



Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

González, Claudia

De la acumulación del conocimiento y la tecnología

Revista de Ingeniería, núm. 25, mayo, 2007, pp. 46-51

Universidad de Los Andes

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121014223005>

- 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

# De la acumulación del conocimiento y la tecnología

Recibido 28 de septiembre de 2006, aprobado 30 marzo de 2007.

## Claudia González

Ingeniera Industrial, PhD. en Economía del Desarrollo, Master en Economía, Master en Educación y Desarrollo. Profesora asistente, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia. clagonza@uniandes.edu.co

**RESUMEN** Nos ocupa en este artículo la relación entre tecnología, acumulación del conocimiento y educación. Los modelos de desarrollo tratan como variables independientes los factores de producción; creemos que están correlacionados ya que todos se derivan de la acumulación de conocimiento que sólo se da en el capital humano. Se argumenta que sólo la tecnología endógena contribuye al crecimiento, debido a las rentas de la apropiación del nuevo conocimiento; la tecnología exógena se convierte en información y su contribución al producto se ve matizada por los precios monopolísticos de adquisición. El sistema educativo en los países en desarrollo no parece contribuir a la acumulación del

conocimiento o al crecimiento económico, en cuanto a nuevas ideas o mayor productividad marginal del trabajo. En Colombia el producto interno creció a una tasa similar a la de la población en 30 años, mientras la tasa de acumulación de capital humano, medido a través de la escolaridad, es superior. Finalmente, abrimos el debate sobre la relación entre el stock de capital humano y la acumulación de conocimiento, en busca de una mayor eficiencia en la inversión de la educación.

## PALABRAS CLAVE

Acumulación del conocimiento, tecnología endógena, educación, filosofía.

---

## About Building Up Knowledge and Technology

**ABSTRACT** This article addresses the relationships among technology, knowledge and education. Development models treat factors of production as independent variables, but we believe they are correlated. All are byproducts of the accumulation of knowledge, which is only possible through human capital. Only endogenous technology would affect growth, due to monopoly rents. Exogenous technology becomes information and its effect on growth is minimized through payment of monopoly prices. The educational system in developing countries does not seem to contribute either to knowledge accumulation or greater labor productivity.

In Colombia the average rate of GNP growth in 30 years has been similar to population growth, while the growth rate of schooling is higher. Finally, we open for debate the relationship between the stock of human capital and the accumulation of knowledge, hoping to contribute to the improvement of efficiency in educational investment.

## KEYWORDS

Knowledge Accumulation, endogenous technology, education, philosophy.

Durante el siglo XX, especialmente en los últimos 50 años, los modelos de crecimiento económico basados en los diferentes factores de producción han hecho énfasis en la tecnología, entendida ésta como el conocimiento que permite la combinación del capital y del trabajo. El capital humano se considera importante como medio para mejorar la productividad marginal del trabajador, donde un aumento de la cantidad de stock generará un crecimiento de la producción, como sucede en el capital físico (infraestructura y maquinaria)

En el modelo neoclásico de crecimiento de Solow [1], el capital y el trabajo obtienen sus respectivos productos marginales con retornos decrecientes; la porción del crecimiento no explicada es atribuida al cambio tecnológico que es exógeno o un parámetro dado. El cambio tecnológico se equipara al crecimiento del conocimiento y mide el incremento de la productividad en general [2]; y corresponde a la fracción del crecimiento no explicado por la productividad marginal del capital y de la mano de obra. Aún más, la tecnología es la variable más importante en explicar el crecimiento.

Romer [3][4] introdujo el concepto de crecimiento de la tecnología endógeno. “En estos modelos, la sociedad premia a las empresas investigadoras con el disfrute del poder monopolístico si éstas consiguen inventar un nuevo producto o si consiguen mejorar la calidad de los productos existentes” [2]. Es el conocimiento y su acumulación, no los factores de producción físicos, lo importante para el crecimiento.

La tecnología es un insumo que no es un bien convencional ni un bien público; es un bien no rival que puede ser compartido por miles de personas al mismo tiempo, prácticamente sin límite. Este concepto de no rivalidad no debe ser confundido con el de no exclusión porque se puede limitar el uso del bien a través de derechos de autor y pago por su uso. En contraposición, los bienes rivales son tangibles y se pueden poseer y no compartir. Lo importante es que los bienes rivales son cosas y los no rivales son ideas

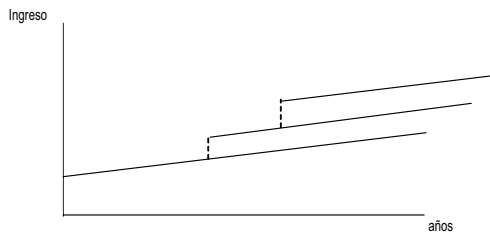
cuyo valor aumenta en proporción a la cantidad de bienes rivales en que se pueda transformar.

Para Romer, la función de producción muestra externalidades del capital, que pueden surgir del aprendizaje por la práctica y desbordamiento de los conocimientos (Knowledge Spillover). Esto es, cuando una empresa aumenta su stock de capital a través de la inversión, no sólo aumenta su propia producción sino la de las empresas que la rodean, ya que con la inversión adquieren experiencia y conocimientos que también pueden ser utilizados por las demás empresas [2]. Para Lucas [5], el concepto de la acumulación de conocimiento se relaciona con las externalidades del capital humano o los efectos que las personas tienen en el trabajo de otros, que no siempre beneficiarán a los países pobres porque éstos tienden a exportar los mejores individuos a países desarrollados, lo que hace que pierdan este capital humano y se mantengan pobres [6].

Lo que nos ocupa en este documento es la relación que existe entre conocimiento, tecnología y educación. Es claro que el conocimiento abarca mucho más que la tecnología, aunque la tecnología se entienda como el conocimiento, pero sólo en lo que permite la combinación de los otros dos factores de producción: capital y trabajo. En general se cree que sólo a través de la investigación y desarrollo se llega al conocimiento o al desarrollo de nuevas tecnologías o productos. Aún más, el crecimiento endógeno implica que las nuevas ideas sólo aparecerán cuando éstas puedan estar protegidas legalmente, de forma tal que la limitación del acceso a este conocimiento permita la recuperación de la inversión en I & D a través de precios monopolísticos.

La teoría del crecimiento endógeno no se refiere explícitamente a la educación, se supone que existe una relación entre la generación de nuevas ideas y el stock especialmente capacitado de capital humano que trabaja en I & D [6]. Sin embargo, lo fundamental parecería estar en la educación que es la que genera ese stock de capital humano. La interpretación de la

teoría de crecimiento tecnológico endógeno se puede representar de la siguiente manera:



Donde, cada desarrollo tecnológico apropiable por la sociedad dará como resultado un salto en el ingreso del país que lo genera, debido a las rentas de la propiedad de la nueva idea. En el mismo sentido, un nuevo desarrollo en otro país contribuirá al crecimiento de ese país, ya que se beneficia con la venta de la nueva tecnología. Una vez obtenido el “salto”, el crecimiento seguirá con una tendencia constante, casi vegetativa, hasta que suceda un nuevo desarrollo tecnológico apropiable.

Así mismo, los receptores de la nueva tecnología (otros países u otras empresas) sólo se beneficiarán en un incremento de la productividad que será matizado por los precios monopólicos de adquisición. Como dice Warsh [6], el conocimiento (tecnología) se convierte en información después de que se ha probado que es valiosa y un bien no rival, un bien que puede ser compartido por miles de personas prácticamente al mismo tiempo sin límite y que puede ser excluido; es decir, la tecnología creada por otros no beneficia de igual manera al generador que al recipiente debido a la exclusividad y a las rentas que genera.

Entonces, el creer que la tecnología es la que contribuye al crecimiento sólo resuelve parcialmente el problema del desarrollo, porque se puede interpretar, como eventualmente se ha hecho, en importar tecnología que no ha llevado a solucionar el problema de la pobreza ni del crecimiento. Peor aún si se concibe que la inversión extranjera conlleva cambios tecnológicos que contribuyen al crecimiento, ya que estas tecnologías no son bienes públicos y conservan derechos que

hacen inaccesibles las nuevas ideas o las innovaciones a la población. Entonces, nótese que el apropiarse de tecnologías o importar tecnologías no producirá los saltos esperados de crecimiento.

Pero aquí es donde comienza a perderse el verdadero valor de los modelos de crecimiento, que no llevan a explicar satisfactoriamente por qué algunos países no consiguen el desarrollo; porque no es la tecnología sino los cambios en conocimiento los que generan efectos importantes en el crecimiento. Estos cambios se descomponen en dos efectos fundamentales: por un lado, en mayores habilidades y productividad laboral, y, por otro, en nuevas tecnologías o nuevos procesos y productos que contribuyen no sólo al desarrollo de la vida laboral sino también al bienestar de la población. Es decir, el conocimiento y su acumulación se refieren a la fuerza laboral más que a la tecnología, porque sólo a través de generar y acumular conocimiento en los individuos es posible obtener nuevas tecnologías.

Entonces, lo fundamental parece ser la acumulación de conocimiento que permita tanto incrementar la productividad laboral como la creación de nuevas ideas. Los modelos anteriores suponen una acumulación del conocimiento, sinónimo de tecnología, continua. Incluyen también el capital humano medido a través de la escolaridad y el capital físico representado por la maquinaria y la infraestructura. También consideran que estas tres variables son independientes. El análisis de estos tres factores nos permite dilucidar que están correlacionados y son dependientes.

Sólo los individuos son capaces de generar nuevas ideas que se representan a través de capital físico, maquinaria o a través de una nueva combinación en el uso de los factores de capital físico y humano, ambos implícitos en la definición de tecnología. El capital humano está dado por el conocimiento que adquieren los individuos a través de la educación y la tecnología es el conocimiento representado en capital físico; o sea que las dos variables están íntimamente relacionadas y se tratan como variables independientes.

Considerarlas como variables independientes puede llevar a pensar que el crecimiento se logra al invertir en educación o en tecnología.

El creer que la educación es la que contribuye al crecimiento resuelve parcialmente el problema del desarrollo. Permite aumentar la productividad laboral pero no necesariamente contiene el conocimiento ni la acumulación necesaria para la generación del nuevo conocimiento o de los cambios tecnológicos que permitirán el salto en el ingreso a través de la apropiación de las rentas monopólicas y de impacto universal.

El primer aspecto relevante de por qué la educación no resuelve el problema de desarrollo es porque la acumulación de escolaridad es un proceso discreto que no parecería contribuir a la generación de la capacidad de innovación: toda persona desde que nace aprende poco a poco. Luego de entrar al sistema educativo formal su proceso de aprehensión se da lentamente a pesar de que se espera que cada año acumule conocimiento.

El primer nivel educativo, primaria, no parecería contribuir a la acumulación de conocimiento ni al cambio tecnológico. El segundo nivel también es un proceso lento de aprendizaje y sólo hasta el tercer nivel la transmisión de información le proporciona al individuo las suficientes herramientas e información para que más tarde (a veces durante) pueda acumular el conocimiento necesario para el desarrollo de nuevo conocimiento. La acumulación de esta información, entonces, se daría en primera instancia sólo cada año y con mayor relevancia sólo cuando se cumple con cada ciclo educativo, luego no sería continuo.

Lo importante de entender no es que la educación sea discontinua sino que la aprehensión del conocimiento se da en una forma discreta, en un momento dado como podría argumentarse con los grandes avances de la ciencia. Al igual, el individuo aunque posea escolaridad, no necesariamente ha apropiado la posibilidad de correlacionar la información que le ha sido suministrada para generar nuevo conocimiento.

También podemos decir que el sistema educativo transmite el conocimiento existente y no acumula conocimiento a menos que se entienda que la acumulación consiste en que todos los individuos posean la misma información. Independientemente de qué entendamos por acumulación, lo importante parecería ser si el conocimiento transmitido por el sistema educativo contiene los conceptos y, en menor escala, las herramientas e instrumentos necesarios para generar nuevos conocimientos que permitan los cambios tecnológicos y el incremento en la productividad laboral; éstos son los que llevarían a incidir en el desarrollo del individuo y en el crecimiento de la sociedad.

La diferencia está entre generar nuevas ideas y utilizar el conocimiento existente que ya se ha convertido en información en los procesos productivos. La primera es la tecnología endógena y la segunda la exógena, que parece ser la comúnmente encontrada en los países en desarrollo.

En el caso endógeno se incrementa el conocimiento y se puede apropiar de las rentas que generan estas nuevas ideas, para las cuales existen instrumentos legales que permiten y mantienen por suficiente tiempo esta apropiación. Warsh [6] menciona que corresponde al Estado dar los lineamientos de política que incentiven la generación de nuevas ideas o dar la suficiente accesibilidad a la población.

La segunda, LA tecnología exógena, tiene que ver con el crecimiento del modelo de Solow [1]; ésta incide sobre la productividad laboral que, aunque contribuye al incremento del producto, no contiene suficiente dinamismo para crear o mantener tasas de crecimiento importantes para disminuir la pobreza. Aún más, planteamos que los efectos de la tecnología importada sobre el producto pueden verse disminuidos por los altos precios de adquisición.

Por lo anterior, a pesar de que el capital humano ha crecido en el país constantemente en los últimos 30 años, representado por la acumulación de la escolaridad

dad, no parece haber aumentado proporcionalmente la productividad laboral, representada por los salarios para los diferentes niveles educativos alcanzados<sup>1</sup>, ni han sido desarrolladas tecnologías; es decir, no ha habido el cambio tecnológico endógeno necesario para el desarrollo.

Colombia ha mantenido un crecimiento del producto con una tasa promedio, en los 30 años, similar al crecimiento de la población y un poco más baja que la tasa de crecimiento de la acumulación de la escolaridad, indicando que la educación proporcionada a la población no tiene los efectos deseados para alterar el crecimiento económico. Entonces, la pregunta es qué debe hacer un país para poder desarrollar la capacidad de creación de nuevo conocimiento. El debate está abierto. Sin embargo, algunos aspectos están en lo siguiente:

¿Cuál es la relación entre el stock de capital humano y la acumulación de conocimiento? Sólo se puede equiparar conocimiento con información en los niveles más bajos del conocimiento, si éste es clasificable. Warsh menciona que la información consiste en hechos, no necesariamente dependientes, que pueden ser o no relacionados [6]. Lo que indicaría que lo importante entre la acumulación de capital humano y la generación de conocimiento está en poder hacer la relación entre diferentes hechos para obtener un nuevo conocimiento<sup>2</sup>. El proceso educativo debería poder desarrollar esta capacidad en las personas; añadiría, además, que debería poder generar una visión universal que permita “ver el bosque” y no sólo las ramas, de tal forma que de la microinformación se pueda pasar a la generalización, a la aplicabilidad en otras áreas del conocimiento y, por último, a la acumulación del conocimiento.

El conocimiento, por otro lado, conlleva el entendimiento tanto de los hechos como de las ideas que se

deducen de los hechos. Es diferente el conocimiento cuando existe entendimiento. Lo importante entonces sería que el sistema educativo ayudara a pasar de la ignorancia al entendimiento, más que a la información. El que entiende puede relacionar los conceptos de un área de conocimiento con otra y crear nuevas ideas.

Para esto es necesario transmitir conceptos y facilitar su comprensión, más que una transmisión de herramientas o de instrumentos. En el primer caso, la formación es más universal y la segunda limita el conocimiento a lo conocido por lo que tendería a desarrollar individuos con mayor capacidad técnica y con mayor riesgo de desactualización durante su vida profesional. En este caso, el conocimiento no sería necesariamente diferente si está representado por una persona o por una máquina.

La calidad (el cómo) y la pertinencia del conocimiento (el qué y para qué) transmitido por el sistema educativo existente parece no conllevar una transferencia a mayor productividad de la mano de obra o una mayor innovación o invención. En este sentido podríamos mirar casos exitosos de crecimiento económico y educativo, como Korea, donde los incentivos para el desarrollo empresarial y la educación son dependientes.

Por último, los países no desarrollados hacen un gran esfuerzo para educar a su población, pero desafortunadamente el proceso es muy lento. No se optimiza la capacidad de aprehensión de la población en las primeras dos décadas de vida y una alta proporción no puede asumir el costo de este proceso, en el sentido de que no proporciona los elementos necesarios para un desempeño laboral rentable<sup>3</sup>. Entonces, ¿por qué no transmitir una información, herramientas e instrumentos del nivel terciario en la educación secundaria? ¿por qué no proporcionar los elementos suficientes para aumentar la productividad laboral, y especializar

1 En un documento en proceso analizo estos resultados.

2 Aquí vale la pena recordar la diferencia entre innovación e invención: la innovación es tomar situaciones, prácticas o productos existentes y obtener un nuevo uso; invención, por otro lado, es generar una nueva idea.

la educación terciaria en el manejo de conceptos? Parece que los países pobres, que hasta el momento han imitado los sistemas de los países desarrollados, optimizarían su inversión con este enfoque. Aquí es donde entraría la pertinencia de lo enseñado.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] **R.M. Solow.**

“A Contribution to the Theory of Economic Growth”.  
*Quarterly Journal of Economics*, 70, 1, 65-94. February, 1956.

[2] **X. Sala-I-Martin.**

*Apuntes de Crecimiento Económico*. Antoni Bosch, editor.  
Columbia University, 2° Edition, 2000.

[3] **P.M. Romer.**

“Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*. 98-5 . October, 1990.

[4] **P.M. Romer.**

”What Determines the Rate of Growth and Technological Change?”. *Working Papers*, Country Economics Department, The World Bank, September, WPS 279, 1989.

[5] **R.E. Lucas.**

“On the Mechanics of Economic Development”. *Journal of Monetary Economics*, 22. July, 1988, pp. 3-42.

[6] **D. Warsh.**

*Knowledge and the Wealth of Nations, A story of Economic Discovery*. W.W. Norton & Company, New York, 2006.

---

3 En otro estudio muestro cómo para un individuo es indiferente, en cuanto ingreso, el alcanzar de uno a 11 años de escolaridad, porque su ingreso será básicamente igual, a menos que pueda obtener educación terciaria.