

Borradores de ECONOMÍA

"El crecimiento económico y la supervivencia": el caso de las matemáticas y la economía □□

□

Por: Javier Guillermo Gómez P.□

No. 498
2008



otá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Col

**“El crecimiento económico y la supervivencia”:
el caso de las matemáticas y la economía**

Javier Guillermo Gómez P. *

Marzo 6 de 2008

Resumen

El tema de la “matematización” de la economía se trata en el marco de la relación entre la cultura y la tecnología y el tema del avance de las técnicas del análisis económico se enmarca en el principio de Adam Smith de la división del trabajo en la “industria de la ciencia”. Por medio de un argumento verbal se muestran las relaciones entre la cultura, la tecnología y el descubrimiento científico y se concluye que la enseñanza de la economía, además de los principios económicos, debería transmitir una buena actitud y aptitud matemáticas. Además, se emplea el ejemplo de la división del trabajo y las economías externas en la industria del conocimiento científico para ilustrar la diferencia entre economías externas y economías de escala, así como para mostrar, en el caso de la industria del conocimiento, la importancia del argumento de Currie (1986) sobre las consecuencias de política de los modelos que utilizan la axiomatización más estándar del crecimiento económico.

Clasificación JEL: O3; O40; O47; A20; C00

Palabras clave: economías externas; retornos crecientes; ciencia y tecnología; cultura y tecnología; división del trabajo

* Presentado en el seminario: El pensamiento económico de Lauchlin Currie, Banco de la República, 6 de febrero de 2008. Agradezco los comentarios de Andrés Langebaek. Mónica Rangel hizo un excelente trabajo como asistente de investigación. Las posiciones aquí asumidas son de la exclusiva responsabilidad del autor y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Investigador Banco de la Republica jgomezpi@banrep.gov.co.

Contenido

I. Introducción	2
II. La literatura.....	4
1. Ciencia, tecnología y sociedad.....	4
2. La matematización de la economía.....	5
3. La inconmensurabilidad.....	6
III. El argumento.....	9
1. La educación es parte de la cultura	9
2. La cultura y la tecnología.....	10
3. Una teoría económica del avance de la ciencia.....	11
a. La teoría.....	12
b. Algunos ejemplos.....	13
c. Las industrias que sirven de ejemplo.....	15
d. Otros enfoques al descubrimiento científico.....	15
e. Sobre la axiomatización del crecimiento.....	16
IV. Conclusión.....	19
V. Referencias	20

I. Introducción

En los últimos cincuenta años ha habido un cambio en la ciencia económica y en la cultura de los economistas: se han transformado el perfil del economista, las técnicas de análisis económico, el análisis de política y la enseñanza de la economía.

En el pasado varios economistas en Colombia y en el exterior veían la matematización de la economía como algo que no debería suceder, pues las matemáticas, argumentaban, oscurecen el análisis y ponen en riesgo la capacidad de aplicar los principios básicos.

Simultáneamente en los Estados Unidos otro grupo de economistas descubría los principios lógicos de la ciencia económica; elementos que, siguiendo a Lakatos (1976), vinieron a dar forma al “programa de investigación progresivo” de la economía neoclásica. El fundamento de la economía neoclásica es la racionalidad del *homo economicus*, que optimiza sujeto a unas restricciones. Hace medio siglo se establecían algunos importantes cimientos de ese programa de investigación, cuando Debreu (1959) demostraba la existencia del equilibrio general.

Durante los últimos cincuenta años el perfil del profesional de la _____ cambió del economista intuitivo y estadista al economista teórico y matemático. El método de la economía pasó de la inducción y la creación imaginativa, a la deducción, la construcción de modelos matemáticos y su simulación en el computador. La enseñanza de la economía pasó del método verbal e inductivo al método matemático deductivo de la optimización con restricciones. En América Latina la enseñanza de

la economía, tradicionalmente con énfasis en los debates sobre las distintas doctrinas económicas y las tendencias del pensamiento, se desplazó en cierta medida hacia el paradigma neoclásico.

Esta transformación de lo que en el lenguaje de Shchumpeter (1954) puede denominarse “las técnicas del análisis económico”, tiene dos dimensiones: una cultural y otra social. En Colombia, por ejemplo, generaciones educadas en tradiciones diferentes procuran entenderse a lado y lado de la frontera de los paradigmas. En los sectores público, privado y académico los directivos dan su experiencia y valoran y conocen las nuevas técnicas, mientras que los más jóvenes son con frecuencia los portadores de las nuevas técnicas. Con frecuencia, también los directivos, que tienen una educación menos matemática, valoran las respuestas cuantitativas.

En otros casos, no hay entendimiento entre los individuos portadores de distintas culturas. Los directivos, quienes son los que están en condición de establecer la cultura de las organizaciones, pueden ver las nuevas técnicas de análisis como irrelevantes. Por temor a la marginación los jóvenes retroceden y dejan a un lado el aporte que puede ofrecer el avance en las técnicas de análisis. Esta es una actitud que puede tener su racionalidad económica desde el punto de vista privado, pero que no es precisamente el tipo de efectos externos que Lucas (1987) considera central para el crecimiento (y que abordamos más adelante).

En este artículo se analiza este cambio de la ciencia económica, de la cultura de los economistas y de su socialización, a la luz de una pregunta: ¿cuál debe ser el papel de las matemáticas en la enseñanza de la economía en Colombia? Se sostiene que la enseñanza de la economía es parte de la cultura y que la cultura tiene una relación de dependencia mutua con el estado de las técnicas de análisis económico. Además, se estudia la transformación de estas técnicas como consecuencia de su interacción con el conocimiento y las técnicas de análisis en otras disciplinas. En este artículo también es necesario afirmar, como dijo Young (1928) al comienzo de su artículo: “Mi tema debe parecer alarmantemente formidable, pero esa no era mi intención” (p. 527)¹.

Una de las conclusiones del presente artículo, un corolario del argumento, es que la enseñanza de la economía en los programas de pregrado debe transmitir una buena disposición hacia la economía matemática, y la educación en los programas de posgrado debe ser matemática en tanto quiera cubrir el paradigma dominante de la economía neoclásica.

Se ha vuelto costumbre a esta altura del artículo decir cuál es la contribución del mismo a la literatura y esta parece ser una buena práctica dado el aumento del tamaño del mercado y de la división

¹ También citado en Schultz (1988, p. 339).

del trabajo en la industria del conocimiento. La parte original del argumento es muy pequeña, es la de considerar el argumento de Smith de la división del trabajo en la ciencia, en el marco de los elementos que fueron añadidos por Young (1928) y Currie (1997) a la teoría del crecimiento; es decir, las economías externas y el efecto la división del trabajo sobre el tamaño del mercado. Los ejemplos de economías externas en la ciencia sirven para subrayar la importancia de las mismas –por sobre las economías de escala– como motor del crecimiento, y sirven también para repetir un punto original de Currie (1986), que aquí se menciona en el contexto de la industria del conocimiento, que no es el aumento de los insumos de capital y trabajo el que causa crecimiento sino la creación y el aprovechamiento de las economías externas.

El resto del artículo se organiza en otras tres partes, además de esta introducción. La segunda parte es una revisión de la literatura. La tercera presenta el tema de la educación de los economistas en el marco de la cultura y el desarrollo de las técnicas de análisis tanto en la economía como en otras disciplinas. Finalmente la cuarta parte expone unas conclusiones.

II. La literatura

Por ser un tema general, la revisión de la literatura relevante se divide en tres temas: el primero, la ciencia en su contexto social; el segundo, la matematización de la economía, y el tercero, la inconmensurabilidad de los paradigmas y sus consecuencias culturales y sociales.

1. Ciencia, tecnología y sociedad

El primer tema es el de la nueva disciplina de la ciencia, tecnología y sociedad, también conocida como estudios de ciencia y tecnología (STS por su sigla en inglés). Dentro de la nueva disciplina de STS se destaca el trabajo de Latour (1987) quien enfatiza el contexto social en el que se produce la ciencia y la tecnología, idea que se utilizada a lo largo del artículo, en particular, en lo referido a la comunicación entre comunidades con distinta cultura.

En “Crecimiento y supervivencia” (1981a) y en Currie (1981b) el profesor Lauchlin Currie argumenta:

La vida social era vida en comunidad. Todos se conocían unos a otros. Había prestidigitadores, bailarines, grandes picnic, excursiones bajo la luna en el bote local y así sucesivamente. Todo esto era acompañado por mucho canto en comunidad. Todo esto pasó en unos pocos años con el advenimiento del automóvil. No estoy argumentando que el cambio no fue bueno. Mi punto es que *el cambio técnico tiene un impacto dramático en la cultura* (Currie 1981a, p. 17², las itálicas fueron añadidas, la traducción es nuestra).

Podemos visualizar el desarrollo como si tuviera lugar en un vasto campo de batalla en el que, por un lado, están las fuerzas que, en un sentido económico, contribuyen al estancamiento o a la recesión y, por el otro, las que favorecen el crecimiento con sus concomitantes efectos benéficos (Currie, 1981b, p. 325).

En su mayor parte, tales cambios culturales emanan de sobresaltos, eventos o desarrollos exógenos. El más importante de estos es el crecimiento económico. El cual conlleva generalmente profundos cambios en los hábitos, las actitudes, las costumbres y el entrenamiento. Para bien o para mal, *el crecimiento económico impone su propia disciplina y por fuerza genera cambios en las reglas de juego* (Currie 1981b, p. 327, las itálicas fueron añadidas).

2. La matematización de la economía

Sobre este tema sobresale la contribución de Weintraub (2002). Este autor explica que la economía importó de las matemáticas técnicas como la teoría de la optimización, la teoría de juegos, la programación dinámica y la teoría de la probabilidad. No obstante, Weintraub subraya que la matematización de la economía no fue meramente la importación de herramientas de una disciplina vista como un acervo estático de teoremas, sino principalmente la adopción de una nueva concepción de las matemáticas, a medida que iba desarrollándose esa disciplina, principalmente en lo que concierne a la axiomatización y al cambio en el concepto de lo que es rigor.

También, dentro de la literatura sobre la matematización de la economía conviene considerar uno de los aspectos de una serie de artículos de Colander (1987, 2005 y 2007), quien aborda la actitud de los estudiantes de programas de postgrado en economía hacia las matemáticas. Colander pregunta a los estudiantes: “¿es la excelencia en matemáticas importante para su éxito como estudiante?”³.

² La página se refiere al manuscrito en inglés “Economics and Survival” (1981), pues la edición en español de *Cuadernos de Economía* no contiene las secciones comprendidas entre las páginas 6 y 17 del manuscrito en inglés.

³ La encuesta de América Latina es aplicada durante 2006/2007, y aparece en Colander (2007). Es una encuesta aplicada a 125 estudiantes de posgrado de veinte universidades consideradas globales, las tres universidades en donde más respuestas se obtuvo fueron la Universidad de las Indias Occidentales, la Universidad de Chile y el Ilades/Georgetown University Universidad Alberto Hurtado. La encuesta de estudiantes en los Estados Unidos, aplicada en 1985, aparece en Colander (1987), es un cuestionario a 212 estudiantes de las universidades de Chicago, Columbia, Harvard, MIT, Standord y Yale. Estos estudiantes están igualmente divididos entre todos los años del programa de doctorado. La encuesta a estudiantes en los Estados Unidos, y en 2003 (Colander, 2005), fue respondida por 231 estudiantes de la universidades de Chicago, Columbia, Harvard, MIT, Stanford, Yale, Princeton.

Los resultados de las encuestas de Colander con respecto a esta pregunta se reproducen en el Cuadro 1. Los estudiantes que dicen que las matemáticas no son importantes, o que no saben si lo son, son el 9% (11 estudiantes) en América Latina en 2006-2007, el 17% (39 estudiantes) en los Estados Unidos en 2003; y el 2% (4 estudiantes) en los Estados Unidos en 1985. Estos resultados muestran un cambio en la percepción de los estudiantes en los Estados Unidos acerca de las matemáticas. La actitud parece dar un giro desde una percepción de las matemáticas como irrelevantes y esotéricas (es decir, difíciles de entender) hacia una percepción de las matemáticas como un conjunto de “trucos” que se deben aprender para aplicar a la economía. Para Colander (2005) la diferencia revela un cambio en la percepción de los economistas sobre sí mismos, es decir, una reformulación de lo que los economistas concebimos que es la economía.

Un último punto acerca de la matematización de la economía es el del creciente uso de modelos computarizados. Morgan y Morrison (1999)⁴ argumentan que los modelos son una nueva técnica de análisis que sirve para aumentar el conocimiento; así, ayudan a incrementar lo que sabemos tanto de la economía real como de la teoría. La informática no solo ha hecho posible la generalización del uso de modelos sino también ha llevado al nacimiento de la llamada ciencia de la complejidad⁵. La economía no solo se ha matematizado, además se está computarizando.

3. *La inconmensurabilidad*

El tercer tema de la revisión de la literatura es el problema de la inconmensurabilidad de Kuhn (1962), el cual consiste en que los científicos portadores de distintos paradigmas tienen distinta educación y experiencia en la investigación. Esto lleva a que el lenguaje, los métodos o técnicas y los temas de importancia sean distintos para los portadores de distintos paradigmas o para profesionales educados en tradiciones diferentes. Además de diferencias en la comunicación y en el método de investigación, la inconmensurabilidad plantea aspectos culturales y sociales en las organizaciones. Los individuos identificados con la cultura de cada organización son aceptados socialmente; los individuos no identificados pueden ser marginados.

⁴ Ver también Cartwright (1999).

⁵ Para una referencia sobre la ciencia de la complejidad ver Colander (2000b).

Dos paradigmas inconmensurables son el del economista neoclásico y el del profesional de las matemáticas. Sobre este caso Weintraub (2002) dice que no es posible “traducir” entre la economía y las matemáticas (es decir, expresar verbalmente el contenido de la economía matemática). Para explicar su punto, Weintraub presenta un problema de comunicación entre un economista y un matemático, en el que la intuición económica no es inteligible desde el punto de vista del razonamiento matemático. Weintraub cita la repuesta de Don Patinkin a su contradictor, un matemático: “el hecho de no entender el contexto económico del problema puede llevar a errores *matemáticos*” (Don Patinkin, 1950; citado en Weintraub, 2002, p. 174; cursivas en el original).

Otros dos paradigmas inconmensurables son los del economista matemático y el economista intuitivo. Usando el recurso de expresarse con extremos categóricos, el economista matemático es aquel que ha sido educado dentro del paradigma actualmente dominante de la economía neoclásica, quien en su caja de herramientas de investigación cuenta con la macroeconomía dinámica, la estadística, la historia y los modelos dinámicos y computarizados. El economista intuitivo es el educado en el paradigma de los modelo IS-LM, el enfoque monetario de la balanza de pagos, el enfoque de absorción, entre otros, y quien dentro de sus técnicas de análisis cuenta con los modelos estáticos, los modelos gráficos, la historia y la estadística. Otro tipo de economista intuitivo es el educado en el paradigma del economista como estadista y generalista, cuyas técnicas incluyen la lógica verbal (retórica), la imaginación creativa, la historia y los datos por contraposición a la econometría.

Sobre la inconmensurabilidad entre el economista matemático y el intuitivo se puede considerar una lista de actitudes hacia las matemáticas.

La primera actitud es la del temor a la marginación. Probablemente la primera expresión en este sentido fue la de uno de los académicos que más contribuyó a la economía neoclásica, Alfred Marshall:

Pero he estado pensando cada vez más sobre mis últimos años de trabajo en el tema, y creo que es muy improbable que un buen teorema matemático que trata sobre hipótesis económicas sea buena economía: y estudié más y más las reglas – 1) use las matemáticas como un lenguaje que le permita simplificar, no como un motor de indagación o investigación. 2) Manténgase en las matemáticas hasta que haya terminado. 3) Traduzca al inglés. 4) Ilustre con ejemplos que sean casos importantes de la vida real. 5) Queme las matemáticas. 6) Si no tiene éxito en 4), queme 5). Esto último lo he hecho varias veces... Creo que uno debería hacer todo lo posible para evitar que la gente use las matemáticas en los casos en que el inglés pueda ser tan sucinto como las matemáticas (Marshall, 1906; citado en Weintraub, 2002, p. 22, traducción nuestra).

Una actitud distinta a la del temor a la marginación es la que presenta Jevons (1871), Schumpeter (1954) y Stigler (1949). Consiste en validar el uso de las matemáticas, pero también en presentar la “traducción” de los argumentos matemáticos a lenguaje verbal. No en todas las ocasiones “el motor de

indagación” es el de las matemáticas, pero sobre esta actitud es interesante que Jevons anote que: “nuestra ciencia debe ser matemática simplemente porque trata de cantidades” (1911, p. 3), que Schumpeter añade: “es imposible formular satisfactoriamente sin matemáticas relaciones esencialmente cuantitativas” (p. 669) y que “la mayoría de los economistas, no matemáticos, no se dio nunca cuenta de toda la importancia de su deuda para con la minoría de los economistas matemáticamente preparados, por eso también dicha mayoría no tuvo dificultad en mirar despectivamente a los economistas matemáticos que exhibían su matemática, como si se tratara de una particular secta o ‘escuela’ sin mayor importancia para el conjunto de la profesión” (Schumpeter, 1954, p. 1042).

Otro grupo de economistas optó por la oposición abierta. Robinson (1932) creía que los economistas hacíamos una apología de las matemáticas, y que el giro de la economía a las matemáticas era equivocado. Dentro de esta posición pueden enmarcarse los artículos del profesor Currie sobre la enseñanza de la economía en un país en desarrollo (1965a y 1965b). El profesor expresa que las matemáticas pueden oscurecer el entendimiento y obstaculizar la aplicación de los principios básicos de la ciencia económica. Señala, igualmente, que la matematización de la economía puede llevar a un tipo de teoría económica que no es relevante. Para Currie el significado del término “relevante” es que sea útil para ayudar en la solución de los problemas de los países en desarrollo, problemas como la pobreza y la falta de seguridad social⁶.

Esta forma de pensar, para el caso de los países en desarrollo, coincidió para el caso de los Estados Unidos con una acepción distinta del término “relevante”, a saber: que sea útil para aumentar el conocimiento científico. Esta dimensión del término relevante fue consecuencia del sueño de la conquista del espacio y del hecho que los rusos tomaron la delantera cuando pusieron en órbita el satélite Sputnik. Para un economista como el profesor Currie, de quien de alguna manera se puede afirmar que ayudó a acelerar las fuerzas del mercado que llevaron a un mayor nivel de desarrollo en Colombia, la economía matemática y el desarrollo de la ciencia por la ciencia misma, en un país en desarrollo, no podía tener mayor valor que el de “un crucigrama o un problema de ajedrez” (Currie, 1965a, p. 335).

Otra posición hacia la economía matemática es la de valorarla y tratar de sacarle provecho. Aquí se encuentran los portadores del paradigma de la economía neoclásica (dentro del que debo incluirme

⁶ Otro grupo de economistas que se opone a la economía matemática es el de la controvertida “escuela” austriaca (véase por ejemplo Rothbard, 1962). Estos economistas no parecen haber entendido la teoría de la utilidad y sin utilidad marginal no pueden ver que el cálculo sea una herramienta útil o que puedan tener significado principios lógico-matemáticos como las condiciones de primer orden.

explícitamente para que el lector descunte mi sesgo científico). Típicamente la labor de construir teorías económicas consiste de dos partes: la primera, plantear el problema económico en la forma matemática de la optimización restringida; la segunda, encontrar las condiciones de primer orden y decir algo sobre ellas. En algunos casos, después del primer paso habrá alguna intuición económica que explicar, especialmente en lo que se refiere a las restricciones. En todos los casos, después del segundo paso la práctica obliga a hacer un comentario verbal sobre el significado económico de las condiciones de primer orden. Pero, cabe señalar que en ningún caso el problema puede plantearse y desarrollarse enteramente en forma verbal, pues esto equivaldría a mirar desde el lado equivocado del telescopio, o a intentar hacer una división en papel en números romanos.

III. El argumento

El argumento consta de tres premisas: la primera, que la enseñanza de la economía es parte de la cultura; la segunda, que existe una relación de doble causalidad (de dependencia mutua) entre la cultura y las técnicas de análisis económico, y la tercera, que existe una relación de doble causalidad entre las técnicas de análisis económico y las técnicas de análisis en otras disciplinas académicas.

1. La educación es parte de la cultura

La primera premisa se sustenta simplemente en la definición del término cultura. Éste término proviene del latín *cūltura*, derivada de *colere*, lo cual significa cultivar. El término tiene muchas acepciones, dos de ellas son las más importantes en el contexto de este artículo. La primera, la cultura es un “conjunto de modos de vida y costumbres [...]” (Real Academia Española, www.rae.es). La segunda, la cultura comprende las estructuras simbólicas que dan significado a esos patrones de comportamiento (Cohen, 1985).

Dos dimensiones de la educación de los economistas son cultura: el contenido y los métodos. El contenido de la enseñanza es cultura, pues señala los conocimientos que son valiosos y, por tanto, transmite los valores de la profesión. El método de enseñanza es cultura debido a que es un patrón de actividad humana.

Aquí vale la pena mencionar que el profesor Currie enseñaba por medio del método socrático, el cual consistía en hacer que el estudiante encontrara la explicación de las cosas (la teoría) haciéndole una serie de preguntas⁷. “De ahí que al estudiante haya que confundirlo, estimularlo y provocarlo hasta que piense” (Currie, 1965, p. 353). Los estudiantes salíamos pensando que éramos muy inteligentes por haber llegado a “parir” (de ahí el término mayéutica o método socrático) las teorías. Esta sensación solo duraba hasta el momento de encontrar que estas ideas eran teoría reconocida y que el crédito había sido del profesor porque había podido “hacer salir la verdad” de sus estudiantes por medio de una sucesión de preguntas del estilo: ¿porqué este tema es importante?, ¿qué le dice este cuadro de datos?, ¿cómo así?, ¿cómo podría sustentarlo?, ¿hay otra explicación más consistente con los datos?, mire que..., ¿cómo o con qué supuesto llegó a esa conclusión?

2. La cultura y la tecnología

La segunda de las premisas es la relación de dependencia mutua entre las técnicas del análisis económico y la cultura de los economistas. Las técnicas del análisis económico son tecnología. Así como existe una “tecnología médica” y una “tecnología espacial”, también existe una “tecnología económica”, es decir, un conjunto de herramientas disponibles para construir conocimiento económico, y también para aplicarlo, si es el caso, en la formulación de políticas.

La relación de dependencia mutua entre la tecnología y la cultura la estudiamos en dos partes; primero, la causalidad de la tecnología a la cultura, segundo la causalidad en dirección a la tecnología.

En primera instancia veamos la causalidad en dirección a la cultura. Cada cambio en la tecnología económica, debido a la incorporación de nuevas técnicas, lleva necesariamente a un cambio en la cultura. La razón está en que la inclusión o exclusión de una nueva tecnología en los programas de educación y en las prácticas de los economistas implica una reformulación de lo que la profesión considera como técnicas valiosas, y como no valiosas o irrelevantes; es decir, un replanteamiento de los valores de la profesión. Para el caso, la matematización de la economía, según Weintraub (2002, p. 100), implicó una nueva formulación de los conceptos de la ciencia y un replanteamiento de lo que es el conocimiento en la ciencia económica.

⁷ La clase debía ser restringida a un número pequeño de estudiantes.

Ahora veamos la causalidad en el sentido contrario, es decir, desde el cambio o estancamiento en la cultura hacia el cambio o estancamiento en la tecnología económica^{8,9}.

Pueden citarse tres medios a través de los cuales la cultura de los economistas puede cambiar la tecnología económica que se implementa: el primero, la enseñanza, tanto en su componente de contenidos como en el de valores; el segundo, los “símbolos de la tribu”, es decir, la forma como se asigna el estatus a los miembros de la profesión portadores de distintas culturas o tecnologías, y el tercero, las “señales de tránsito” como por ejemplo los premios y distinciones académicas y profesionales.

De forma visionaria Currie reconoció la necesidad de dirigir la cultura de forma consciente. En su época había cierto escepticismo sobre la dirección que tomaría el destino de la humanidad como consecuencia del desarrollo de la tecnología. El profesor expresaba que la idea del ciudadano común de pensar que los que están en el poder sabían hacia dónde se dirigía la humanidad era una ilusión:

[...] nuestros pilotos se preocupan más por mantenerse en la cabina de mando que por nuestro destino (Currie, 1981a, p. 310) [...] no tenemos ni la más remota idea de a dónde nos dirigimos” (Currie, 1981a, p. 304).

La preocupación sobre el destino de la humanidad se originaba en el desarrollo de la tecnología; concretamente, en el uso de la energía nuclear para la construcción de armas, en las consecuencias ecológicas del desarrollo y en la falta de desarrollo de los países pobres. A esta lista hoy debería añadirse el calentamiento global. Esta “irracionalidad tecnológica” (véase en las referencias “Technology, history of”) hacía pensar que la humanidad no tenía control de su destino y que su supervivencia estaba en riesgo. Por esto era imperativo aprender a dirigir la cultura conscientemente.

3. *Una teoría económica del avance de la ciencia*

⁸ La idea de dirigir la cultura conscientemente ha sido desarrollada en el campo de la cultura corporativa por Tucker (2006), Senge *et. al.* (2004) y Schein (1988), entre otros. No es solo una teoría académica; en Wall Street, por ejemplo, los ascensos son decididos en primer lugar por mérito y en segundo lugar por el valor del individuo como portador de la cultura (Larsen, White y Saigol, 2006). En una noticia periodística se presenta el caso en donde se promueve conscientemente la cultura del *trader* por sobre la del profesional de la banca de inversión.

⁹ No solo la cultura puede ser favorable o desfavorable a la adopción de determinadas tecnologías, también lo pueden ser los intereses económicos. Parente y Prescott (1999) explican cómo la diferencia entre el nivel de riqueza de las distintas naciones puede explicarse por la presencia de intereses que impiden que se adopten las mejores tecnologías.

La tercera premisa es la relación entre lo que hemos denominado la tecnología económica o las técnicas de análisis económico y las técnicas de análisis en otras disciplinas del conocimiento. Esta premisa es una implicación de la teoría del crecimiento de Young (1928) y Currie (1981c, 1986 y 1997), que tiene su raíz en la *Riqueza de las naciones* de Adam Smith:

Así como la facultad de cambiar motiva la división del trabajo, la amplitud de esta división se haya limitada por la extensión de aquella facultad o, dicho en otras palabras, por la extensión del mercado (Smith, 1776, p. 20).

[...] la división del trabajo depende del tamaño del mercado, pero el tamaño del mercado también depende de la división del trabajo (Young, 1928, p. 539-540, traducción del autor).

Todo avance importante en la organización de la producción, sin importar si está basado en algo que, en el sentido técnico estricto, sería llamado una nueva “invención” o que implica una aplicación nueva de los frutos del progreso científico a la industria, altera las condiciones de la actividad industrial e inicia respuestas en otros sitios de la estructura industrial que a su turno tienen mayores efectos perturbadores (Young, 1928, p. 533, traducción del autor).

El crecimiento *una vez en curso*, es en sí mismo el factor que lleva a más economías de escala (o lo que llamamos “retornos crecientes”) y entonces lleva a más crecimiento (Currie 1986, p. 545, traducción del autor).

Es decir, en la teoría del crecimiento de Smith y Young hay tres elementos: el tamaño del mercado, la división del trabajo y las economías externas. El tamaño del mercado limita la división del trabajo, pero las economías externas permiten mayor división del trabajo y mayor tamaño del mercado, esta es la base del argumento del crecimiento autosostenido de Currie (1997).

a. La teoría

¿Tiene esta teoría aplicación al desarrollo de la ciencia? En el primer capítulo de la *Riqueza de las naciones*, inmediatamente después del ejemplo de la fábrica de alfileres, dice Adam Smith:

[...] algunos otros [progresos] se deben a los llamados filósofos y hombres de especulación, cuya actividad no consiste en hacer cosa alguna sino en observarlas todas y, por esta razón, son a veces capaces de *combinar o coordinar* las propiedades de los objetos más dispares. Con el progreso de la sociedad, la Filosofía y la especulación se convierten, como cualquier otro ministerio, en el afán y la profesión de ciertos grupos de ciudadanos. Como cualquier otro empleo, también ése se subdivide en gran número de ramos diferentes, cada uno de los cuales ofrece cierta ocupación especial a cada grupo o categoría de filósofos[...] Cada uno de los individuos se hace más experto en su ramo, se produce más en total y la cantidad de ciencia se acrecienta considerablemente (Smith, 1776, p. 13-14, en itálicas lo que en mi opinión son economías externas, 1928).

[...] la división del trabajo depende del tamaño del mercado, pero el tamaño del mercado también depende de la división del trabajo. En esta circunstancia se basa la posibilidad del progreso económico, *parte del progreso que viene*

como resultado de nuevo conocimiento que el hombre es capaz de ganar [...]” (Young, 1928, p. 539, las itálicas fueron añadidas, la traducción es del autor).

El tema de las matemáticas en la economía nos ha llevado a una teoría económica del descubrimiento científico originada en los principios de división del trabajo de Adam Smith, economías externas de Young (1928) y crecimiento autosostenido de Currie (1997).

Esta teoría del crecimiento, aplicada al caso de la industria de la ciencia, permite ver el conocimiento nuevo como causa y consecuencia de economías externas. Se importan técnicas de análisis y conocimientos de otras disciplinas y también se adaptan artefactos del campo de la tecnología. A medida que se estudian nuevos temas y se crean nuevas ciencias, el aumento del acervo de conocimiento a su vez se constituye en nueva fuente de economías externas tanto para la ciencia misma como para la tecnología^{10, 11}.

Hasta aquí la demostración del argumento.

b. Algunos ejemplos¹²

En la edad antigua todas las disciplinas formaban parte de un solo cuerpo del conocimiento: la filosofía, la ciencia y la teología. En sociedades con menor grado de división del trabajo el relativamente pequeño número de filósofos producía conocimiento en todos los campos del saber; en efecto, la *Enciclopedia Británica* cita los principales trabajos de Aristóteles en campos tan variados

¹⁰ Esta teoría del descubrimiento científico de la economía lleva implícita una idea de permanente progreso. Esta visión de progreso también es explícita en Schumpeter (1954): “los campos no se limitan a aplicar un acervo de hechos y técnicas ya preparados para el uso en la economía general, sino que acrecientan ellos mismos ese depósito (Schumpeter 1954, p. 60)”

¹¹ Una importante advertencia de Weintraub (2002) es que el desarrollo del conocimiento no es una combinación aleatoria de técnicas de análisis. En el caso de la matematización de la economía la clave no era añadir matemáticas a la economía existente sino descubrir con la ayuda de las matemáticas los principios lógicos del *homo economicus*. Weintraub (2002) cita el caso de algunos economistas cuya concepción de la economía consistía en la matematización de analogías de la física y cuya idea del rigor era la de fundamentar la teoría en la analogía con la ciencia física (Capítulo 2). Como consecuencia del cambio de la idea de rigor en las matemáticas, la idea de rigor en la economía se transformó a la derivación lógica y deductiva de conclusiones con base en premisas. El plan de investigación de estos economistas se convirtió en un programa degenerativo (en el sentido de Lakatos, 1976) y fue dominado por el programa de investigación de Walras, Jevons, Pareto, Debreu, es decir, el de la economía neoclásica. Esta transformación significó un cambio en lo que conocemos como ciencia de la economía y una nueva reformulación de los conceptos de la economía. Weintraub no descarta que en el futuro las analogías de la física continúen aportando al desarrollo de la economía, pero añade que eventualmente la importancia de su origen debe desvanecer a medida que aumenta la relevancia de la lógica económica.

¹² Mi agradecimiento a Mónica Rangel por su colaboración en la identificación y el desarrollo de estos ejemplos de economías externas en el desarrollo de la ciencia.

como lógica, biología y zoología, física y metafísica, sociología y filosofía de la mente, ética, teoría política, retórica y poética (véase en las referencias “Aristotle”)¹³. Aún en el siglo XVI la ciencia y la teología no se podían distinguir. En la “física celestial” de Kepler, por ejemplo, los astros se mueven ayudados por los ángeles.

Como hemos comentado, uno de los motores de la ciencia es el de las economías externas pues originan mayor división del trabajo y mayor tamaño del mercado. Los casos de economías externas en el desarrollo de la ciencia son innumerables. Algunos de ellos saltan a la vista en narraciones de la historia de la ciencia:

El corazón y el sistema vascular pudo ser considerado como una válvula y un sistema de tubos y pudo ser entendido sin recurso a espíritus u otras fuerzas inmunes al análisis” (p. 17)... La *Óptica* [de Newton] habría de servir como el modelo en los siglos XVIII y comienzos del XIX para la investigación del calor, luz, electricidad, magnetismo, y átomos químicos” (p. 18)... El genio de Newton lo guió en la [...] creación de una herramienta matemática fundamental –el cálculo (inventado simultáneamente por Gottfried Leibniz)– [que] le permitió someter las fuerzas que infririó a la medición. El resultado fue [...] *Los principios matemáticos de la filosofía natural* [...] 1687. Aquí había una nueva física que se aplicaba igual de bien a los cuerpos terrenales y celestiales. [...] La publicación de *Los principios*... siempre ha sido considerada como el símbolo de la revolución científica (“Science, History of”, p. 16, traducción del autor).

En la misma narración se ven con claridad los casos en los que desarrollos en la tecnología se convierten en economías externas para el desarrollo de la ciencia:

[...] nuevos instrumentos como el microscopio y el telescopio multiplicaron en forma vasta los mundos que el hombre tenía que considerar (p. 17). Los viajes del descubrimiento trajeron un flujo de nuevos especímenes botánicos y zoológicos... (p. 17)... la industria de la maquinaria... hizo posible la construcción de instrumentos cada vez más delicados y refinados para la ciencia (p. 20). Mejoras en el microscopio durante el siglo XIX hicieron posible descubrir la estructura básica de las células, y el rápido progreso en la bioquímica permitió investigar minuciosamente la fisiología celular (p. 22, traducción del autor).

En economía es famoso el caso del flujo circular de Quesnay, doctor en medicina, quien explicó el flujo de ingreso en la economía por analogía con el flujo circular de la sangre en el cuerpo humano, e identificó como materia de atención del economista el aumento del producto neto. El darwinismo también dio origen a teorías evolucionistas de la empresa (véase por ejemplo Nelson y Winter 1974 y 1982). Por su parte, el *homo economicus* incursionó en una variedad de campos inaugurando las nuevas disciplinas de la neuroeconomía, la bioeconomía y la geografía económica.

¹³ La idea de la especialización es más antigua que el trabajo de Adam Smith. Schumpeter (1954, p. 92) indica que Aristóteles tomó la idea de la especialización de Platón. El concepto de especialización enfatizaba aquello en lo que cada uno era por naturaleza más apto. Incluso, Smith (1776) ve el talento como fruto de la especialización y, además, añade el importante principio económico que el tamaño del mercado limita el grado de división del trabajo.

c. Las industrias que sirven de ejemplo

El ejemplo de Adam Smith es el de la fábrica de alfileres. El ejemplo de Young (1928) es el del desarrollo de la imprenta (pp. 537 y 538). Young enfatiza los efectos sobre otras industrias hacia delante y hacia atrás a lo largo de la cadena de producción. El sector ejemplo para Currie es el de la construcción. La política del sector líder del profesor Currie, es la de estimular exógenamente el ciclo división del trabajo → economías externas → tamaño del mercado → economías externas → división del trabajo (es el profesor Currie quien aplica esta teoría tanto en los Estados Unidos en su condición de *new dealer* durante la segunda guerra mundial, como en Colombia con el plan de las cuatro estrategias).

Para estudiar las implicaciones de la teoría que aquí se considera, conviene contemplar la política del sector líder en el caso de la investigación científica. El estímulo exógeno a la producción de ciencia crearía economías externas hacia atrás (*hardware* y *software* y los profesionales dedicados a esas ocupaciones), y economías externas hacia delante (nuevos temas, nuevas ciencias y la aplicación del conocimiento a la tecnología). No todos los sectores tienen la misma capacidad de estimular la economía, y en el caso del sector de la investigación científica la ventaja parece estar en sus nexos hacia adelante, principalmente en cuanto al aumento del conocimiento y su eventual aplicación a la tecnología. No se está aquí proponiendo una política sino simplemente considerando las implicaciones de una teoría.

d. Otros enfoques al descubrimiento científico

El tema de la ciencia como objetivo de estudio ha sido abordado desde las disciplinas de la filosofía de la ciencia, la historia de la ciencia, la historia de la ciencia y la tecnología, STS y, como en el caso que aquí nos ocupa, desde la economía. Teniendo en cuenta la multiplicidad de enfoques, es claro que no existe una mejor forma de aproximarse al tema y, por tanto parece válido presentar el punto de vista de un economista, una teoría de la división del trabajo, las economías externas y los retornos crecientes en la producción de conocimiento.

En la literatura económica existente no solo las economías externas se han considerado como posible motor de la ciencia¹⁴. Schumpeter esboza otros mecanismos o motores como, por ejemplo, el de la sistematización: “despojar de su recubrimiento de errores algunos elementos [...] y [...] ensamblar estas piezas en una teoría clara y completa” (p. 419) [...] y el del trabajo de la profesión como comunidad: “todos los descubrimientos de importancia se tienen que repetir varias veces” (p. 419), “los logros históricos son pocas veces cosas aisladas [...] más bien se asemejan a los picos que sobresalen por encima de sierras de menor altura” (p. 540).

Otro tratamiento de la pregunta del desarrollo de la ciencia desde la economía se encuentra en Bramoullé y Saint-Paul (2007). Estos autores consideran un modelo en el que la creación de ciencia alterna en dos regímenes, uno de ciencia normal, en el que se desarrollan los paradigmas existentes, y otro de revoluciones científicas. La lectura de este artículo permitirá ver cómo el rigor matemático puede llevar a la agudeza analítica.

Otro punto de vista se encuentra en Langley *et. al.* (1987). Para ellos el motor de la ciencia es la capacidad de solucionar problemas. Estos autores toman la teoría de la solución de problemas de la psicología cognitiva. Es significativo que la solución de problemas sea parte central de la cultura de los matemáticos.

e. Sobre la axiomatización del crecimiento

Conviene comentar sobre un argumento que enfatizó el profesor Currie: la axiomatización de la relación entre el producto, los insumos y el factor tecnológico y el uso de este axioma en las teorías del crecimiento (Currie, 1986). Para el profesor, este tipo de axiomatización del crecimiento económico obscurece el valioso concepto de economías externas –que había aprendido de su profesor Young–, el cual es el origen o la causa del crecimiento (la división del trabajo y el mayor tamaño del mercado también pueden funcionar como causas, pero las economías externas parecen tener un papel central en la causalidad). Para Currie, el problema es que esta axiomatización del crecimiento lleva a conclusiones

¹⁴ Schumpeter dejó inconclusa su teoría del desarrollo científico, pero posiblemente habría seguido a Adam Smith. Schumpeter (1954) deja entrever que su teoría del desarrollo científico era la idea de Smith cuando afirma que, dice “la división del trabajo en la investigación y en la enseñanza ha producido igual en economía que en otras ciencias, un número indeterminado de especialidades generalmente llamadas «campos aplicados»” (p. 59) [...] «todos esos campos aplicados son mezclas de hechos y de técnicas [...], los campos no se limitan a aplicar un acervo de hechos y técnicas ya preparados para el uso en la economía general, sino que acrecientan ellos mismos ese depósito» (p. 60, el subrayado es mío).

de política erróneas: por ejemplo, varios autores proponen, y aún ha venido a formar parte del sentido común, que para aumentar el producto o acelerar el crecimiento es necesario aumentar los insumos de capital y trabajo. En el caso particular de la industria del conocimiento, sería necesario aumentar el número de investigadores y el gasto en investigación y desarrollo. Sin embargo, para Currie (1986) las políticas de aumento de los insumos no necesariamente tienen consecuencias sobre el crecimiento económico porque la causa del crecimiento parece estar en las economías externas, la división del trabajo, el tamaño del mercado y no en el aumento de los insumos de capital y trabajo. En el caso de la industria de la ciencia, el lector puede revisar los ejemplos de economías externas anteriormente citados y formarse una opinión acerca de si el crecimiento tuvo origen en el aumento de los insumos de capital y trabajo o en la creación de economías externas. Por ejemplo, ¿es el crecimiento de la ciencia de la complejidad consecuencia de la inversión en computadores e investigadores o consecuencia de la aparición del computador?

Probablemente el origen de la axiomatización del crecimiento económico en una función de producción que relaciona producto, insumos y tecnología tiene su origen en Marshall (1890), para quien el concepto de economías externas es el mismo que en Smith y Young:

Si un hombre comienza una nueva idea, ésta es tomada por otros y combinada con sugerencias de estos últimos; y se vuelve la fuente de otras ideas nuevas” (Marshall 1890, Libro IV, Capítulo X) [...] las economías externas están constantemente creciendo en importancia relativamente a las internas en todos los asuntos del intercambio de conocimiento: periódicos, y publicaciones comerciales y técnicas de todo tipo lo están poniendo [al hombre de la industria] en la delantera y trayéndole gran parte del conocimiento que necesita Idem., Libro IV, Capítulo XI, traducción nuestra).

Sin embargo, Marshall subordina las economías externas a la presencia de economías de escala:

El argumento general del presente libro muestra que un aumento en el volumen de producción de cualquier bien generalmente aumentará el tamaño y, por tanto, las economías internas que pertenecen a esa firma representativa; que siempre aumentará las economías externas a las que la firma tiene acceso; y entonces le permitirá manufacturar a un menor costo proporcional de trabajo y de sacrificio que antes (Idem, Libro IV, Capítulo XIII, traducción del autor).

Aquí Marshall incluye las economías externas como algo que se ve o que sucede a medida que avanzan las economías de escala. Nuestra forma de percibir el asunto es que en esta forma de pensar, posiblemente común también a otros economistas, está el origen de la axiomatización del crecimiento económico con base en funciones de producción que relacionan los insumos con el producto; así, la clave del crecimiento, las economías externas, el tamaño del mercado y la división del trabajo queda

relegada a un segundo plano y las políticas, que para Currie son equivocadas, siempre estarán en la agenda.

La axiomatización estándar del crecimiento como función de los insumos y del cambio tecnológico no es ajena al fenómeno de las economías externas en general ni del desarrollo de la ciencia en particular. En efecto, Lucas (1987) se refiere a la acumulación de capital humano como

[...] una actividad social que envuelve a grupos de personas (p. 19). [...] los efectos externos[...] tienen que ver con las influencias que las personas tienen en la productividad de otros, entonces, el alcance de estos efectos tiene que ver con las formas como varios grupos de personas interactúan (p. 37) [...] Sabemos que este tipo de efectos externos es común a todas las artes y ciencias –las ‘profesiones creativas’. Toda la historia intelectual es la historia de estos efectos. [...] una colección de personas [...] cada uno enfatizando su propia originalidad y unicidad (p. 38, traducción del autor).

Una axiomatización alternativa del crecimiento, en términos de lo que se conoce como el álgebra de Dixit y Stiglitz, es la de Romer (1987). Esta parece ser una axiomatización más “realista” de la división del trabajo y de las economías externas¹⁵.

A la luz de la teoría del crecimiento del profesor Currie, la teoría del crecimiento ha desatinado en el realismo. En la profesión es común ver el realismo como algo que no tiene importancia, especialmente como consecuencia de una lectura ligera de Friedman (1953) quien dice que el realismo de los supuestos no es un *test* adicional de una teoría. En efecto, Friedman es crítico del realismo que no contribuye al argumento:

Una teoría completamente realista del mercado de trigo tendría que incluir [...] el color del pelo y de los ojos de cada trader, [...], el número de miembros de su familia, [...]. Cualquier intento de moverse muy lejos en alcanzar este tipo de “realismo” ciertamente hará la teoría inútil (1953, p. 32).

Sin embargo, en Friedman y Schwartz (1963), se aborda en el mayor detalle el realismo lo que constituye parte central de la teoría. Por ejemplo, para explicar cómo la gran depresión habría podido ser evitada o atenuada, Friedman y Swartz entran en un considerable nivel de detalle o realismo sobre los individuos, su capacidad de liderazgo, experiencia y su forma de pensar:

“La explicación de [...] la política inepta después de 1929 es [...] la falta de entendimiento y experiencia de los individuos a los cuales cambió el poder (p. 411). [Benjamin] Strong más que ningún otro individuo tenía la confianza y respaldo de otros líderes financieros dentro y fuera del Sistema [de la Reserva Federal], la fuerza personal para hacer que sus puntos de vista prevalecieran y también el coraje de actuar para hacerlos valer (p. 412). Strong murió en octubre de [1928] (p. 413). No había ningún miembro del *Board* con la estatura de Strong en la comunidad financiera o en el Sistema de la Reserva [Federal], o con experiencia comparable, fuerza personal, o coraje demostrado (p. 416). En

¹⁵ Las implicaciones cuantitativas de esta teoría han sido criticadas por Parente (2000).

ausencia de un liderazgo intelectual vigoroso de parte del *Board*, o de un consenso sobre la política correcta en la comunidad o en los gobernadores del Banco de la Reserva [Federal] decididos y capaces de asumir responsabilidad por un curso independiente, las tendencias a la indefinición y a la indeterminación tuvieron todo su alcance (1963, p. 418, traducción nuestra).

Más que las matemáticas en sí mismas, el realismo o el desacierto en el realismo puede hacer que las teorías, o parte de las mismas, sean irrelevantes. En el siglo XVIII existía el flogisto pero hoy sabemos que en realidad solo existe en la imaginación. También existieron teorías geocéntricas del universo que pudieron ser exitosas en satisfacer la curiosidad de porqué el sol sale cada día. La historia de la ciencia presenta una serie de teorías “*as if*”, pero el avance de la misma ha llevado al hombre a la luna o a crear ovejas con determinadas características y a importantes avances en el campo de la inmunización. Este tipo de éxitos en la aplicación de la ciencia hace que la correspondencia de las teorías con la realidad sea muy convincente.

IV. Conclusión

Una implicación del argumento desarrollado en este artículo es que el desarrollo de las técnicas de análisis económico o de la tecnología en general significa avance o progreso; es decir, crecimiento. Por esta razón creo que no deberíamos promover una cultura de oposición a la economía matemática. No quiero parecer como refutando un planteamiento del profesor Currie: una cultura no se refuta, la cultura cambia. Por el contrario, he encontrado en las teorías del profesor Currie sobre la cultura, la tecnología y el crecimiento económico un medio para expresar mi punto de vista sobre las matemáticas en la economía.

Quisiera terminar con una visión actual de la cultura. De un lado, en enero de 2008 la Asociación Americana de Economistas explicaba las razones por las cuales entregaba la medalla Clark de 2008: “Susan Athey es una teórica aplicada [...] enfocada en utilizar la teoría para entender asuntos económicos relevantes [...] ha desarrollado herramientas y técnicas que dan base a trabajo empírico fuertemente fundamentado en teoría económica sólida” (www.aea.org, el subrayado ha sido añadido), lo cual es una visión de los valores en la academia. Por otro lado, en la actualidad en instituciones de política, como es el caso de varios bancos centrales, se consolidan grupos de modelos macroeconómicos creados especialmente para construir modelos y simular escenarios útiles en el análisis de política. Estos modelos también sirven para dar respuestas cuantitativas de pronóstico, lo cual es una visión de los valores en las instituciones de política –una buena guía sobre cómo la

academia y las instituciones de política pueden acercarse en un diálogo con economías externas está en Blinder (1999)–.

Las matemáticas no nos pueden llevar a pasar por alto el valor de los principios básicos de la economía, los cuales aparecen en los textos de pregrado, pues se considera que contienen los principios lógicos más fundamentales dentro del paradigma dominante. Pero al mismo tiempo la enseñanza de la economía a nivel de pregrado debe transmitir una buena disposición hacia las matemáticas, y a nivel de posgrado, si se quiere que la educación de la economía gire alrededor del paradigma dominante, debe consistir en la economía neoclásica que es matemática.

V. Referencias

- “Aristotle”. Encyclopædia Britannica Online <<http://www.britannica.com/eb/article-9108312>>, consultada el 24 de febrero de 2008.
- Blinder, A. *Theory and Practice of Central Banking*, The MIT Press, 1999.
- Bramoullé, Y.; Saint-Paul, G. “Research Cycles”, documento de trabajo CIRPÉE, núm. 07-04, 2007.
- Cartwright, N. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Springer Netherlands, 1999.
- Cohen, A. *The Symbolic Construction of Community*, Routledge: New York, 1985.
- Colander, D.; Nopo, H. “The Making of a Latin American Global Economist”, documento de trabajo núm. 0705, Middlebury College, Department of Economics, 2007.
- Colander, D. “The Making of an Economist Redux”, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 19, núm. (1, pp. 175-198, American Economic Association, 2005.
- Colander, D. “New Millennium Economics: How Did It Get This Way, and What Way Is It?”, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, núm. (1, pp. 121-132, invierno, [American Economic Association], 2000.
- Colander, D. *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*. Edward Elgar, 2000b.
- Colander, D.; Klamer, A. “The Making of an Economist”, *Journal of Economic Perspectives*, , vol. 1, (2, pp. 95-111, [American Economic Association], Fall, 1987.
- Currie, L. “La enseñanza de la economía (I): la economía en un país en desarrollo”, en: *Homenaje a Lauchlin Currie, Cuadernos de Economía* vol. XIII, núm. 18-19, pp. 331-343, [Universidad Nacional de Colombia], [1965a], 2993.
- Currie, L. “La enseñanza de la economía (II): extractos de informes sobre algunas facultades”, *Homenaje a Lauchlin Currie, Cuadernos de Economía*, vol. XIII, núm. 18-19, pp. 345-353, [Universidad Nacional de Colombia], [1965b] 1993.
- Currie, L. “El crecimiento económico y la supervivencia”, en: *Homenaje a Lauchlin Currie, Cuadernos de Economía* vol. XIII, núm. 18-19. pp. 301-312. [Universidad Nacional de Colombia], [1981a] 1993.
- Currie, L. “Impacto de la cultura sobre el desarrollo y la asesoría económica”, en: *Homenaje a Lauchlin Currie, Cuadernos de Economía* [Universidad Nacional de Colombia] vol. XIII, núm. 18-19, pp. 315-328, [1981, 1981b] 1993.

- Currie, L. "Allyn Young and the Development of Growth Theory", *Journal of Economic Studies*, vol. 8, núm. 1, 1981.
- Currie, L. "Sources of Growth", *World Development*, vol. 14, núm. 4, pp. 541-547, 1986.
- Currie, L. "Implications of an Endogenous Theory of Growth in Allyn Young's Macroeconomic Concept of Increasing Returns" (publicación póstuma), *History of Political Economy*, vol., 29 núm. (3), pp. 413-443, 1997.
- Debreu, G. *The Theory of Value: An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*, (editorial y ciudad) 1959.
- Friedman, M. *Essays in Positive Economics*. The University of Chicago Press. Chicago y Londres, 1953.
- Friedman, M.; Swartz, A.J. *A Monetary History of the United States 1867-1960*. Princeton University Press, 1963.
- Jevons, S. *The Theory of Political Economy*, Londres: MacMillan and Co., Limited, cuarta edición, [1871] 1911.
- Kuhn, T. *The Structure of Scientific Revolutions*, (editorial y ciudad?) 1962.
- Langley, P.; Gary G.S.; Bradshaw, L.; Zutko, J. *Scientific Discovery, Computational Explorations of the Creative Processes*. Massachusett: The MIT Press, 1987.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1987
- Lakatos, I. *Proofs and Refutations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- Larsen, P. White, B.; Saigol, L. "Goldman's Best Prepare for the Ultimate Reward", Disponible en internet. *Financial Times*, octubre 16 de 2006.
- Lucas, R. Jr. "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp.3-42, 1988.
- Latour, B. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Harvard University Press, Cambridge Mass, USA, 1987.
- Marshall, A. *Principles of Economics*, Londres, McMillan and Co. Ltd., 1890.
- Morgan, M.S.; Morrison, M. (eds.). *Models as Mediators, Perspectives on Natual and Social Sciences*, Cambridge: Cambridge Univesity Press, 1999.
- Nelson, R.R.; Winter, S.G. (1974), "Neoclassical vs. Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus", *Economic Journal*, Vol. 84, 886-905.
- Nelson, R.R.; Winter, S.G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press, Cambridge, MA. y London.
- Parente, S.L.; Prescott, E.C. "Monopoly Rights: Barrier to Riches" *American Economic Review*, vol. 89, núm. 1216-1233, [American Economic Association] 1999.
- Parente, S. "The Failure of Endogenous Growth", *Knowledge, Technology and Policy*, vol. 13, núm. 4, pp. 49-58, 2001.
- Romer, P. M. "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization", *American Economic Review*, vol. 77, núm. (2), pp. 56-62, mayo, American Economic Association 1987.
- Rothbard, M. *Man, Economy & State*. Ludwig von Mises Institute. 1962.
- Samuelson, P. *Economics: An Introductory Analysis*, McGraw-Hill, 1948.
- Schultz, Th. W. "On Investing Specialized Human Capital to Attain Increasing Returns", en: G. Ranis y T. P. Shultz, *The State of Development Economics*, Oxford Blackwell, 1988.
- Schumpeter, J. A. *Historia del análisis económico*. Barcelona: Ariel Economía, 1954.
- Smith, A. *Investigación sobre la naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones*, México: Fondo de Cultura Económica, tercera reimpresión de la primera edición en español de 1958.
- Stigler, G. "Five Lectures on Economic Problems", Freeport, NY, Books for Libraries Press, [1949] 1969.

“Technology, history of”. Encyclopædia Britannica Online,
 <<http://www.britannica.com/eb/article-10382>>, consultada en 2008.

Young, A. A. “Increasing Returns and Economic Progress”, *The Economic Journal*, diciembre, 1928.

Cuadro 1. Cree usted que la excelencia en matemáticas es importante para su éxito como estudiante?

	Estudiantes de América Latina 2006/2007	Estudiantes en los Estados Unidos 2003	Estudiantes en los Estados Unidos 1985
No importante o no sabe	9%	18%	2%
Muy importante o moderadamente importante	91%	82%	98%

Fuente: Colander (1987, 2005 y 2007).