contenido difuso de cara a la evolución y crecimiento de las instituciones. Así, desde los planteamientos de Bowles (2005), la innovación no puede ser atrapada en indicadores lineales, para ello, se requieren expresiones matemáticas que reflejen la dimensión holística-cultural del proceso, que en su expresión de control pueda ser asimilada a partir de una decisión, la cual puede expresarse a partir de criterios dinámicos.

Para comenzar, es posible encontrar un sistema que establezca el problema de inversión en innovación a través de los escenarios de productividad, competitividad y sustentabilidad de las instituciones. Bajo este marco analítico, se enfatiza que la información y el conocimiento son los ejes fundamentales de la función de producción de las instituciones que llevan a cabo actividades de investigación y desarrollo están expresadas en su mayor porcentaje en el capital humano y en segundo lugar, en tecnología.

Desde esta perspectiva de la competitividad, el conocimiento es el principal factor, pero no de orden lineal, sino de orden complejo superior y cada avance significativo implicará redefiniciones trascendentes en muchos espacios de la estructura productiva de lo urbano, de los sectores productivos y la sociedad misma. Con ello, se quiere expresar que el eje fundamental de la competitividad, se encuentra quizá en el capital huma-

El conocimiento es el principal factor, pero no de orden lineal, sino de orden complejo superior y cada avance significativo implicará redefiniciones trascendentes en muchos espacios de la estructura productiva de lo urbano, de los sectores productivos y la sociedad misma. Con ello, se quiere expresar que el eje fundamental de la competitividad, se encuentra quizá en el capital humano haciendo de la misma un proyecto sostenible (Henderson y Cockburn, 1994) en el sentido de la innovación permanente (Schumpeter, 1950).

no haciendo de la misma un proyecto sostenible (Henderson y Cockburn, 1994) en el sentido de la innovación permanente (Schumpeter, 1950).

Ahora bien, a partir de las definiciones los espacios sociales en los cuales, la relación fundamental de productividad es la derivada de la intercepción de las capacidades de los individuos, y no de estos en su potencialidad de cambio de los bienes de origen primario propios de la economía industrial, es que puede pensarse la innovación como probabilidad concretada en el rango y dominio social. Es decir, que innovación,

Pensamiento sistémico como método de construcción de conocimiento “es impulsado continuamente por un afán holista” y a través del reconocimiento de diferentes perspectivas de un fenómeno

como cultura, la hay a lo largo de toda la sociedad por la innata curiosidad de los individuos. El problema es, si los mecanismos de la sociedad (institucionales, de mercado y de no mercado) posibilitan y potencian su construcción o antes bien la detienen. Esta es

la hipótesis central: que esto no se produce innovación de manera significativa y que sus mecanismos institucionales tampoco coadyuvan de manera trascendental en las ciudades y contribuyen a justificar su estado de desarrollo.

Por lo tanto, se concluye que, una de los principales determinantes del proceso innovador va a estar reflejado en que las organizaciones, de acuerdo con Nonaka, Toyama y Nagata (2000), deben crear sus propias ventajas competitivas en respuesta a las necesidades del mercado, donde la capacidad de crear y utilizar conocimientos es el origen más importante de estas. Así, los conocimientos y las destrezas de los agentes que participan en el proceso de innovación dan una ventaja competitiva a una organización porque es a través de este juego de conocimientos y destrezas que ella puede innovar en sus productos, procesos y servicios, o mejorar los ya existentes eficientemente y/o eficazmente.

Por otra parte, estudiar el proceso la inversión en innovación como fomento solo puede entenderse si se la sitúa dentro del medio ambiente en el que se desarrolla, por lo tanto, es vital analizar el ecosistema de la innovación, que incluye los *input* o fuentes de la innovación; los *output* y sus correspondientes efectos sobre la sociedad en su conjunto y los distintos agentes que la conforman; los condicionantes políticos y la infraestructura sobre las que se asienta ese proceso de inversión. De este modo, los incentivos de inversión en innovación del sector servicios están atados a la competencia interina de las firmas por mantener los canales de mercado ya establecidos y la necesidad de mantener relaciones de complementariedad con sectores como el manufacturero.

Este trabajo tiene como objetivo identificar cuáles factores determinan la sustentabilidad de las actividades de inversión en innovación, y a partir de ellos construir una metodología que permita evaluar la sustentabilidad de dichas actividades, lo cual se convierte en un insumo importante para las decisiones institucionales y de política pública. En este sentido, se espera que los resultados proporcionen elementos para la construcción de una política pública con miras a forjar mayores niveles de innovación en los países.

En el trabajo se pretende confrontar aspectos sistémicos y analíticos (inferencial), por lo cual podría decirse que es de naturaleza constructivista, ya que tiene como marco de referencia dos paradigmas epistemológicos distintos. Sin embargo, en esta ocasión el aspecto sistémico solamente se utilizará como mapa mental para el desarrollo de la investigación, en la cual se hará énfasis en los aspectos analíticos.

No obstante la lógica del paradigma “lineal”, aunque aparentemente sencilla, la situación es más compleja cuando se intenta hacer una inversión en innovación en un contexto tan particular como el educativo, porque en el proceso de toma de decisiones que se lleva a cabo en la realidad, no solo se tiene en cuenta el riesgo o el rendimiento, necesariamente. También entran a ser relevantes las capacidades técnicas

y operativas de la organización, así como otras variables del ambiente externo ¿Cómo tomar una decisión de inversión acertada, evitando el riesgo de perder la oportunidad de inversión?

Al hacer una revisión de los modelos econométricos, se encuentra implícito el paradigma cartesiano, que constituye el soporte ontológico del reduccionismo y que conduce a que la econometría realice representaciones fragmentadas de la realidad en detrimento de la capacidad explicativa de los modelos. Al usar los modelos econométricos, el tomador de decisiones está dejando fuera de consideración aspectos que podrían ser relevantes a la hora de elegir entre varias opciones.

Por otro lado, el pensamiento sistémico como método de construcción de conocimiento *"es impulsado continuamente por un afán holista"*<sup>2</sup> y a través del reconocimiento de diferentes perspectivas de un fenómeno, hace cada vez más completo el conocimiento sobre dicho fenómeno. A partir del paradigma sistémico, se construye conocimiento en el marco de una visión global e integral de los fenómenos; denotando los cambios observados en los fenómenos como el resultado de la dinámica de las múltiples relaciones de influencia entre los elementos que conforman el sistema que representa al fenómeno objeto de estudio.

Este nuevo paradigma, cumple con los criterios Kuhnianos para validar un nuevo paradigma que intenta reemplazar a otro más viejo en un campo específico a saber:

- Que la teoría sea precisa en sus predicciones para que haya una mayor conexión entre realidad y teoría.
- La consistencia teórica.
- El alcance amplio y la simplicidad en la teoría.

Al parecer, todos estos criterios son satisfechos en un grado elevado por la teoría de sistemas y la dinámica de sistemas, si bien, su principal

objetivo es el de hacer una representación de la realidad que tenga en cuenta las interacciones entre sus diferentes componentes o elementos, para dar una descripción más exacta de los fenómenos que intenta representar.

Kuhn señala que finalmente la acumulación de anomalías hace cambiar a un paradigma-observaciones que no tienen cabida y que no pueden ser explicadas por los paradigmas actuales. Estas anomalías tienen que ver en el caso de los modelos econométricos, con el excesivo grado de reduccionismo implícito en su formulación. Los modelos lineales para evaluar la viabilidad económica de los modelos de inversión se han desarrollado basándose en fuertes supuestos así como en la correlación de los rendimientos de los activos. En ellos solo se considera los dos primeros momentos de la distribución de los retornos: la media y la varianza. Esta simplificación no supone inconvenientes cuando los retornos de los activos presentan distribución normal, pero infortunadamente esto en la práctica no ocurre.

En cuanto a la parte analítica, se hará uso de los *Framework Spaces* de Harrod, complementándolo con un análisis gráfico que parte de las variables involucradas en algunas de las definiciones más usadas y relevantes del término "sustentable", las cuales se desarrollarán a continuación en el marco teórico. Para llevar a cabo este ejercicio, como terreno de observación, se tiene el conjunto de países iberoamericanos e interamericanos, en términos de sus indicadores de ciencia y tecnología, los cuales serán tomados de la RICYT (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología), para los años 1997, 2002 y 2007.

## IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

### 1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

#### 1.1. Sustentabilidad, sostenibilidad y responsabilidad social

De acuerdo con Lopez-Ricalde (2005), la definición de desarrollo sustentable se ha ido ajustando gradualmente al irse incrementando condiciones sociales en donde el ser humano es parte de

<sup>2</sup> Andrade, Dyner, Espinosa, López y Sotaquirá. Pensamiento sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad. P. 35.

un sistema y no su dueño. En primer lugar, la sustentabilidad se entiende como la capacidad de un proyecto para continuar siendo viable a largo plazo. Por tanto, está directamente relacionada con la capacidad organizacional de conducirla, es decir, con la sostenibilidad (Letelier, 2002) y con la pertinencia, definida como la utilidad pública de una actividad (en este caso económica).

Por una parte, las condiciones de sostenibilidad están asociadas con variables como la viabilidad financiera y la estabilidad presupuestaria, que permiten la ejecución eficaz y eficiente de los

procesos de una empresa u organización (Letelier, 2002).

El financiamiento, por lo tanto, debe cubrir los gastos necesarios para que las actividades productivas respondan a las demandas del entorno y a las expectativas que la población tiene en ellas. También son necesarios recursos como infraestructura física, la tecnología y los servicios de información. Además, debe demostrarse no solo que estas actividades o proyectos dispondrán de recursos, sino también que las fuentes de esos recursos se mantendrán o variarán positivamente en el tiempo.

**Figura No. 1.** Sustentabilidad, sostenibilidad y responsabilidad social: Conceptos



Por lo tanto,

**Fuente:** Elaboración propia.

La segunda condición de la sostenibilidad tiene que ver con la gestión de los recursos humanos estableciéndose las competencias que se requieren para conformar cada equipo, así como los plazos y las estrategias para alcanzar los propósitos propuestos (Letelier, 2002). Por lo tanto, las condiciones de sostenibilidad no solo están relacionadas con la eficiencia en el uso de los recursos, sino también con temas éticos.

Por otra parte, la sustentabilidad se relaciona también con la capacidad organizacional de adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno (político, económico, cultural, educacional, demográfico, etc.).

Aunque la sustentabilidad de las empresas depende de la pertinencia social de éstas y de la capacidad interna de sostenerlas con una gestión

efectiva, puede haber formas alternativas de concebir la sustentabilidad (Ver figura 1).

En la ecuación número dos se concibe la sostenibilidad como el resultado del ejercicio de la gestión, en los términos en que la define Robbins (2004), teniendo en cuenta las dimensiones de consideración con el recurso humano e iniciativa para la estructura.

De acuerdo con la cuarta ecuación del diagrama, la sustentabilidad es el resultado de una orientación a la estructura, en términos principalmente de la orientación a los objetivos y metas económicos de la empresa, y la responsabilidad social, que no es más sino la combinación entre la consideración al recurso humano, teniendo en cuenta claro está, el componente ético, y la pertinencia social y ambiental de las acciones de la empresa.

## 1.2. El carácter dual de la innovación

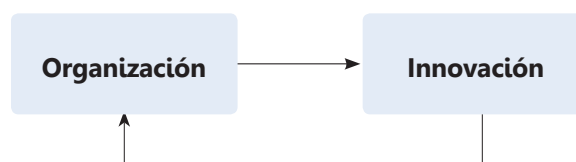
Por otro lado, es importante recordar que toda innovación tiene un carácter dual. De acuerdo con el modelo "dual-core" (Daft, 1982), dentro de la organización (o sistema en este caso), coexisten dos áreas diferenciadas donde puede surgir la innovación, la técnica y la administrativa, aunque cada una se caracteriza por tener objetivos, actividades y participantes diferenciados. Según la perspectiva del sistema sociotécnico, el buen funcionamiento de la organización requiere que los dos sistemas se encuentren en equilibrio. Una empresa no debe introducir innovaciones de un tipo, si no adopta también cambios en el otro sistema, ya que este desequilibrio redundaría en un menor desempeño de ambos. Esta noción, atiende tanto a los distintos procesos de generación y adopción de la innovación, como a la propia naturaleza de la innovación y de la organización, en la que se pueden encontrar dos áreas diferenciadas. De aquí puede deducirse que existirán variables (o actores, si se habla de Sistema de Innovación) que estén más directamente relacionadas con un tipo de innovación u otro, o por lo menos, que faciliten o dificulten un determinado proceso de adopción de la innovación.

La teoría de la estructuración de Giddens (1998) se ha movilizó para interpretar situaciones de dualidad en las organizaciones y sistemas. De hecho, la resolución de la dicotomía entre la estructura (organizacional) y la acción (innovación, en este caso), es la motivación para la teoría de la estructuración, que se basa en la idea de que la estructura, considerada como una característica inesperada de las interacciones sociales, es la entrada y la salida de acciones humanas<sup>3</sup>. Este marco se ha utilizado por ejemplo para describir la interacción entre las tecnologías de información avanzadas y las estructuras sociales (Chanal, 2002). En el contexto del diseño y de la innovación organizacional resulta particularmente relevante interpretar el dilema acción/estructura y los dilemas de la explotación/exploración (Chanal, 2002). La estructura de la

organización (o el sistema) se puede considerar entonces como un recurso y una restricción a las prácticas de innovación, es decir, los conceptos de organización e innovación están ligados de una manera recurrente o estructural (Chanal, 2002)<sup>4</sup>:

Esta idea de la naturaleza recurrente de la innovación, puede ser extendida a todos los niveles que conforman el Sistema Nacional de Innovación. Por lo tanto, es de esperarse que en la medida en que se hacen innovaciones en uno de los niveles, por ejemplo el micro, el Sistema de Innovación, entendido como un conjunto de actores interactuantes, tienda a cambiar en estructura o composición.

Figura No. 2. Carácter dual de la innovación



Fuente: Chanal, 2002

## 1.3. LA SUSTENTABILIDAD EN EL ÁMBITO DE LA INNOVACIÓN: LA SOSTENIBILIDAD Y LA PERTINENCIA

Teniendo en cuenta la ecuación 1 de la Figura 1., para evaluar la sustentabilidad de un proyecto de inversión en innovación en las IES, se necesitará evaluar dos aspectos:

1. La sostenibilidad del proyecto entendida como aquella característica que, de esta forma, se entiende por desarrollo sostenible aquel tipo de desarrollo que "satisface las necesidades del presente sin comprometer de las generaciones futuras de satisfacer las propias". En ese sentido, este tipo de desarrollo propende a que los sistemas y las instituciones de ciencia y tecnología creen capacidades internas a través del aprendizaje, que puedan ser apropiadas por

<sup>3</sup> Giddens, A. (1998). The constitution of society. Polity Press. Cambridge.

<sup>4</sup> Chanal, V. (2002). "How to design innovative organizations: a focus on practice and conversations". Egos conference, 2002.

sucesivas generaciones futuras de agentes innovadores en un proceso que podría catalogarse de iterativo.

2. La pertinencia del proyecto está asociada con el dar respuesta a la pregunta ¿A quién le interesa el desarrollo de este proyecto? Por consiguiente, se busca que los proyectos se formen con cierto grado de adecuación a las condiciones de la sociedad, el mercado, la competencia, el estado del arte de la tecnología, los recursos y oportunidades para desarrollar un proyecto.

La dependencia del progreso tecnológico de factores económicos tales como las condiciones de demanda, gastos de investigación y desarrollo y efectos de "learning by doing", implica qué cambios en el lado de la oferta no son independientes de los que ocurren en el lado de la demanda. Por consiguiente, la sostenibilidad de la innovación a través del tiempo supone un esfuerzo en términos de aprendizaje organizacional.

La pertinencia de un proyecto se considera también con relación a los objetivos, intereses y motivaciones de los diversos agentes para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto. También puede verse como la justificación del proyecto en relación con las prioridades de desarrollo<sup>5</sup>.

Con respecto al primer aspecto, la sostenibilidad, en Schumpeter la innovación se convierte en la fuente de la dinámica capitalista y en su explicación funge como un fenómeno

netamente endógeno. De esta forma, el crecimiento y el ciclo económico se funden en un solo concepto. La dependencia del progreso tecnológico de factores económicos tales como las condiciones de demanda, gastos de investigación y desarrollo y efectos de "learning by doing",

implica qué cambios en el lado de la oferta no son independientes de los que ocurren en el lado de la demanda. Por consiguiente, la sostenibilidad de la innovación a través del tiempo supone un esfuerzo en términos de **aprendizaje organizacional**, teniendo en cuenta que este es necesario para adaptar las innovaciones a la estructura de las organizaciones productivas y, a su vez, que las innovaciones posteriores que se generen dentro de la innovación sean efectivas y permitan generar ciclos sucesivos de mejora continua. Por tal motivo, la sostenibilidad de una inversión, puede verse como un resultado directo de los ciclos de aprendizaje organizacional (o institucional).

De esta forma, Argyris y Schon sostienen que básicamente las organizaciones que desarrollan el aprendizaje organizacional inician con simples procesos antirrutinarios, que no cuestionan la estructura de la organización, sus interrelaciones con el entorno, sus valores o sus procesos de toma de decisiones. Luego se adentra en un segundo nivel en el que se busca la reestructuración organizacional, siempre partiendo desde el aprendizaje individual y que cuestiona la racionalidad detrás de las acciones.

Teniendo en cuenta que la inversión es una variable de tipo económico, el desarrollo económico es sostenible cuando se puede "sostener" una determinada variable crucial, en el sentido de que no ha de disminuir en el futuro como consecuencia del propio crecimiento. En este sentido, se denominará como sostenibilidad económica al crecimiento que está basado en el crecimiento del producto y a la sostenibilidad social como aquel crecimiento acompañado paralelamente del aumento del empleo, y todo ello amparado en el crecimiento de la industria (Kaldor).

No obstante, en la bibliografía sobre la materia, los enfoques del desarrollo sostenible pueden clasificarse en tres grupos, según si la variable crucial o la función objetivo a maximizar sea el bienestar (o la utilidad), el consumo, o el capital (manufacturado o natural). La elección de la variable crucial tiene importantes implicaciones,

<sup>5</sup> Crespo, Marco Antonio (2009). Guía de diseño de proyectos sociales comunitarios bajo el enfoque del marco lógico, Edición electrónica gratuita. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2009c/575/](http://www.eumed.net/libros/2009c/575/)

puesto que su sostenibilidad a menudo entraña la insostenibilidad de otros candidatos posibles a cumplir esta función (Vercelli, 1998). Este último autor se apartó de estas clasificaciones y propuso que la variable básica que debe conservarse a través del tiempo mediante el desarrollo económico debería ser la libertad para las generaciones futuras.

Con respecto al segundo aspecto, en el ámbito de la ciencia y la tecnología, la pertinencia se puede dividir en dos grandes terrenos: pertinencia educativa y pertinencia social. La **pertinencia**, está definida por Autores como Latapí (1995), citado por Tünnermann (2006), como la dimensión que comprueba que los objetivos propuestos por la institución corresponden a los requeridos desde una perspectiva externa. Esta definición de pertinencia "científica" da pie al nacimiento de otras conceptualizaciones acordes con la naturaleza de esta perspectiva externa con la que estén relacionados los objetivos educativos. En ese sentido, se habla de pertinencia social, política, económica, cultural y hasta pedagógica, dependiendo de si los fines investigativos se vinculan o no con las necesidades y demandas de una determinada sociedad, ideología política, sector productivo, cultura o institución. Por ello, Malagón (2003) propone el concepto de pertinencia integral en la que el currículo se presenta como un eje central de la relación existente entre la escuela y los factores socioeconómicos, políticos y culturales de su entorno. Tünnermann (2006) afirma que "la valoración de la pertinencia no es una tarea fácil especialmente si se adopta el concepto amplio de pertinencia social. La pertinencia exige flexibilidad curricular y desplazar el énfasis en la transmisión del conocimiento, de los procesos de enseñanza a los de aprendizaje, centrándolos en el estudiante", quien es el que aprende y tiene que "construir el conocimiento e incorporarlo a su estructura cognitiva".

Para los organismos multilaterales y para las autoridades educativas, la **pertinencia** se reduce al vínculo productivo. Esta visión utilitarista ha alcanzado incluso a los diversos *stakeholders* (principalmente las empresas) quienes valoran la

investigación principalmente en función de su potencial práctico. El sesgo utilitarista tiende a jerarquizar los conocimientos, y por lo tanto los aprendizajes, en dos tipos básicos: los que construyen capacidades y destrezas aplicables, y el resto. Este enfoque tiene otras repercusiones: se manifiesta en esquemas de investigación y desarrollo basados en competencias.

En este sentido, Francisco Cajiao (2008)<sup>6</sup> establece la diferencia que hay en el concepto de pertinencia, entendido desde la óptica funcional de la I&D con respecto al sistema productivo y desde la percepción y necesidades específicas de los ciudadanos que acceden a las instituciones educativas.

En la primera perspectiva –que suele ser la más frecuente en la literatura–, la pertinencia se relaciona con las necesidades de la sociedad, especialmente en su aspecto productivo, pretendiendo adecuar lo que se ofrece desde la educación formal a la demanda potencial del mercado laboral. De allí provienen muchas orientaciones de política pública relacionadas con el diseño de programas académicos de corte técnico y tecnológico, así como la orientación que debería darse a ciertas áreas del conocimiento como la matemática, el aprendizaje del inglés o el énfasis en las llamadas competencias laborales. En ese sentido, la **pertinencia social** se define como la relación de la ciencia y la tecnología con la sociedad y obliga a las instituciones y centros de investigación a responder sobre lo que estos generen como "productos" y servicios en relación con las expectativas sociales. Permite la interlocución efectiva de las instituciones de CyT con los actores de su medio, ofreciendo respuestas concretas, apropiadas y oportunas a sus necesidades. La pertinencia social significa la capacidad creativa que tiene la investigación para responder en forma proactiva a las necesidades de su entorno.

<sup>6</sup> Reconocido pedagogo e investigador. A partir de su experiencia en la coordinación del debate nacional sobre la evaluación, promovido por el Ministerio de Educación Nacional y realizado en 2008, escribió esta nota sobre Pertinencia Educativa.

Por consiguiente, es preciso que los investigadores asuman como objeto de estudio de sus programas y proyectos, los problemas de la rea-

Así, como ya se ha mencionado, dentro del proceso de innovación sobresalen factores complementarios como la calificación (de los recursos humanos) y la organización (la inserción de la tecnología en los contextos sociales y procesos de producción). De ahí que la tecnología no puede separarse del entorno en el que surge ni de las estructuras organizativas donde se utiliza.

lidad local, regional y nacional, comprometiéndose de esa manera a la búsqueda de soluciones y a la generación de alternativas para el desarrollo productivo y social; dichos planteamientos y soluciones se convertirán a su vez en conocimientos que al ser sistematizados, contribuirán como materia prima para la readecuación de los planes y programas de formación de los investigadores, lo cual implica nuevamente un proceso de aprendizaje<sup>7</sup>.

#### **1.4 LA SUSTENTABILIDAD EN EL ÁMBITO DE LA INNOVACIÓN: RESPONSABILIDAD SOCIAL E INICIATIVA A LA ESTRUCTURA**

##### **1.4.1 Responsabilidad social**

El diseño de las políticas públicas de innovación ha cobrado vital importancia en el sentido de que recoge una serie de cambios estructurales en la economía nacional, que afectarán de diversa manera a las instituciones de educación superior, en las distintas regiones del país. Aquí cobra especial interés la formación de redes de innovación en dichas instituciones, lo cual está directamente asociado con la construcción y formación de capital social en torno a las IES y sus prácticas de innovación.

Los diversos factores pertenecientes a los distintos niveles del modelo nacional de competitividad (micro, meso, macro y meta) consolidan y complementan la construcción de un entorno favorable a la innovación, a la comunicación y a la calificación necesarias para insertarse en la competitividad internacional. De ahí la necesidad de impulsar la colaboración entre actores (individuos e instituciones) de ámbitos locales para crear redes de innovadores, que mediante su interacción y coordinación creen mecanismos de sinergia y economías de escala que propicien un entorno favorable al desarrollo industrial.

Así, para el enfoque evolucionista, en la innovación existe un alto grado de inseguridad por una creciente densidad del conocimiento, por la formalización de investigación y desarrollo (IyD) a nivel de empresas y por el papel complementario de los procesos informales de aprendizaje y los efectos acumulativos. En el proceso de innovación de las organizaciones, estos factores dependen de la interacción dinámica de las competencias; estas son esenciales porque enfatizan el conocimiento tácito y los procesos de aprendizaje informal, cuya especificidad depende de las tecnologías y la cultura organizativa empresarial.

La información, los conocimientos y las habilidades surgen de la acumulación local de know-how específico y del conocimiento formal generado en procesos formales e informales de aprendizaje que se desarrollan entre las empresas y las organizaciones que conforman el marco institucional, nacional y regional de una IES. Esto constituye a lo largo del tiempo un patrimonio de competencias que determinan la capacidad innovativa de la organización.

Así, como ya se ha mencionado, dentro del proceso de innovación sobresalen factores complementarios como la calificación (de los recursos humanos) y la organización (la inserción de la tecnología en los contextos sociales y procesos de producción). De ahí que la tecnología no puede separarse del entorno en el que surge ni de las estructuras organizativas donde se utiliza. El capital social de una IES estará entonces con-

<sup>7</sup> Arellano Cartagena, William. "Educación Superior y Pertinencia Social", Plan estratégico de Cartagena siglo XXI. Marzo de 2003, Colombia.

formado por el conjunto de asociaciones o redes, las cuales constituyen los vínculos que ligan los conjuntos de actores diferenciados a través de relaciones implícitas o explícitas que van desde el simple conocimiento hasta la cooperación.

#### 1.4.1 Iniciativa a la estructura

De acuerdo con Winter (2000), la acumulación de capacidades es una condición para el logro de determinados objetivos, que tienen que ver con el desempeño futuro de la puesta en marcha de una tecnología, en este caso dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las capacidades organizacionales están asociadas con las posibilidades de las organizaciones para abordar de manera satisfactoria la solución de los problemas que surgen en el proceso de introducción y utilización de una nueva tecnología. En este sentido, la existencia de capacidades asegura la superación de los problemas que emergen en el proceso, lo que da como resultado la incorporación exitosa de la tecnología.

Para abordar este asunto, aquí se adopta la aproximación sugerida por Bell (1984), en el sentido de diferenciar las capacidades operativas –aquellas que permiten mantener operativa una tecnología– de las capacidades tecnológicas –aquellas que permiten dominar y dirigir el cambio técnico–. En consecuencia, es posible identificar distintos escenarios evolutivos del proceso de introducción de una nueva tecnología, según el nivel de capacidades que las organizaciones logren acumular en función de los distintos procesos de aprendizaje tecnológico puestos en marcha, como se verá en la sección siguiente.

Como resultado de la aplicación de las capacidades acumuladas se obtiene, principalmente, un aumento en la eficiencia operativa o tecnológica de institución y, por ende, una mayor rentabilidad a mediano y largo plazo, lo que se puede asociar con procesos de aprendizaje de circuito simple (en caso de que se trate de aprendizaje meramente operativo) o de circuito doble (en caso de que se trate de aprendizaje tecnológico, en el sentido señalado por Freeman y Pérez (1988)).

## 2. PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA O PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN EN TÉRMINOS DE NECESIDADES Y PERTINENCIA

La pregunta central es la siguiente: ¿es posible establecer criterios de sustentabilidad para evaluar los posibles proyectos de inversión en innovación en las IES? Para ello, se harán las siguientes preguntas auxiliares:

1. ¿Cuáles son los determinantes (internos y externos) de la sostenibilidad de un proyecto de inversión en innovación en una IES?
2. ¿Cuáles son los criterios de pertinencia que se pueden evaluar dentro de dichos proyectos?

Sin embargo, el problema de investigación al cual apunta esta metodológicamente podría resumirse en el siguiente cuestionamiento: **¿Se pueden determinar niveles de sustentabilidad de las políticas de inversión en innovación, ciencia y tecnología?** Esta última pregunta es relevante en términos tanto de política organizacional como de políticas públicas.

## 3. RESULTADOS PRELIMINARES

### 3.1 Modelo de dinámica de sistemas

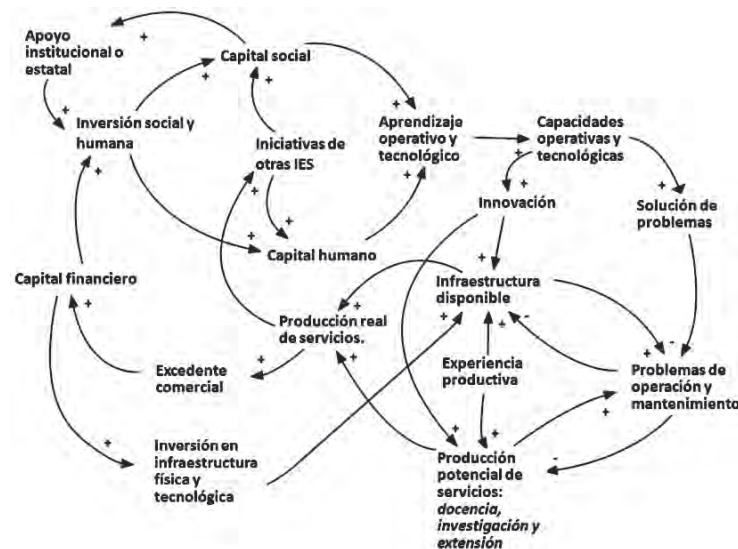
Para profundizar en la comprensión de las relaciones entre las variables que se asocian con las decisiones de inversión ciencia y tecnología, se propone inicialmente un modelo causal de dinámica de sistemas que se sustenta de la siguiente forma:

*Primera.* Las capacidades organizacionales (operativas y tecnológicas) se acumulan como resultado de procesos de aprendizaje, que a su vez son posibilitados por los capitales social y humano de la comunidad. El componente social de este capital aporta las redes y conexiones, las organizaciones formales, las relaciones de confianza, la reciprocidad y el intercambio, que convierten a la comunidad en un sistema social en el cual sus agentes están en interacción mutua y con entidades externas. Entre tanto, el componente humano, la base de aptitudes, conocimientos y competencias laborales de los individuos.

*Segunda.* Dependiendo de las tecnologías involucradas en el proceso de innovación, estas presentarán grados determinados de dificultad operativa y de dificultad tecnológica. La dificultad operativa está asociada con la frecuencia y la grave-

Por su parte, la dificultad tecnológica establece mayores exigencias a la organización y a la comunidad para mejorar significativamente, innovar y expandir los desarrollos tecnológicos y, por consiguiente, aumentar la capacidad instalada del proceso. Tanto la solución de los problemas operativos como las posibilidades de mejora, innovación y expansión dependen de las capacidades que haya acumulado la organización; en el primer caso de tipo operativo, y en el segundo, de tipo tecnológico.

**Figura No. 3.** Diagrama causal del microsistema de innovación.



**Fuente:** Elaboración propia con base en Velásquez y Ceballos (2008).

*Tercera.* La infraestructura física y tecnológica disponible de los distintos procesos y actividades de docencia, investigación y extensión, se toma en este caso como un parámetro dado. Sin embargo, la infraestructura física y tecnológica disponible puede incrementarse como resultado de la inversión, innovación y la consecuente ex-

*Cuarta.* El acceso a otros recursos como fondos económicos, información y conocimiento, depende de factores como el capital humano (en términos de capacidades operativas y tecnológicas, como

se señaló en el punto 1), así como el capital social. Este último se comparte con otras unidades de investigación, las cuales llevan en ocasiones otros procesos de innovación similares en su interior. Para medir el capital social, se puede tener en cuenta el trabajo de Giraldo-Pardo (2007), el cual integra el modelo de competitividad sistémica para las IES en Colombia, como una red social, y el cual hace mediciones de este capital a partir de los indicadores de centralidad de dicha red.

### 3.1.1 Escenarios de simulación del modelo

Siguiendo a Velásquez y Ceballos (2008), los escenarios de simulación para el caso de la introducción de una nueva tecnología, serán aquellos conformados por la dinámica entre capacidades organizacionales y desempeño tecnológico, dinámica ampliamente estudiada en la literatura de la gestión tecnológica: (a) el escenario pesimista, en el que las capacidades son insuficientes para generar algún tipo de aprendizaje y a la vez rentabilidad; (b) el escenario intermedio, en el que las tecnologías se sostienen con base en capacidades mínimas de operación y mantenimiento, y (c) el escenario optimista, en el que los procesos de aprendizaje aseguran la acumulación de capacidades superiores, los cuales posibilitan el mejoramiento continuo y la innovación de las tecnologías. Así, los escenarios que se determinaron con base en el diagrama causal anterior, fueron:

- **Escenario pesimista**

No hay aprendizaje. Bajo valor del capital social y humano lo que determina obstáculos fuertes de aprendizaje que impide a la unidad de investigación llevar a cabo el proceso de aprendizaje que permita acumular las capacidades necesarias para la resolución de problemas de operación y mantenimiento, obstruye el buen funcionamiento de la tecnología hasta que esta cae en desuso sin posibilidades de recuperar la inversión que se ha hecho en el proceso de implementación y puesta en marcha. Pérdidas.

- **Escenario intermedio**

Aprendizaje operativo. Los niveles de capitales social y humano no son todavía suficientes para dar el salto a la acumulación significativa de capacidades tecnológicas, pero sin embargo permi-

ten algún grado de acumulación de capacidades operativas, lo cual asegura que el desempeño alcance con el transcurso del tiempo los parámetros establecidos por los proveedores de la tecnología en cuestión, para satisfacer los requerimientos básicos de la unidad de investigación. Punto de equilibrio.

- **Escenario optimista**

Aprendizaje tecnológico. Gracias a los niveles de capitales social y humano alcanzados, hay una acumulación significativa de capacidades operativas y tecnológicas. Esto se manifiesta en el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías, reduciendo cada vez más el costo de la implementación y consiguiendo con ello cada vez mayor rentabilidad, gracias a la puesta en marcha de nuevos servicios como cursos on-line y videoconferencias (para dar tan solo algunos ejemplos). Incluso, da lugar a la posibilidad de "exportar" tecnología o servicios relacionados hacia otras unidades de investigación, lo cual incrementa significativamente los excedentes comerciales de la institución en cuestión. Ganancias.

## 3.2 Modelo Econométrico

### 3.2.1 Especificación del Modelo

El objetivo de este apartado consiste en analizar diferentes regímenes de ciencia y tecnología, traducidos en cambios estructurales de los Sistemas Nacionales de Innovación, considerando las fluctuaciones de la inversión y de la productividad como determinantes. Cabe anotar que estos cambios estructurales implican procesos de aprendizaje, tanto organizacional como individual entorno a dichos sistemas. Posteriormente, se identificarán y calificarán diferentes fases o caminos de crecimiento que describan una trayectoria a largo plazo. El comportamiento oscilatorio de esa trayectoria tiene que ser atribuido a regímenes diferentes, determinados por cambios en las políticas de innovación y sus efectos sobre la estructura productiva vía cambio estructural inducido. Apoyados en la visión kaldoriana y neoschumpeteriana introduciremos el *Framework Space* como instrumento de análisis de la dinámica de la trayectoria del crecimiento cognoscitivo de las Instituciones de Educación Superior.

La hipótesis de trabajo será, por lo tanto, que la política de fomento a la ciencia y la tecnología ejerce un papel importante en el proceso de crecimiento del capital (social y humano), influyendo en la trayectoria de largo plazo. La interacción entre la dinámica de corto y largo plazo generarían trayectorias de crecimiento no lineales, o sea, la trayectoria no necesariamente tiende a posiciones de equilibrio predeterminadas (como se ve en el abordaje de la teoría convencional). Esas hipótesis iniciales nos llevan a considerar que los cambios discontinuos en la trayectoria del crecimiento que reflejan o tienen impacto sobre la estructura productiva, provocando así cambios estructurales y conformando un régimen de crecimiento. En síntesis, nuestro entendimiento sobre la dinámica del aprendizaje organizacional de una economía asocia su trayectoria de aprendizaje con cambio estructural que, a su vez, condicionará cualitativamente las trayectorias futuras de aprendizaje.

La construcción del *Framework Space* se inicia tomando indicadores de producción (en este caso tecnológica o bibliográfica), y de la variación de la inversión (*i*) en términos reales, y del recurso humano (*e*). Así se define:

$$\frac{d(\log v a - \log e)}{dt} = g_v \quad (1),$$

$$\frac{d(\log i - \log e)}{dt} = g_i \quad (2).$$

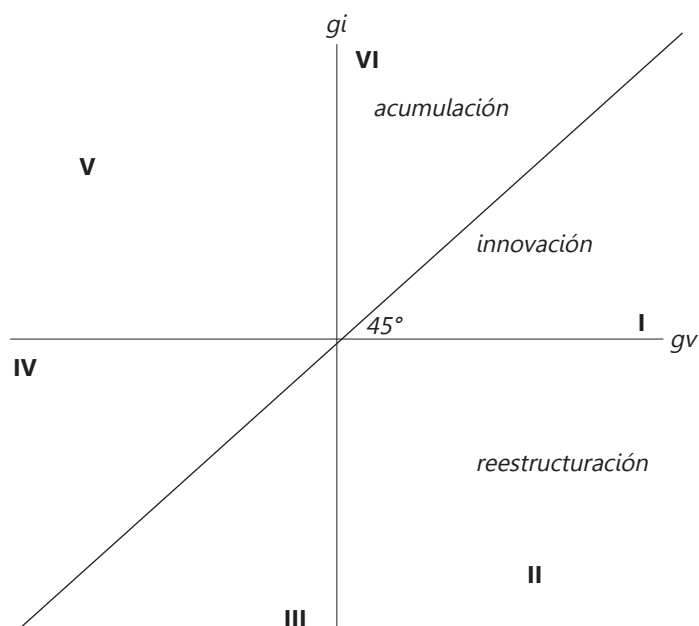
Donde  $g_v$  es la tasa de crecimiento del producto por investigador (una medida de la tasa de crecimiento de la productividad) y  $g_i$  es la tasa de crecimiento de la inversión por investigador. Las variables  $g_v$  y  $g_i$  proporcionan las coordenadas de la trayectoria dinámica de una determinada institución en el plano (Figura 1). Así, una coordenada espacial ( $g_v, g_i$ ) es el aparato analítico del *Framework Space*. Alteraciones en los niveles de las coordenadas ( $g_v, g_i$ ) representan cambios en la relación dinámica de la unidad (organización) analizada, pudiendo configurar alteraciones en la intensidad de las variables o cambios cualitativos de régimen. Cada trayectoria asociada a un comportamiento patrón de crecimiento y tratada

como régimen. Así, el régimen es un conjunto de trayectorias de crecimiento posibles que se comportan según la dinámica de un comportamiento patrón, esto es, sigue de un modelo canónico. Un cambio estructural entonces coincide con un cambio de modelo de crecimiento.

La Figura 3 ilustra cómo interpretar trayectorias de crecimiento y sus fases en el aparato del FS. En esa estructura son tratados seis regímenes y más un régimen especial. Este último es el espacio tangente a la línea que corta el plano de las coordenadas ( $g_v, g_i$ ) en el ángulo de  $45^\circ$ , es el llamado *corredor harrodiano*<sup>8</sup>, a separar el régimen VI encima de la línea, del régimen I que está debajo de esa línea. Los dos regímenes VI (Acumulación) y I (innovación) están en el primer cuadrante, puesto que los regímenes están agrupados en el segundo plano siguiendo el sentido horario. En el primer cuadrante es donde ocurre el aprendizaje organizacional (o crecimiento económico), esto es, tanto la tasa de crecimiento de la productividad ( $g_v$ ) y de la inversión por investigador ( $g_i$ ) crecen a tasas positivas. El régimen II (Reestructuración), está en el segundo cuadrante, el  $g_v$  crece mientras que  $g_i$  decrece (esto es, tienen valores negativos). Los demás regímenes, III, IV y V son, en la estructura analítica del FS, tratados como reflejos de los regímenes citados antes. Estos regímenes espejos tienen un comportamiento en términos de tasas de crecimiento inversamente a los regímenes VI, I y II. En el régimen III y IV las tasas de crecimiento de  $g_v$  y  $g_i$  son ambas negativas, ya que quedan en el tercer cuadrante (el cuadrante de la recesión económica). En el cuarto y último cuadrante, que coincide con el régimen V,  $g_v$  es decreciente y  $g_i$  creciente, lo que describe una situación, por ejemplo, en la cual el crecimiento de la intensidad de la inversión en innovación por investigador no se refleja en un incremento de la productividad por investigador. Ese es el contrario de cualquier predicción de las variadas teorías del crecimiento.

<sup>8</sup> El comportamiento harrodiano es típicamente representado por la trayectoria de steady state. O sea, las razones de  $g_v$  y  $g_i$  son constantes. Las coordenadas (0,0) se asocian al camino de crecimiento exógeno (Böhm y Punzo, 2001).

**Figura No. 4.** El Framework Space y los regímenes de crecimiento



**Fuente:** Punzo (1995). Some complex dynamics for a multisectorial model of the economy.

Una interpretación para esta argumentación es que el FS está dotado de tres patrones o regímenes de crecimiento: i) *steady state*; ii) acumulación, enfocando los cambios en la intensidad de la inversión, y iii) la innovación, funcionalmente independiente de la acumulación de capital. Estos tres estados, pueden asociarse a los escenarios de aprendizaje antes vistos. La trayectoria del crecimiento es trazada por la secuencia formada por los pares  $gv$  y  $gi$ , distribuidos en el plano de FS. Cada punto en el FS (definido por el par de las coordenadas) de una fase de crecimiento, estará asociado a una trayectoria de crecimiento. Para formalizarnos la interpretación de las trayectorias en el FS, partimos de la teoría de crecimiento neoclásica, la cual supone que la predicción del comportamiento de largo plazo de la economía sobre ciertas condiciones, está basada en las propiedades de una función de producción, aunque en una ecuación de acumulación de capital se puede encontrar un valor constante para la tasa de crecimiento del producto per-cápita, comúnmente conocida como la tasa de crecimiento de *steady state*. Esta tasa es encontrada cuando una tasa de inversión per cápita requerida (necesaria para mantener una relación capital-trabajo cons-

tante) se iguala a la inversión per cápita efectiva, o sea, es la condición de equilibrio del modelo de Solow. Podemos definir que la teoría neoclásica asume una tasa de crecimiento  $g_{NC}$ , de *steady state*, dada por:

$$g_{NC} = n + \lambda \quad (3)$$

Se considera  $n$ , la tasa de crecimiento de la población, como exógena, así como la tasa de crecimiento del progreso técnico. No en tanto, la tasa de crecimiento observada de las economías es diferente de la exógena. Esta diferencia es lo que se pretende explicar como auxilio del FS. Así, el FS intenta explicar la tasa endógena de crecimiento  $g_{EN}$  dada por desvíos de la tasa observada  $g$  de la tasa de crecimiento de *steady state*.

$$g_{EN} = g - (n + \lambda) \quad (4)$$

El FS considerará la tasa  $g_{NC}$  como punto de origen del diagrama de la Figura 1, como las coordenadas (0,0), y de esa forma definimos aquello que es relevante para ser investigado, esto es, el análisis

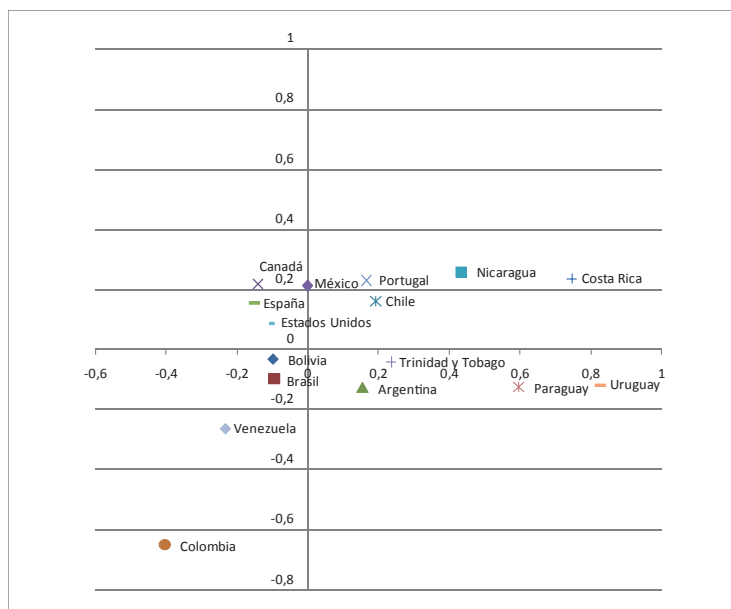
de la tasa de crecimiento endógena<sup>9</sup>. En ese sentido, asumimos que el comportamiento de la tasa efectiva  $g$  influencia la trayectoria de largo plazo y de ese modo, asumimos que la tasa de crecimiento endógena puede ser explicada a través de dos regímenes o modelos de crecimiento: el de la acumulación de capital y el de la innovación. Esto porque tanto el ritmo de la acumulación de capital incorporado en cuanto el de la innovación en la economía influenciaran la tasa de crecimiento efectiva, consecuentemente, su trayectoria a lo largo del tiempo.

En el espacio bidimensional del FS, todas las teorías de largo plazo están presentes. El modelo de Solow (1957) está en el origen, los puntos observados fuera del origen indican crecimiento endógeno que puede ser explicado tanto por la teoría kaldoriana, régimen de acumulación de capital, en cuanto por la teoría neoschumpeteriana, régimen de innovación. En ese sentido, la elucidación de un crecimiento exógeno o

endógeno puede utilizar dos clases de modelos (convencional y el kaldoriano y neoschumpeteriano), donde los dos últimos son endógenos, que estudian la dinámica de largo plazo.

Para el caso de los países estudiados, en Iberoamérica la mayoría de ellos se encontraban en un estado II (reestructuración) durante los años 1997-2002, mientras que Colombia, por ejemplo, tenía tasas de crecimiento de  $g_v$  y  $g_i$  ambas negativas, teniendo en cuenta que estaba ubicado en el tercer cuadrante (el cuadrante de la recesión económica, claro está, que en materia de investigación), al igual que Venezuela. Vale la pena mencionar que para calcular  $g_v$  se hizo con base en el número de Publicaciones en SCI-SEARCH por cada 100 investigadores (personas físicas), mientras que  $g_i$  se calculó teniendo en cuenta el gasto en Ciencia y Tecnología por investigador (personas físicas).

**Gráfico No. 1.** FS y regímenes de crecimiento para los años 1997-2002.



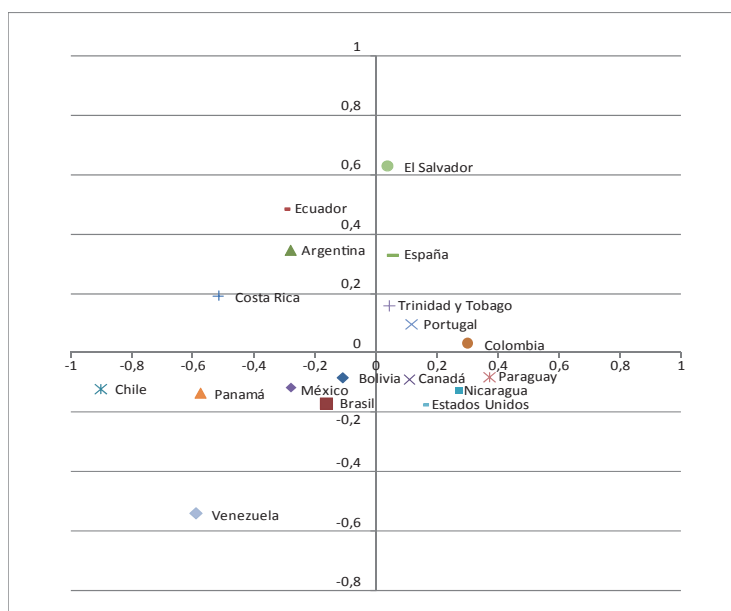
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

<sup>9</sup> Romer (1986), Lucas (1988), Romer (1990), entre otros, buscaron endogeneizar la tasa de crecimiento al introducir conocimiento, capital humano y nuevas ideas a través de Investigación y Desarrollo en la estructura de la función de producción del modelo de Solow; esa evolución de la teoría neoclásica se conoce como "nueva teoría del crecimiento".

Para el siguiente lustro, es decir, los años comprendidos entre 2002 y 2007, la situación cambió para muchos países, por ejemplo, Colombia pasó de estar en el cuadrante III a situarse en el eje horizontal positivo. Esto implica una me-

jora notable tanto en las políticas de fomento a la innovación, como también en las actividades de Investigación y Desarrollo del país. Venezuela, por su parte, continuó en una tendencia recesiva.

**Gráfico No. 1.** FS y regímenes de crecimiento para los años 2002-2007.



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

En el caso de Estados Unidos, se dio un efecto de recuperación de la inversión, ya que mientras se invirtió entre los años 1997-2002 con decrementos en la tasa de productividad, esta tasa se volvió creciente entre los años 2002-2007, posiblemente como consecuencia de las políticas de fomento precedentes.

### 3.2.2 Metodología para evaluar la sustentabilidad de los proyectos de inversión en innovación para la IES

Teniendo en cuenta que la anterior metodología fue expuesta para analizar diferentes regímenes de ciencia y tecnología, ahora debemos evaluar los distintos componentes de la "sustentabilidad", tales como la "sostenibilidad" y la "pertinencia" (ecuación 1 de la figura 1) de las políticas de innovación.

Para el caso de la sostenibilidad, esta se obtiene a partir de una relación de dos variables básicas que la componen, esto es, el producto (iniciativa a la estructura) y la inversión por investigador (consideración), de cuadro con la ecuación 2 de la figura 1. Con el fin de evaluar este componente en los diferentes países, se hicieron gráficas de dispersión que relacionaban la consideración<sup>10</sup> (gasto por investigador en

<sup>10</sup> La consideración, entendida como la acción de "tener en cuenta", implica la inclusión de actores o ideas dentro de algo más amplio. En este caso está enmarcada precisamente en la inclusión de los actores internos a los procesos de investigación e innovación, como parte activa de cada uno de estos procesos en relación a la responsabilidad que se tiene con cada uno de ellos. La medida más factible encontrada en este momento para estimar esta variable, podría ser

miles de dólares ppa) en el *eje horizontal*, con la iniciativa a la estructura<sup>11</sup> (promedio de las variables coeficiente de invención y publicaciones en *science citation*, ajustadas<sup>12</sup>), en el *eje vertical*. Los resultados se encuentran en los gráficos 1.1, 1.2 y 1.3 del Anexo. De acuerdo con esto, los países con políticas más sostenibles de investigación y desarrollo, para el año 1997 fueron Argentina, Venezuela y EE. UU. (véase gráfico 1.1). Los demás países, a excepción de Canadá, España y Brasil, tenían niveles muy bajos de sostenibilidad.

De la misma manera, se pueden establecer relaciones similares para las demás ecuaciones de la figura 1.

Para el caso de la ecuación 3, la responsabilidad social es el resultado de la conjunción de los conceptos de consideración y pertinencia. Para el caso de la consideración, se toma de nuevo el gasto por investigador (en miles de dólares ppa), mientras que la pertinencia será el promedio (aritmético) de tres variables ajustadas: 1. *Gasto en CyT por Tipo de Actividad*. 2. *Gasto en CyT por Sector de Financiamiento*. 3. *Gasto en CyT por Sector de Ejecución*. 4. *Gasto en CyT por Objetivo Socioeconómico*. 5. *Créditos Presupuestarios públicos en I+D por Objetivo Socioeconómico*. 6. *Gasto en CyT por disciplina científica*. Los resultados para la responsabilidad social, pueden verse en los gráfi-

cos 2.1, 2.2 y 2.3 del Anexo. En términos generales, los niveles de pertinencia de las políticas de CyT se mantienen altos y estables entre los años 1997 y 2007, mientras que por otra parte, se incrementa el componente de consideración a lo largo de este periodo, lo que muestra una evolución en términos de responsabilidad social para la mayoría de países.

Ahora bien, para el caso de la ecuación 1, en la cual se define la sustentabilidad en términos de la sostenibilidad y la pertinencia. Se toman exactamente los mismos indicadores que se desarrollaron para cada una de ellas en las ecuaciones 2 y 3. Los resultados, se encuentran en los gráficos 3.1, 3.2 y 3.3. A lo largo del periodo estudiado se conservan casi los mismos niveles de pertinencia para todos los países, pero hay una evolución en términos de sostenibilidad.

Por otra parte, para robustecer las conclusiones obtenidas, también se seguirá el mismo procedimiento con la ecuación 4 de la figura 1, en la cual se expresa la sustentabilidad en términos de la responsabilidad social y la iniciativa a la estructura. Los resultados se encuentran en los gráficos 4.1, 4.2 y 4.3 del Anexo. La mayoría de países conservan unos niveles medios de responsabilidad social a lo largo de todo el periodo, a excepción de algunos países como Nicaragua y Honduras, que poseen unos niveles de "responsabilidad social" extremadamente bajos o Venezuela, que siempre ostentó un nivel elevado de "responsabilidad social". Para cada uno de los tres años estudiados, el único país con alto grado de iniciativa a la estructura fue Estados Unidos y, por lo tanto, el más sustentable desde esta perspectiva, junto con Venezuela.

#### 4. RESULTADOS FINALES Y CONCLUSIONES

A partir de una visión multidimensional del problema de la sustentabilidad en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación, es posible hacer diagnósticos detallados sobre la eficacia y la eficiencia de las políticas de fomento, cuando se tienen múltiples objetivos

el gasto por investigador, teniendo en cuenta que a medida que aumenta este, los investigadores tienen más recursos, no solo para llevar a cabo sus labores, sino también para cualificarse más. Este también podría verse como un indicador de "nivel de vida", como lo es el producto per cápita, solamente que enmarcado en el ámbito de la ciencia y la tecnología.

<sup>11</sup> Como ya se explicó en el marco teórico, la iniciativa a la estructura, relacionada directamente con la consecución de resultados de un proceso.

<sup>12</sup> El ajuste consiste en aplicar el siguiente factor, el cual permite la estandarización de las unidades, pero a la vez, ayuda a visualizar el orden de los países analizados:

$$\frac{x-m}{M-m}$$

Donde *m* es el mínimo, *M* es el máximo y *x* el valor de la variable para el país estudiado

y *stakeholders*. Además, esta visión plural es importante teniendo en cuenta la complejidad mencionada desde el comienzo de este artículo, implícita en los procesos de innovación, si bien, esta muchas veces no es el resultado de un proceso planeado sino algo espontáneo. No obstante, todos los gobiernos a nivel mundial están cada vez más interesados en desarrollar estrategias que promuevan el desarrollo de la ciencia y la tecnología como parte de sus programas de desarrollo económico.

Otro aspecto relevante, que está implícito en la metodología diseñada, es el carácter dual de la innovación, la cual es un terreno fértil para el estudio de la sustentabilidad, a diferencia de otros ámbitos de decisión pública o privada, debido a que son equiparables en términos de complejidad. Este carácter dual, es compatible igualmente con el carácter dual de las dos definiciones de sustentabilidad desarrolladas en este trabajo, lo cual nos remite a una evolución de los aspectos económicos y organizacionales en paralelo con una compren-

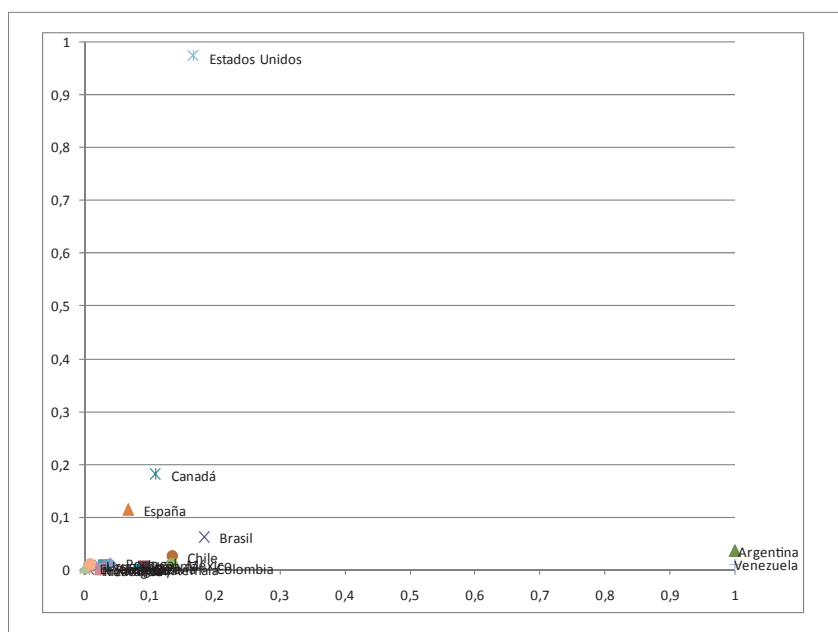
sión mayor de estos, los cuales se vislumbran en la jerga y en las teorías actuales sobre crecimiento y desarrollo.

Esa complejidad, y la conciencia de ella que es el fundamento del paradigma sistémico, el cual se muestra nuevamente como una herramienta indispensable para la comprensión de los fenómenos actuales, comprende no solo los fenómenos de recursividad y recurrencia implícitos en la construcción de los conceptos (en este caso el de sustentabilidad y el de innovación), sino también en su relación dinámica, que conforman lo que conocemos en la vida real como "tendencias" o evoluciones".

Finalmente, se espera que los diagnósticos suministrados a lo largo de este trabajo de investigación, se conviertan algún día en un insumo para la toma de decisiones estratégicas en el ámbito de la ciencia y la tecnología, así como para la formulación de políticas de fomento a la innovación.

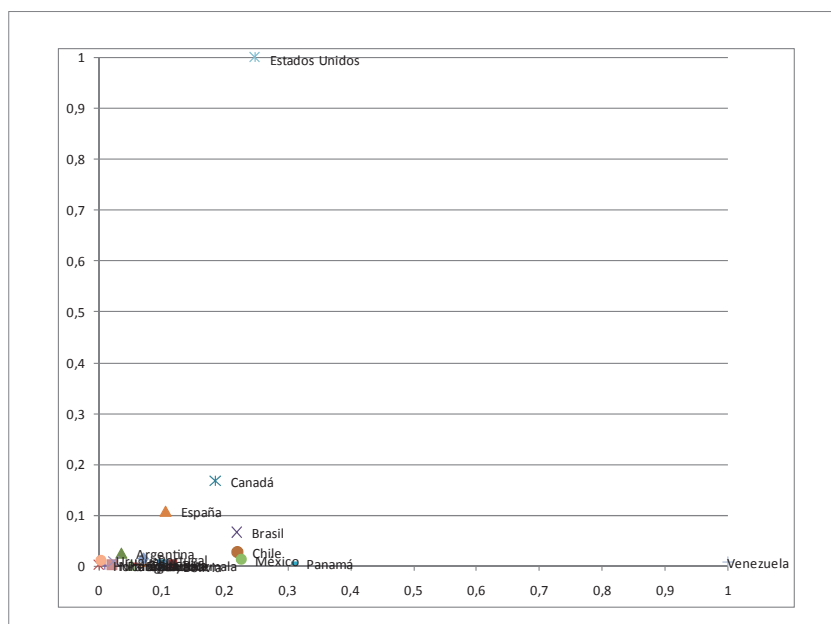
## 5. ANEXOS

**Gráfico No. 1.1.** Año 1997: sostenibilidad = consideración (eje x)+ iniciativa a la estructura (eje y)



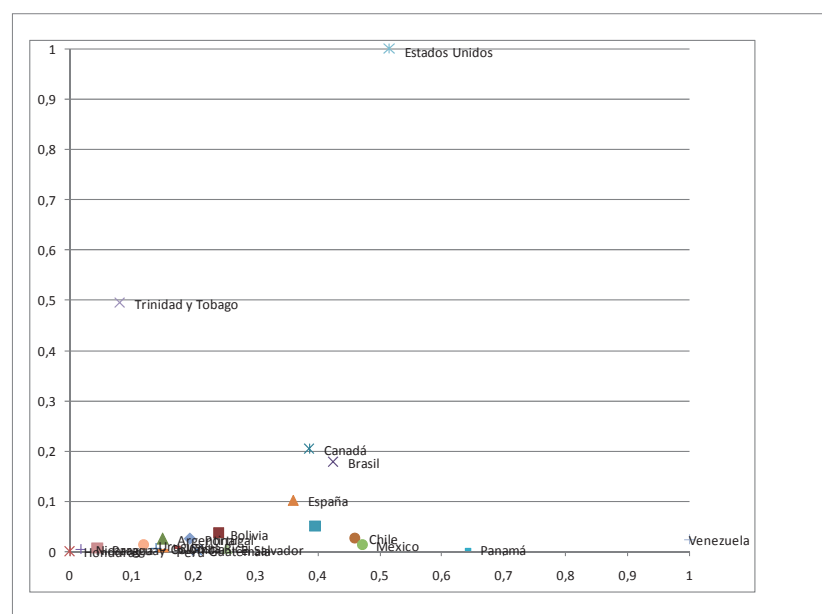
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 1.2.** Año 2002: sostenibilidad = consideración (eje x)+ iniciativa a la estructura (eje y)



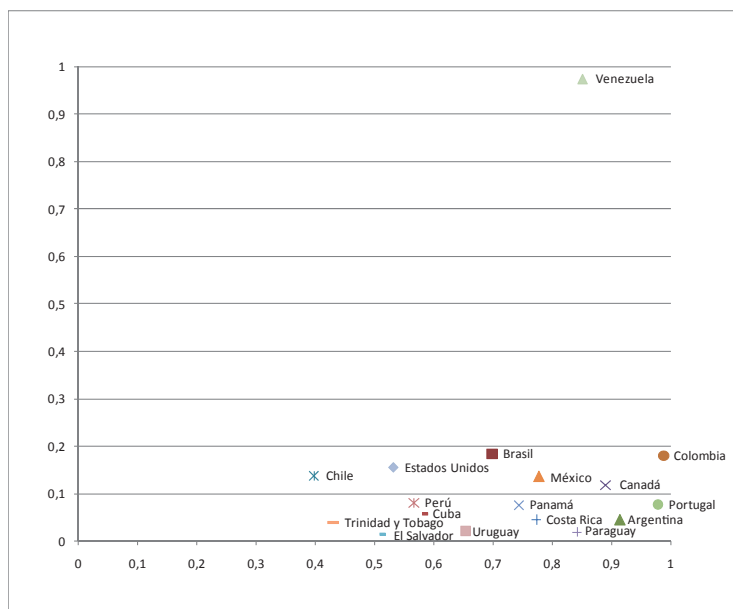
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 1.3.** Año 2007: sostenibilidad = consideración (eje x)+ iniciativa a la estructura (eje y)



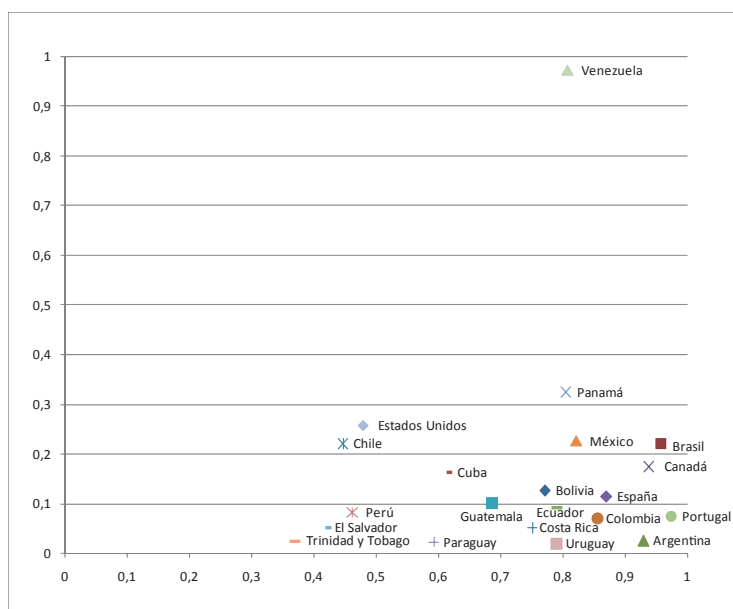
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 2.1.** Año 1997: responsabilidad social = pertinencia (eje x)+ consideración (eje y)



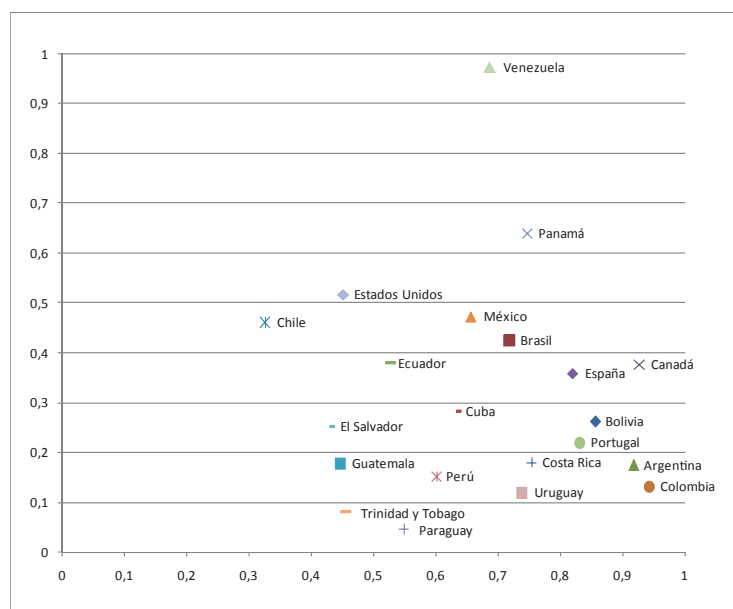
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 2.2.** Año 2002: responsabilidad social = pertinencia (eje x)+ consideración (eje y)



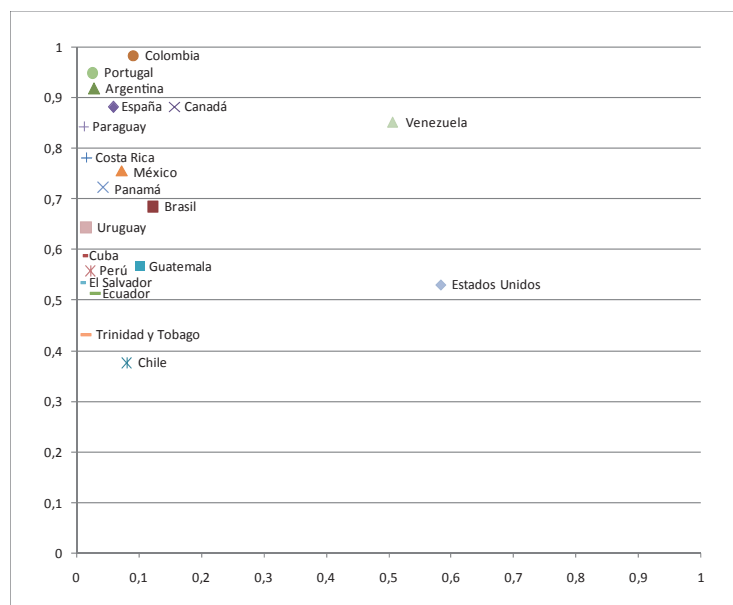
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 2.3.** Año 2007: responsabilidad social = pertinencia (eje x)+ consideración (eje y)



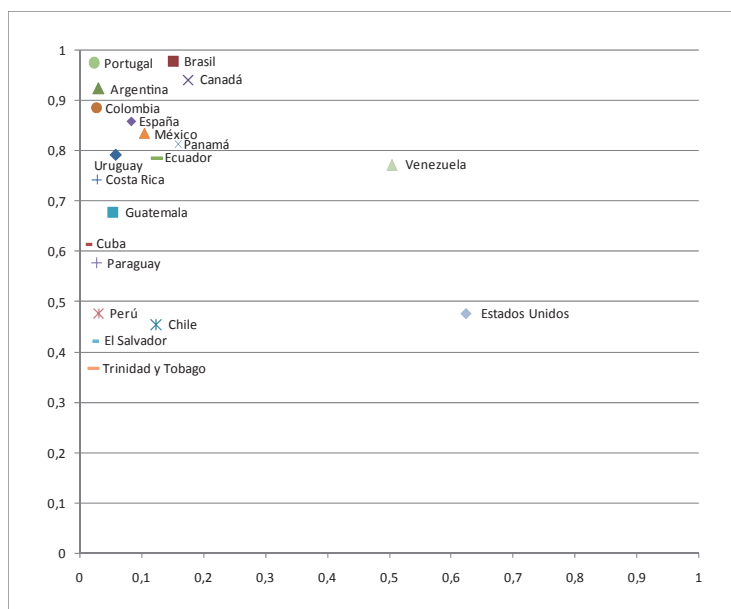
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 3.1.** Año 1997: sustentabilidad = sostenibilidad (eje x)+ pertinencia (eje y)



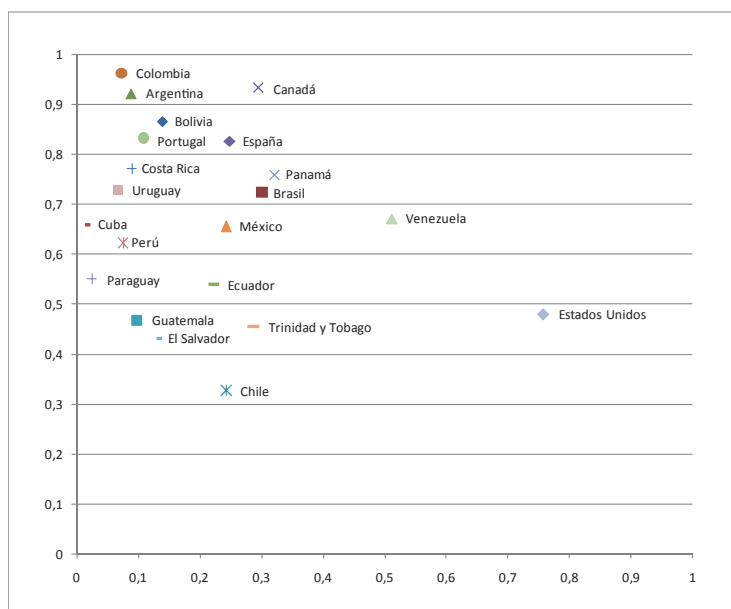
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 3.2.** Año 2002: sustentabilidad = sostenibilidad (eje x)+ pertinencia (eje y)



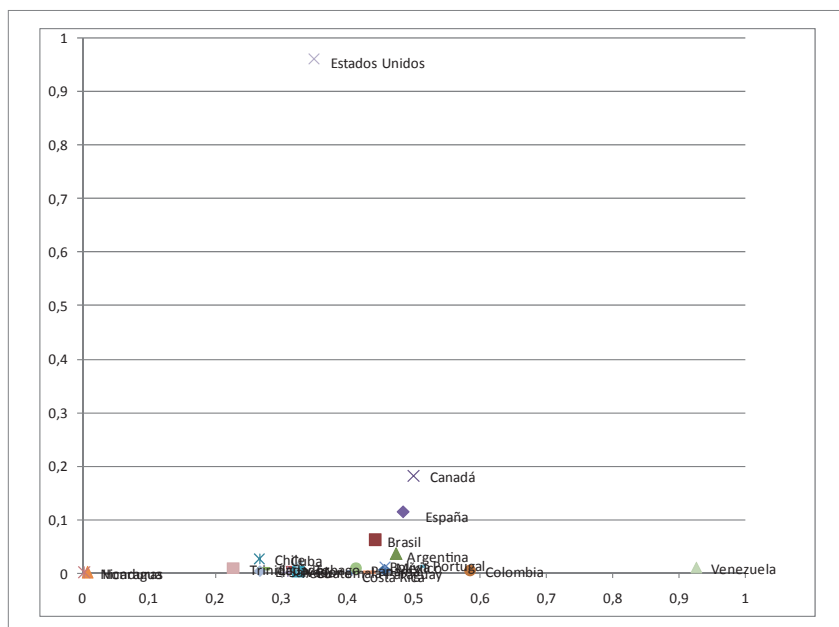
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 3.3.** Año 2007: sustentabilidad = sostenibilidad (eje x)+ pertinencia (eje y)



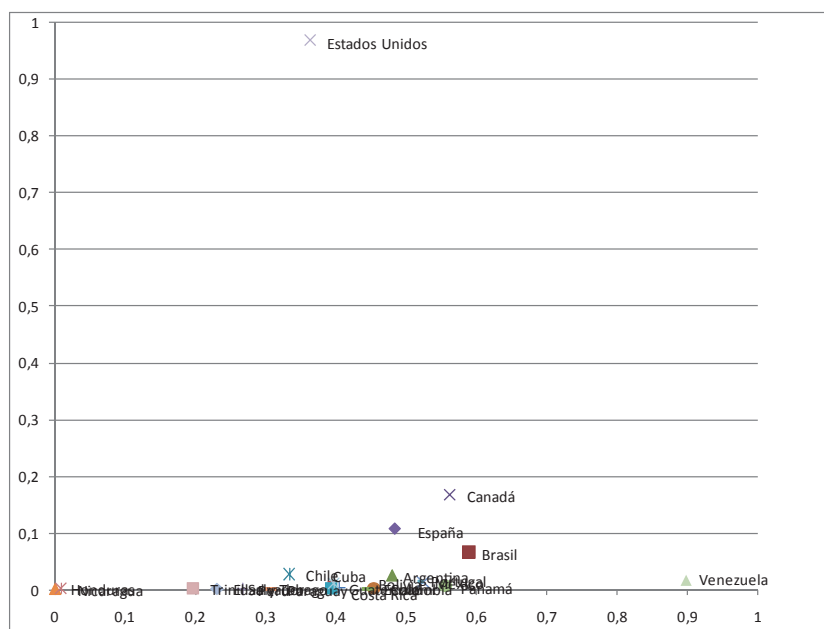
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 4.1.** Año 1997: sustentabilidad = responsabilidad social (eje x)+ iniciativa a la estructura (eje y)



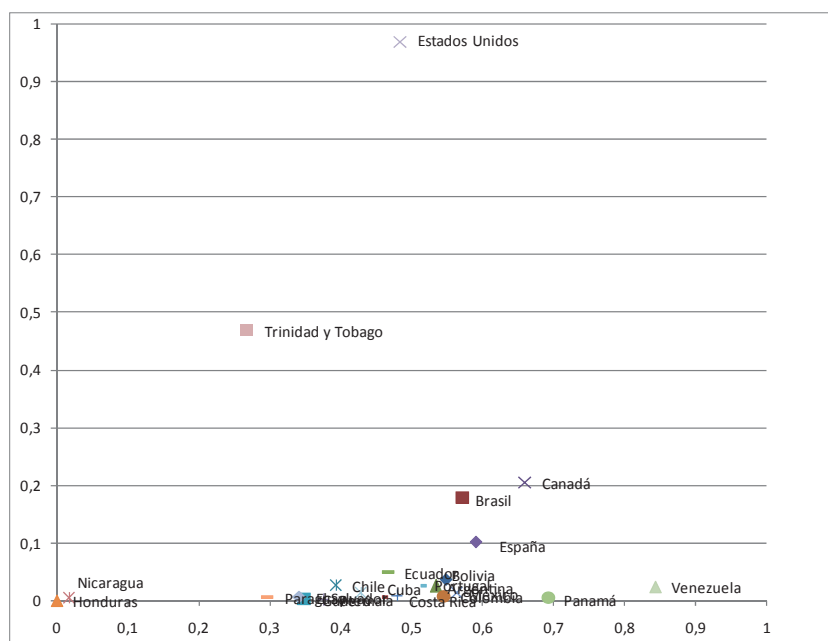
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 4.2.** Año 2002: sustentabilidad = responsabilidad social (eje x)+ iniciativa a la estructura (eje y)



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

**Gráfico No. 4.3.** Año 2007: sustentabilidad = responsabilidad social (eje x)+ iniciativa a la estructura (eje y)



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Ricyt.

## BIBLIOGRAFÍA

AITKEN, B. y HARRISON, A. (1999). *Do Domestic Firms Benefits from direct Foreign Investment? Evidence from Venezuela*. *American Economic Review*. 89 (3). 605-618.

ALBATCH y DAVIS (1996). *Desafío Global y Respuesta Nacional. Notas para un diálogo internacional sobre educación superior en Educación Superior en el siglo XXI. Desafío Global y respuesta nacional*, Buenos Aires, Editorial Biblos.

ÁLVAREZ (1997). *Etiología de un sueño o el abandono de la Universidad por parte de los estudiantes por factores no académicos*, Bogotá, Colección Ensayos, Universidad Autónoma de Colombia, Sistema Universitario de Investigaciones.

ANDRADE, H.; PARRA, J.; PINEDA, E. (2003). *Dinámica de Sistemas y Econometría: en la búsqueda de posibilidades o imposibilidades de reconocimiento a partir de la reflexión de un experiencia en Economía: en II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*.

ARACIL, J. (1983). *Introducción a la Dinámica de Sistemas*. Alianza editorial.

ARELLANO CARTAGENA, W. (2003). *Educación Superior y Pertinencia Social, Plan estratégico de Cartagena siglo XXI*, Marzo de 2003, Cartagena-Colombia.

ARGYRIS y SCHÖN (1978). *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*. Addison-Wesley.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE UNIVERSIDADES y Fondo Universitario Nacional. *Plan Básico de la Educación Superior*. Bogotá: Imprenta Nacional, 1968.

BAKIS (1993). *Les réseaux et leurs enjeux sociaux*, col. Que sais-je, núm. 2801, París: Presses Universitaires de France.

BELL, M. (1984). *Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries*. In: M. Fransman and K. King (Eds.), *Technological capability in the third world* (pp. 187-209). London: Macmillan.

BÖHM, B. y PUNZO, L.F. (2001). *Productivity-Investment Fluctuations and Structural Change*, in Cycles, Growth and Structural Change: theories and empirical evidence. Edited by Lionello F. Punzo. Routledge.

BORGATTI, EVERETT y FREEMAN (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies. En: <http://www.analytictech.com>

BOVY y VINCK (2003). *Social Complexity and the Role of Object*, En Vinck (ed.). *Everyday Engineering: An Ethnography of Design and Innovation*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.

BOWLES, S. (2005). *Microeconomics: Behavior, Institutions, and Evolution*. Princeton University Press.

BURIN y HERAS (2001). *Enfoque de Sistemas y Análisis Comunicacional aplicados a procesos de desarrollo local*, en *Desarrollo Local: Una respuesta a escala humana a la globalización*. Burin, David y Heras, Ana Inés (Comps), Ediciones Ciccus-La Crujía, Buenos Aires, 1ra. Edición, abril de 2001.

BURTON (1991). *El Sistema de Educación Superior: una visión comparativa de la organización académica*. Nueva Imagen, México.

\_\_\_\_\_. (1996). *El problema de la complejidad en la educación superior moderna*, en la Universidad Europea y Americana desde 1800. Las tres transformaciones de la Universidad moderna. Rothblatt, Sheldon y Wittrock, Björn (comps.) Ediciones Pomares-Corredor S.A., Barcelona.

CALLON (1986). *The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle*. En CALLON, LAW, y RIP, (eds.), *Mapping the dynamics of science and technology*, Basingstoke, UK, Macmillan.

\_\_\_\_\_. (1991). *Techno-economic networks and irreversibility*. En Law sociology of monsters: essays on power, technology and domination. Routledge. Londres.

\_\_\_\_\_. (1999). *Le réseau comme forme émergente et commémorialité de coordination: ...inte-*

*ractions stratégiques...*, Réseau et Coordination, Economique, Paris.

CAMORERA et. ál. (1998). *Una concepción innovadora de la comunicación en el marco de la gestión de la cultura empresarial*. En El Trabajo del Conocimiento, instrumento de gestión, Congreso Nacional de Acade, Empresa y Economía Institucional, Asociación Científica de Economía y Dirección de la Empresa, Universidad de las Palmas de Gran Canaria. En [http://www.fcee.ulpgc.es/Acede98/acede/mesa01/1\\_09c.htm](http://www.fcee.ulpgc.es/Acede98/acede/mesa01/1_09c.htm)

CASTELLS et. ál. (1994). *Flujos, redes e identidades: una teoría crítica de la sociedad informacional. Tendencias y desafíos de la universidad virtual frente a la sociedad de la información*, en Nuevas perspectivas. Crítica en educación, Barcelona: Paidós Educador.

CASTELLS (1999). *La era de la información*. Economía

CASTRO MARTÍNEZ, y FERNANDEZ DE LUCIO (2001). *Innovación y Sistemas de Innovación*. Disponible en: <http://www.imedeas.csic.es/public/cursoid/html/textos/Tema%2001%20ECIFL%20InnovacionySist.pdf>

CHAMINADE y ROBERTS (2003). *Social Capital and Innovation in SMES: A New Model of Innovation? Evidence and Discussion*. Altec, X Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica, 2003, Méjico D. F.

CHANNAL (1999). *Methods for studying innovation processes: Towards a complementarity between organizational and cognitive perspectives*. European Journal of Economic and Social Systems 13 N°. 1.

CHANAL (2002). *How to design innovative organizations: a focus on practice and conversations*. EGOS conference.

COLLIS, B. (2004). *Flexible Learning in a digital World. Open ans distance learning series*. Routledge Falmer. Oxford.

COOKE, URANGE, EXTEBARRIA (1997). *Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions*. Research Policy 4 y 5.

CORDOVEZ (1991). *Transfer of Technology to Latin America, The Development of Indigenous Technology as the basis for Economical and Social Progress*. PhD Thesis, McGill University.

CORRECHA (2003). *Estudio de Caso sobre determinantes del proceso de innovación en el sector industrial colombiano*. Bogotá, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes.

DAMANPOUR (1987). The adoption of technological, administrative, and ancillary innovations: Impact of organizational factors. *Journal of Management*, 13.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). *Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Estadísticas e indicadores del sector de educación superior*. Bogotá, julio de 2002.

DANE-DNP (2003). *Encuesta sobre Desarrollo Tecnológico en la Industria Colombiana*.

DANE - COLCIENCIAS - DNP (2005). *Innovación y Desarrollo Tecnológico en la Industria Manufacturera Colombia 2003 – 2004*. Segunda Encuesta de Innovación Tecnológica en el Sector Servicios. (EDIT II).

DODGSON (2000). *The Management of Technological Innovation*. New York: Oxford University Press.

DOSI y MALERBA (1996). *Organizational Learning and Institutional Embeddedness*, en *Organisation and Strategy in the Evolution of Enterprise*. Ed. Dosi y Malerba.

DUEÑAS-SÁNCHEZ, H. (2008). *La apropiación del conocimiento desde la práctica de la innovación en las universidades*. Universidad EAFIT.

ESSER, HILLEBRAND, MESSNER y MEYER-STAMER (1999). *Systemic Competitiveness – New Challenges to Business and Politics*. Economics, vol. 59. Alemania.

FAVIER, KALIKA y TRAHAND (2004). En PEÑA y FAVIER (2006). *E-learning en Comunidades Ais-*

*ladas. Una metodología para estudiar el problema del doble aislamiento del aprendizaje en E-learning*. En *Avances en Sistemas e Informática*. Volumen 3, Número 1. Junio 2006. Bogotá.

FACUNDO (2003). *La Educación Superior Virtual en Colombia*. Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IIESALC), (UNESCO). Bogotá, febrero 2003.

FLICHY (1995). *L'Innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*, col. *Sciences et société*, Paris Éditions la Découverte.

FORAY (2000). *Economie de la Connaissance*. Editions La Découverte, Paris.

FORERO y JARAMILLO (2000). *The access of researchers from developing countries to international science and technology*, International Social Science Journal, Special Issue on the Economics of Knowledge, No. 171, February 2002.

FREEMAN (1974). *La teoría económica de la innovación industrial*. Editorial Alianza Universidad.

FREEMAN, C. y PÉREZ, C. (1988). *Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behaviour*. En G. Dosi et. ál. (Ed.), *Technical change and economic theory* (pp. 38-66). London: Pinter Publisher.

FRENZ, M. y LEETO, G. (2007). *Does Multinationality Affect the Propensity to Innovate? An Analysis of the Third UK Community Innovation Survey*. International Review of Applied Economics. 21. (1): 99–117.

GARCÍA y CORRECHA (2003a). *Determinantes del proceso de innovación en el sector industrial colombiano*. ALTEC, X Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica, 2003, Méjico D. F.

GARCÍA y CORRECHA (2003b). *Caso Montana*. En *La innovación tecnológica en la industria colombiana: Un estudio de dos cadenas industriales*. En Vargas et ál. (eds). CEJA, Centro Editorial Javeriano.

GARCÍA DE BERRIOS (2004). *Relación de la Universidad con su Entorno Productivo: La globalización. Fundamentación.*

GARCÍA y OLARTE (2005). *Factores Claves de Éxito para una Implantación Efectiva de Iniciativas de Innovación Empresarial Apoyadas en la Metodología del Cuadro de Mando Integral. Trabajo en evaluación para ser publicado en Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica, Altec.*

GAFFARD, J.L. y PUNZO, L.F. (2005) *Economic Integration and Cross-country Convergence: exercises in growth theory and empirics.* Mimeo.

GIDDENS (1998). *The constitution of society*, Polity Press. Cambridge.

GIRALDO-PARDO, T. (2008). Innovación Tecnológica en la Academia: Una mirada desde la perspectiva sistémica y sociotécnica. Memoire D.U. en Svienes de Gestion Université de Rouen, Bogotá-Colombia.

GRIFFITHS (1993). *Learning and practicing econometrics.* Ed. New York Wiley. New York.

GONZÁLEZ GUITIÁN y MOLINA PIÑEIRO (2009). *La evaluación de la ciencia: revisión de sus indicadores, en Contribuciones a las Ciencias Sociales*, noviembre 2009, [www.eumed.net/rev/cccss/06/ggmp.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/06/ggmp.htm)

HENDERSON, R. y COCKBURN, I. (1994). *Measuring competence: Exploring Firm-Effects in Pharmaceutical Research.* Strategic Management Journal. 15 (Winter Special Issue). 63-84.

HUBER (1991). *Organizational Learning: The contributing Processes and Literature.* Organizational Science 2.

ICFES (2002). *Elementos de política para la educación superior colombiana. Memorias de gestión y prospectiva.* Bogotá.

INCHE (1998). *Modelos de innovación tecnológica.* UNMSM. Faculté d'Ingenierie Industrial. Revista Industrial Data.

JASSO (2004). Relevancia de la innovación y las redes institucionales. En <http://www.aportes.buap.mx/25ap1.pdf>

JENSEN y MECKLING (1992). *Specific and General Knowledge and Organizational Science*, en Contract Economics, editado por L. Weting y J. Wijkander, Oxford, Basil Blackwell.

JOYANDET, HERISSON y TURK (1997). *L'entrée dans la société de l'information.* Rapport d'information 435. Mission commune d'information sur l'entrée dans la société de l'information 1996-1997, París: Sénat.

KALDOR, N. (1957). *A Model of Economic Growth*, Economic Journal.

KALDOR, N. y MIRRLEES, J.A. (1961). *A New Model of Economic Growth*, Review of Economic Studies, vol. 29, 1961-1962.

KATZ (1998). *Reformas Estructurales y Comportamiento Tecnológico. Reflexiones en torno a las fuentes y naturaleza del cambio tecnológico en América Latina en los años noventa.* En Agosin et ál. (eds) *Sistemas Nacionales de Innovación: ¿Qué puede América Latina aprender de Japón?* Dolmen Ediciones. Santiago de Chile.

KEEN (1981). *Information Systems and Organizational Change*, Communications of the ACM 24, Núm.1 (enero de 1981).

KINOSHITA, Y. (2000). *R&D and Technology Spillovers via FDI: Innovation and Absorptive capacity.* William Davidson Institute.

KIM (1980). *Organizational innovation and structure.* Journal of Business Research, 8.

KLINE (1985). Innovation is not a linear process. *Research Management* Julio-Agosto 1985.

KLING y DUTTON (1980). *Social Analyses of Computing: Theoretical Perspectives in Recent Empirical Research.* Computing Survey 12, núm. 1 (marzo de 1980).

KLING (1982). *The computer Package: Dynamic Complexity*. En Dazinger et ál (eds) *Computers and Politics*, Nueva York, Columbia University Press.

KOENKER. R. y BASSET. G. (1978). *Regression quantiles*. *Econométrica*. 46. (1): 33-50.

LANGLOIS (1995). *Cognition and capabilities: opportunities seized and missed in the history of the computer industry*. In: Garud et ál. (Eds.), *Technological Entrepreneurship: Oversights and Foresights*. Cambridge University Press, New York.

LÁSCARIS (2002). *Estructura organizacional para la innovación tecnológica: el caso de América Latina*. Revista CTSI.

LATAPÍ, P. (1995). *El Plan Nacional de Educación y el discreto robo del tiempo*. *Proceso*, 972. Junio de 1995. México D.F.

LE MOIGNE (1990). *La modélisation des systèmes complexes*, Ed. Dunod, Paris.

\_\_\_\_\_. (1994). *La théorie du système général*, PUF, Paris.

LETELIER, M. (2002). *Sustentabilidad, Sostenibilidad y Pertinencia en la Educación Superior*. CICES - Universidad de Santiago de Chile. Santiago de Chile.

Ley de Fomento a la Cultura del Emprendimiento (No. 1014 del 26 de enero de 2006).

LEVY (1995). *Qu'est-ce que le virtuel?*, col. Sciences et société, París. Editions La Découverte.

LÓPEZ-RICALDE, D., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, E. Y ANCONA, P. (2005). *Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual*. Revista Horizonte Sanitario. No. 2, Vol. 4.

LUNDVALL (1992). *National Systems of Innovation*, Pinter Publishers, London.

LUNDVALL y JOHNSON (1994) *The learning economy*. *Journal of Industry Studies* 1 (2).

LUNDVALL (ed) (1995). *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter. Nueva York.

\_\_\_\_\_. (1999). *Nation States, Social Capital and Economic Development: A Systems's Approach to Knowledge Creation and Learning*. Memorias de The International Seminar on Innovation, Competitiveness and Environment in Central America: A Systems of Innovation Approach. Costa Rica.

MACHADO (1983). *La Innovación en el Sistema Tecnológico Nacional*. Memorias de la I Reunião Internacional de Administração em Ciencia y Tecnología – São Paulo, Brasil.

MALAGÓN, L. (2003). *La pertinencia en la educación superior. Elementos para su comprensión*. En Revista de la Educación Superior. Vol. 3, 127. Julio-septiembre de 2003.

MALERBA (1990). *Technological regimes and patterns of innovation: a theoretical and empirical investigation of the Italian case*. En Heertje et. ál. (Eds.), *Evolving Technology and Market Structure*, Michigan University Press, Ann Arbor.

\_\_\_\_\_. (1995). *Schumpeterian patterns of innovation*. *Camb. J. Econ.* 19 (1).

MESSNER y MEYER-STAMER (1994). *Competitividad Sistémica. Pautas de gobierno y desarrollo*. Nueva Sociedad, 133.

METCALFE (1995). *The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives*. En Stoneman (ed), *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*, Blackwell, London.

MOSCO (2000). *Les nouvelles technologies de communication: une approche politicoeconomique*, en Miège, B. *Questionner la société de l'Information*, Réseaux (France), vol. 18, núm. 101.

NELSON y WINTER (1977). In *Search of a Useful Theory of Innovation*. *Research Policy*, 6(1).

NIETO (1995). *Decisiones relevantes en la formulación de estrategias tecnológicas*. En Cuervo (1995). *Dirección de empresas de los noventa. Homenaje al profesor Marcial-Jesús López Moreno*. Editorial Civitas, Madrid.

\_\_\_\_\_. (2002). *De la gestión de la I+D a la gestión del conocimiento: una revisión de los estudios sobre la dirección de la innovación en la empresa*, Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, 11 (3).

NONAKA y TAKEUCHI (1995). *The Knowledge-Creating Company*, Oxford University Press.

NONAKA, I. TOYAMA, R. Y NAGATA, A. (2000). *A firm as a knowledge-creating entity: A new perspective on the theory of the firm: Industrial and Corporate Change*; ABI/INFORM.

O'CONNOR (2002). *Introducción al pensamiento sistémico: recursos esenciales para la creatividad y la resolución de problemas*. Ed. Urano, Buenos Aires.

OECD (1992). Oslo Manual. *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*. Paris.

\_\_\_\_\_. (1997). *The measurement of scientific and technological activities. Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data*. Oslo Manual, OCDE, París.

\_\_\_\_\_. (1996). *La innovación tecnológica: definiciones y elementos de base* Revista REDES. Volumen 3, Nro. 6. Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires.

\_\_\_\_\_. (1999). *Managing National Innovation Systems*. Organisation for Economic Cooperation and Development, París.

ORREGO, GONZÁLEZ y BETANCOURT (2000). *Evaluación de impacto en docentes participantes en proyectos de informática educativa*. Departamento de Antioquia.

PAVITT y PATEL (1995). *Corporate technology strategies and national systems of innovation en Technology Management and Corporate Strategies: A tri-continental Perspective*. Ed. J. Allouche and Pogorel.

PÉREZ (2005). *Modelo de Innovación Tecnológica Basado en Enfoques de Redes Sociotécnicas: Estudio del Caso Montana*. Bogotá, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes.

PLANETA VALLE (2002). *Combinando Saberes a través del Aprendizaje y la Innovación*. Conferencia del seminario Innovación Tecnológica, Economía y Sociedad Bucaramanga, Diciembre 9-11.

PUNZO, L. (1995). *Some complex dynamics for a multisectorial model of the economy*. *Revue économique* No. 6. Novembre 1995, pp. 1541-1559.

ROBBINS, S. (2004). *Comportamiento organizacional: Conceptos, controversias y aplicaciones*. Ed. Pearson. México.

ROGERS (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press. Nueva York.

ROHRACHER (2003). *The Role of Users in the Social Shaping of Environmental Technologies*. Innovation, 16.

SANABRIA, M. (2006). *Complejidad y Desarrollo*. Revista Empresa y Universidad Vol. 10. Universidad del Rosario. Bogotá.

SENGE, P. (1990). *The Fifth Discipline, the Art and Practice of the Learning Organization*, Doubleday Currency, London.

MEDINA SALGADO y ESPINOSA ESPÍNDOLA (1994). *La innovación en las organizaciones modernas*. En: <http://www-azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num5/doc06.htm>

SABINO (1996). *El proceso de investigación*. Segunda edición. Lumen-Hvmanitas.

SCHUMPETER, J. A. (1934). *The theory of economic development*. Harvard University Press, Boston.

\_\_\_\_\_. (1947). The Creative Response in Economic History. *Journal of Economic History*. (7). 149-159.

\_\_\_\_\_. (1950). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York: 3ª. ed. Harper.

SILVERBERG y DOSI (1988). *Innovation, diversity, and diffusion: a self organizing model*. *Economic Journal*.

SOUSA y MELLO (2003). *Gestão Da Inovação, Cultura Organizacional e a Teoria Ator-Rede: Um Estudo de caso no CEPEL*. ALTEC, X Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica, Méjico D. F.

TEUBAL, YINNON y ZUSCOVITCH (1991). Networks and market creation. *Research Policy* 20.

THOMAS, SELVA y LALOUF (2003). *Dinámica Socio-Técnica y Estilos de Innovación en países Subdesarrollados: Operaciones de Resignificación de Tecnologías en una Empresa Nuclear y Espacial Argentina*, ALTEC, X Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica, Méjico D. F.

TREMBLAY et. ál (2004). *Innovation and society: broadening the analysis of the territorial effects of innovation*. Research Note No. 2004-07A Canada Research Chair on the Socio-Organizational Challenges of the Knowledge Economy.

TÜNNERMANN (2006). *Pertinencia y calidad de la educación superior. Lección inaugural*. Guatemala, 31 de enero, 2006.

UNESCO (1998a). *La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción*. París: UNESCO.

UNESCO (1998b). *La educación superior en el siglo XXI. Visión y acción. De lo tradicional a lo virtual: las nuevas tecnologías de la información*, debate temático, París: UNESCO.

UTTERBACK (1971). *The process of technological innovation within the firm*. *Academy of Management Journal*, 10.

UTTERBACK y ABERNATHY (1975). *A dynamic model of process and product innovation*. *Omega*, 3.

Van POTTELSBERGHE y Lichtenberg. (2001). *Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders?* *The Review of Economics and Statistics*. MIT Press. 83 (3). 490-497.

VELÁSQUEZ, J. y CEBALLOS, Y. (2008). *Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas* Cuadernos de Administración 2008, 21 (enero-junio). Universidad Javeriana. Bogotá.

VÉLEZ et. ál. (2006). *Retos de la educación en Colombia*. Ministerio de Educación Nacional. Bogotá, Octubre 24 de 2006.

VÉLEZ-OSPINA, J. (2009). *Determinantes de la inversión en innovación en el sector servicios de Bogotá: estimaciones econométricas a nivel de la firma*. Universidad de La Salle. Working Paper.

VERDUZCO RÍOS y ROJO ASENJO (1994). *El cambio tecnológico: Un análisis de interpretación de agentes y escenarios como base para una metodología*. Estudios sociales y tecnológicos, Diciembre de 1994. En: [www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES/ipn/estudios\\_sociales/proyecto3/metodo2/sec3.html](http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES/ipn/estudios_sociales/proyecto3/metodo2/sec3.html)

VERSPAGEN y DUYSTERS (2004). *The small worlds of strategic technology alliances*. *Technovation*, 24.

VINCK (2003). *Everyday Engineering: An Ethnography of Design and Innovation*, Massachusetts, The MIT Press.

WINTER, S. (2000). *The satisficing principle in capability learning*. *Strategic Management Journal*, 21, 981-996.

WITTROCK (1996). *Las tres transformaciones de la universidad moderna. En La Universidad Europea y Americana desde 1800. Las tres transformaciones de la Universidad moderna*. Rothblatt, Sheldon y Wittrock, Björn (comps.) Ediciones Pomares-Corredor S.A., Barcelona.