

¿Contribuyen la CIENCIA y la TECNOLOGÍA a abatir la POBREZA?

Gustavo Viniegra González y Carlos Viniegra Beltrán

El desarrollo científico es una condición necesaria, pero no suficiente, para que un país prospere y alcance un alto nivel de desarrollo humano. Sólo cuando la ciencia se transforma en tecnología y ésta genera patentes y otras formas de conocimiento de uso restringido, se convierte en factor útil para el combate de la pobreza.

Introducción

En muchos foros se ha indicado que el desarrollo de la ciencia y la tecnología propias será el camino más seguro para resolver el problema de la pobreza prevalente en América Latina.

Por ello, consideramos necesario analizar este concepto en función de un enfoque global sobre el desarrollo económico y social. Aquí se indica que esto depende del proyecto de cada nación, con dos alternativas fundamentales: *a)* la continuación del modelo como país dependiente, que intenta aprovechar su menor costo de mano de obra como ventaja comparativa en el mercado global, para la exportación de materias primas agrícolas, petróleo, minería o productos industriales ensamblados; o *b)* el modelo alternativo y emergente de un país competidor en los mercados internacionales, con un creciente valor agregado de su producción, asociado a la asimilación activa de la tecnología.

También sustentamos la idea de que la distribución de la riqueza es afectada por la aplicación acelerada de los conocimientos científicos al desarrollo económico, pero requiere de una economía equilibrada entre las grandes y pequeñas empresas, para que de esa manera los beneficios de la tecnología avanzada se distribuyan en redes complejas de producción, transformación y distribución de bienes y servicios con un valor agregado cada vez mayor.

Niña nahua, San Miguel Tenango. Fotografía: Norma Barranco Torres.





Aprendizaje activo versus aprendizaje pasivo

En la literatura sobre el desarrollo económico tardío se mencionan dos modelos contrastantes: a) el de la asimilación activa de la tecnología (*learning by doing*); y b) el desarrollo con asimilación pasiva de la tecnología (*learning by using*).

El primer modelo, puesto en práctica en Japón, Corea del Sur, Taiwán y China, ha sido descrito por diversos autores (Johnson, 1982; Amsden, 1989; Aoki y colaboradores, 1998; Castells, 1996) y tiene las siguientes características: en el despegue de la economía ocurre una industrialización acelerada que utiliza versiones adaptadas y desagregadas de la tecnología industrial occidental. Al arranque de este modelo se construyen redes de pequeñas empresas rurales o suburbanas que producen piezas, componentes o materias primas intermedias, usando la mano de obra disponible y haciendo el ensamblado o montaje final en grandes empresas urbanas. Estas últimas pro-

porcionan a las primeras suficiente capital, tecnología y servicios comerciales para vender los productos en los mercados locales e internacionales. Este modelo tuvo como antecedente a las redes para la fabricación de piezas de relojería de Suiza en el siglo XVII (Federation of the Swiss Watch Industry FH, 2009) y también se ha observado con diversas variantes en las economías de los países escandinavos y de los Países Bajos, especialmente durante la primera mitad del siglo XX.

El segundo modelo fue puesto en práctica en América Latina después de la Segunda Guerra Mundial. Se sustentó en la exportación de materias primas y la sustitución de manufacturas importadas con poca competencia externa, usando tecnología importada lista para usarse (llave en mano). En este modelo no se observa una estrategia para el aprendizaje tecnológico ni para dar cauce al proceso de urbanización generado por la población rural desocupada, la cual migra a las ciudades de cada país e inclusive al extranjero, creando grandes grupos de personas subempleadas, desprovistas de oportunidades para el aumento de sus capacidades. Con ello, se estanca la productividad, se deprimen los niveles salariales y se mantiene la desigualdad económica.

Para contrastar la evolución de estos dos modelos, se analizarán a continuación las trayectorias del desarrollo económico y tecnológico de Corea del Sur, como ejemplo del primer modelo, y de Brasil y México, como ejemplos del segundo.

Creación y distribución de la riqueza

El tema central de la comparación se relaciona con el hecho de que el ingreso promedio *per cápita* de Corea del Sur creció desde 1970 con una tasa muy superior a la de Brasil y México, según se muestra en la Figura 1. Y además, lo hizo con una disminución acentuada de la desigualdad en la distribución de la riqueza, medida con el coeficiente de desigualdad llamado “de Gini” (Gi), mostrado en la Figura 2, acompañado, a su vez, de una elevación considerable del bienestar social, evaluado por el Índice de Desarrollo Humano (IDH), mostrado en la Figura 3.

Conviene resaltar que en Corea del Sur, el coeficiente de Gini ha tenido una tendencia decreciente durante los últimos 30 años, con un valor inferior a 0.4, y un valor promedio cercano a 0.34. En cambio, México presentó valores en la banda superiores a 0.43 e inferiores a 0.55, con un valor promedio de 0.48. Los datos sobre el coeficiente de Gini se reflejan en los valores del Índice de Desarrollo Humano, pues en 1980 Corea

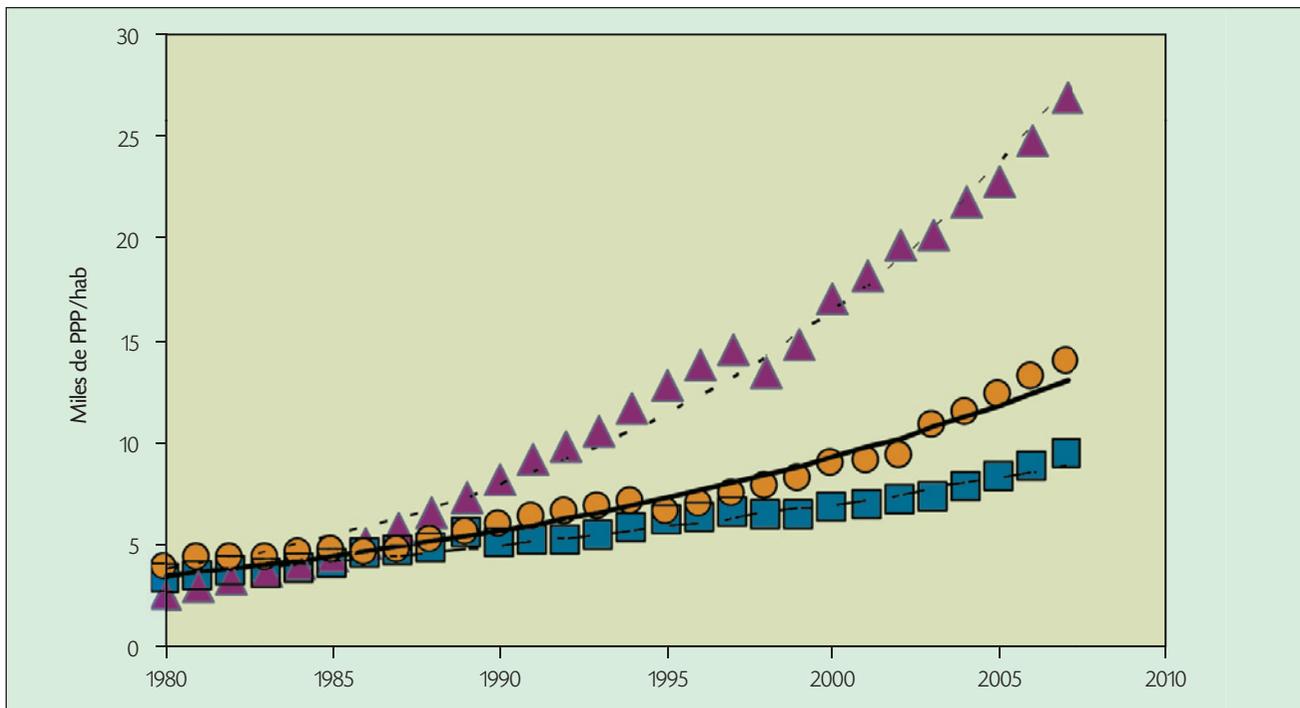


Figura 1. Evolución del PIB *per cápita* en USD-PPP (US dollars at Purchasing Power Parity) a precios constantes de 1980, de: Brasil (■), Corea del Sur (▲) y México (●). Las tasas promedio de crecimiento fueron: Brasil, 3%; Corea del Sur, 8%; y México, 5%. Fuente: Banco Mundial.

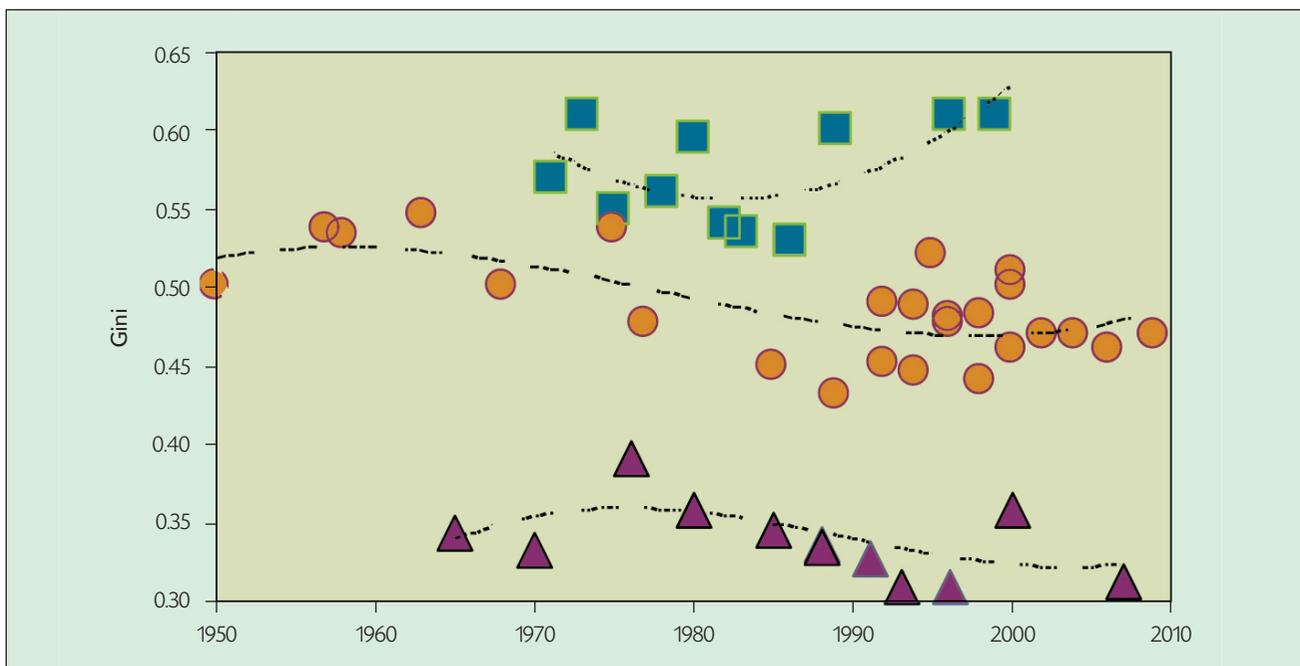


Figura 2. Evolución del coeficiente de Gini en Brasil (■), Corea del Sur (▲) y México (●).

del Sur tenía un valor intermedio del Índice de Desarrollo Humano (0.722), comparable con el de Brasil (0.685) y México (0.756). Pero para 2007, Corea del Sur ya los había superado con un valor de Índice de Desarrollo Humano igual a 0.937, mientras que el Índice de Desarrollo Humano de Brasil era de 0.813, y el de México de 0.854.

El éxito de Corea del Sur es espectacular: al final de la guerra con Corea del Norte (1948) era un país miserable, ya que, según Adelman (1997), a mediados de los sesenta del siglo XX tenía un ingreso medio *per cápita* inferior a 100 dólares. Ahora es un país desarrollado, con un alto nivel de vida y un ingreso medio *per cápita* de más de 20 mil dólares (Figura 1).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) publicó en 2009 una lista de 182 países, divididos en cuatro grupos. Aquí destacamos dos: a) los 38 países con muy alto desarrollo humano (Índice de Desarrollo Humano mayor de 0.9); y b) los 46 países con desarrollo humano alto (Índice de Desarrollo Humano entre 0.803 y 0.895). Corea del Sur pertenece al primer grupo, con el lugar 26 de la lista general. Brasil y México pertenecen al segundo, con los lugares 75 y 53, respectivamente. Todo lo anterior indica que Corea del Sur ha logrado resolver el problema de la pobreza en tres décadas, y que Brasil y México aún tienen mucho que hacer en este tema.

Desarrollo científico y tecnológico de Corea del Sur, Brasil y México

En la Figura 4 se indica la evolución de las publicaciones científicas de Corea, Brasil y México. En el quinquenio de 1976 a 1980, las producciones anuales promedio de las publicaciones científicas archivadas en el *ISI Web of Knowledge* fueron de 124, 1 850 y 1 031, respectivamente. Claramente, en esas fechas Brasil y México tenían una superioridad científica sobre Corea del Sur. Pero du-

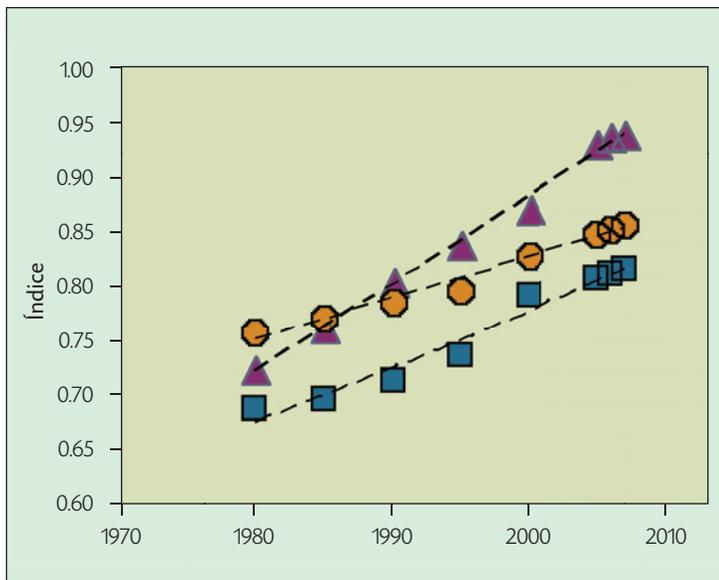


Figura 3. Evolución del Índice de Desarrollo Humano en Brasil (■), Corea del Sur (▲) y México (●).

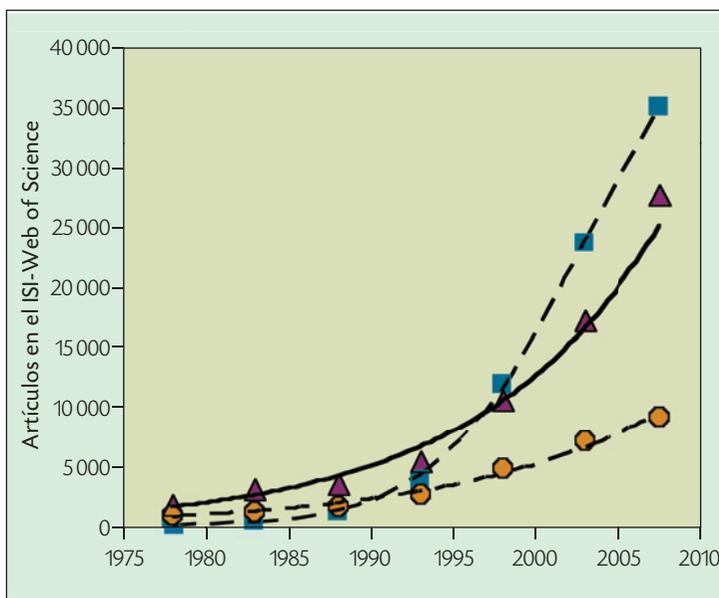


Figura 4. Publicaciones científicas. Número de artículos registrados en el *ISI-Web of Science* con autores de Corea del Sur (■), Brasil (▲) y México (●). Se indican los valores promedio anual de los quinquenios indicados. Los valores del quinquenio de 1976 a 1980, fueron de 124, 1850 y 1031, respectivamente. Para el periodo de 2006 a 2009, fueron de 35 018, 27 692 y 9 245, respectivamente. Las tasas promedio de crecimiento anual de 1976 a 2009, fueron: 18.1%, 8.3% y 6.7%, respectivamente.

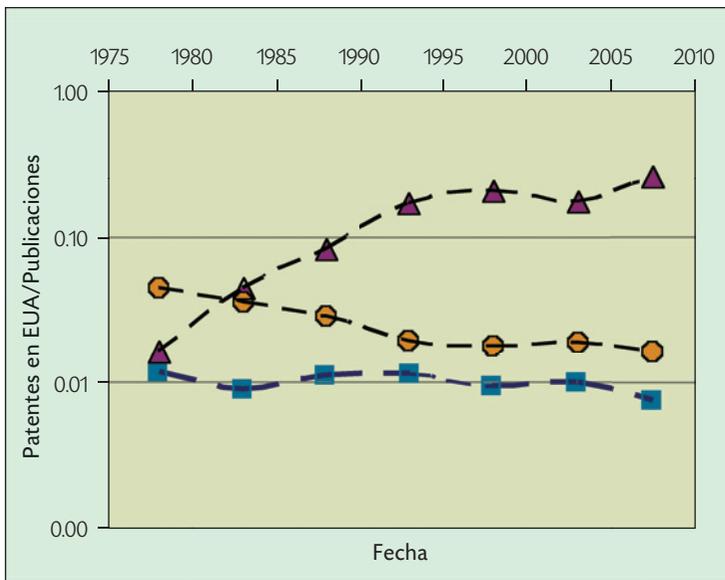


Figura 5. Evolución del Índice de Desarrollo Humano en Proporción entre patentes en EUA y publicaciones científicas indexadas con autores de Brasil (■), Corea del Sur (▲) y México (●). La relación está expresada en forma fraccionaria y en escala logarítmica. Los datos provienen del *ISI Web of Science* y de la US Patent Office. En el quinquenio de 1976 a 1980, los valores de τ fueron: 1.17%, 1.62% y 4.37%, respectivamente; para el cuatrienio de 2006 a 2009: 0.74%, 25.90% y 1.63%, respectivamente.

rante el cuatrienio de 2006 a 2009, la producción media anual de publicaciones científicas para cada país, fue de 35 mil 018 para Corea; 27 mil 692 para Brasil y 9 mil 245 para México. La tasa de crecimiento anual media de la ciencia de Corea del Sur fue explosiva (18.1 por ciento), comparada con 8.3 por ciento de Brasil y 6.7 por ciento de México.

Para comparar el desarrollo de la ciencia con la tecnología, puede utilizarse el coeficiente τ , definido como sigue:

$$\tau = \text{patentes registradas en EUA} / \text{artículos científicos con autores de la misma nacionalidad}$$

Este índice es una medida de la transferencia de conocimiento científico a la tecnología competitiva de cada país. La Figura 5 indica la evolución de este índice. En 1976 se tenían los valores de $\tau = 1.62$ por ciento, 1.17 por ciento y 4.37 por ciento (Corea, Brasil, México). De ahí se infiere que hace más de 30 años México no sólo tenía una mayor producción científica que Corea del Sur, sino que también transfería mejor su conocimiento hacia la tecnología. En el último cuatrienio, las cifras fueron $\tau = 25.9$ por ciento, 0.74 por ciento y 1.63 por ciento, respectivamente. Por tanto, durante estos últimos 35 años Corea no solamente se ha convertido en un país competitivo en conocimientos científicos propios, sino que ha logrado transferir con gran eficiencia sus conocimientos científicos a la tecnología, cosa que no ha ocurrido en Brasil ni en México.

El aprovechamiento de las patentes de autores de cada país por las empresas del país respectivo se puede calcular usando el coeficiente ρ , definido como:

$$\rho = \text{patentes con beneficiarios de un país} / \text{patentes con autores del mismo país}$$

En la Figura 6 se observa que en el quinquenio 1976-1980 los valores de ρ fueron 10 por

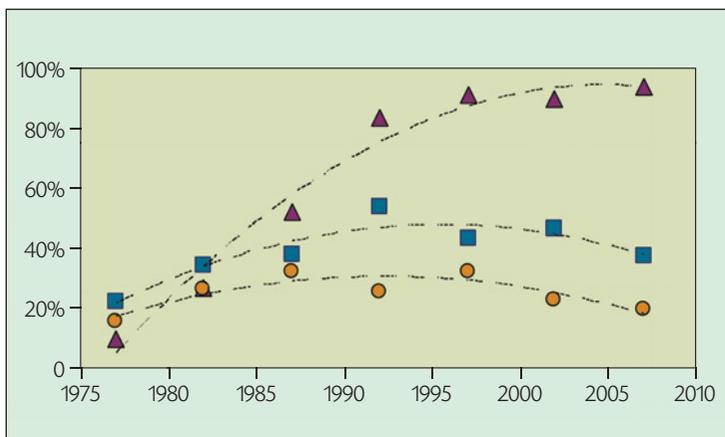


Figura 6. Beneficiarios/Autores de patentes. Proporción porcentual de las patentes registradas en EUA por autores de los países indicados que tienen beneficiarios de los mismos. Brasil (■), Corea del Sur (▲) y México (●). Datos quinquenales de la US Patent Office.

ciento, 22 por ciento y 16 por ciento, respectivamente. En ese periodo de tiempo, los inventores de esos tres países tuvieron dificultades para conseguir apoyo de beneficiarios o financiadores de la invención en su propio país. Pero en el último cuatrienio los valores de ρ fueron 94 por ciento, 38 por ciento y 20 por ciento, respectivamente.

Al multiplicar los dos factores se obtiene un índice combinado de eficiencia, $\varepsilon = \rho\tau$. En forma breve, los valores de ε durante el último cuatrienio fueron de 25 por ciento para Corea del Sur y cerca de 0.3 por ciento para Brasil y México. Esto prueba que Corea del Sur construyó un sistema integrado y eficiente de alta productividad científica y tecnológica, cosa que no ocurrió ni en Brasil ni en México.

Otra forma de ver este problema es analizar la proporción del Producto Interno Bruto dedicado al fomento de la ciencia y la tecnología. En Corea del Sur, este gasto ha sido, por más de tres décadas, igual o superior a 2 por ciento del Producto Interno Bruto. En Brasil

la cifra se acerca a 1 por ciento, y en México a 0.4 por ciento. Además, en Corea del Sur las empresas aportan cerca de 70 por ciento de ese gasto, mientras que para Brasil y México esta proporción es inferior a 50 por ciento.

Del conjunto de los datos anteriores, proporcionados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), podemos inferir que Corea del Sur ha fomentado a la ciencia y tecnología como un factor esencial para su desarrollo, cosa que no ha sucedido ni en México ni en Brasil.

La desigualdad del desarrollo empresarial mexicano y su relación con el atraso tecnológico

En la Figura 7 se muestra la distribución, en 2008, de la facturación de las 500 empresas más grandes de México, que correspondió aproximadamente a 580 mil millones de dólares (37 por ciento del Producto Interno Bruto), según datos publicados en 2009 por la revista *Expansión* (<http://www.cnnexpansion.com>). Dentro de estas 500 empresas, la facturación de las 50 más grandes (el decil superior), que incluyen a 19 de capital internacional, correspondió a 390 mil millones de dólares (24.6 por ciento del Producto Interno Bruto) y las 50 últimas empresas de esa lista (el decil inferior) sólo facturaron 944 millones de dólares (0.16 por ciento del Producto Interno Bruto). Estos datos demuestran una distribución inequitativa, con un coeficiente de Gini (empresarial) de 0.766 de la facturación analizada.

El análisis de las patentes registradas en Estados Unidos desde 1976 hasta 2009, a nombre de las 50 empresas más grandes, mostró sólo 33 documentos. También, durante ese periodo, la Oficina de Patentes de Estados Unidos asignó 726 patentes a personas (físicas o morales) mexicanas. Esto indica que las 50 empresas más grandes de México sólo obtuvieron el registro de 0.045 por ciento de todas las patentes registradas en Estados Unidos con beneficiarios mexicanos.

Esta gran discrepancia entre la posición dominante de las empresas más importantes y su desatención de la tecnología propia merece ser discutida a la luz de las diferencias entre dos grandes conglomerados o consorcios: el grupo mexicano Carso, que en 2008 facturó 88.8 mil millones de dólares y desde 1976 sólo ha registrado 22 patentes a nombre de cualquiera de sus subsidiarias; y el grupo coreano Samsung, que en 2008 facturó la cantidad de 173.4 mil millones de dólares (<http://www.samsung.com>) y tiene registradas a su nombre 33 mil 976 patentes en los archivos de la Oficina de Patentes de Estados Unidos.



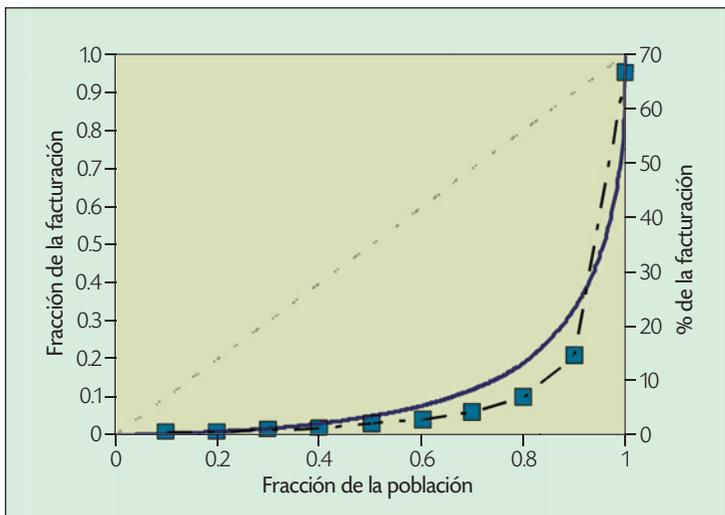


Figura 7. Distribución fraccional de la distribución acumulada de las 500 empresas más grandes de México, según la lista de *Expansión* de 2008. La curva punteada corresponde a la hipótesis de una distribución igualitaria (todas las empresas facturarían el mismo monto). La curva sólida, a la facturación observada. El coeficiente $G_i = 0.7656$ es la diferencia de áreas entre esas dos curvas. El valor total de la facturación fue de 0.584 billones de dólares (37% del PIB) con un tipo de cambio de 13 pesos por USD. La línea con cuadros corresponde al porcentaje de la facturación de cada decil.

Estos datos ilustran las discrepancias entre los conglomerados de empresas coreanas (*chaebols*) y los conglomerados mexicanos. Los primeros tienen un alcance global y apoyan su productividad en la alta tecnología propia, siguiendo la práctica de “*learning by doing*”. En cambio, los segundos se sustentan en una posición dominante en un mercado interno, protegidos del exterior por barreras no arancelarias, y siguen la práctica de “*learning by using*”.

Podemos inferir que para los conglomerados coreanos la inversión en desarrollo tecnológico no tiene fines filantrópicos para generar mayor valor social (aunque lo hacen). Más bien es una estrategia que les permite ser más grandes y ricos que los conglomerados mexicanos; y dicho sea de paso, esa estrategia permitió erradicar casi por completo la pobreza en Corea del Sur.

Es interesante notar que ninguna de las 19 empresas internacionales más importantes de México ha registrado en Estados Unidos patentes con domicilio postal mexicano. Pero las mismas empresas sí cuentan con más de 50 mil patentes registradas a su nombre, con direcciones postales en sus países de origen. Estos datos indican que, dentro de las cadenas globales, México funciona como prestador de servicios de bajo

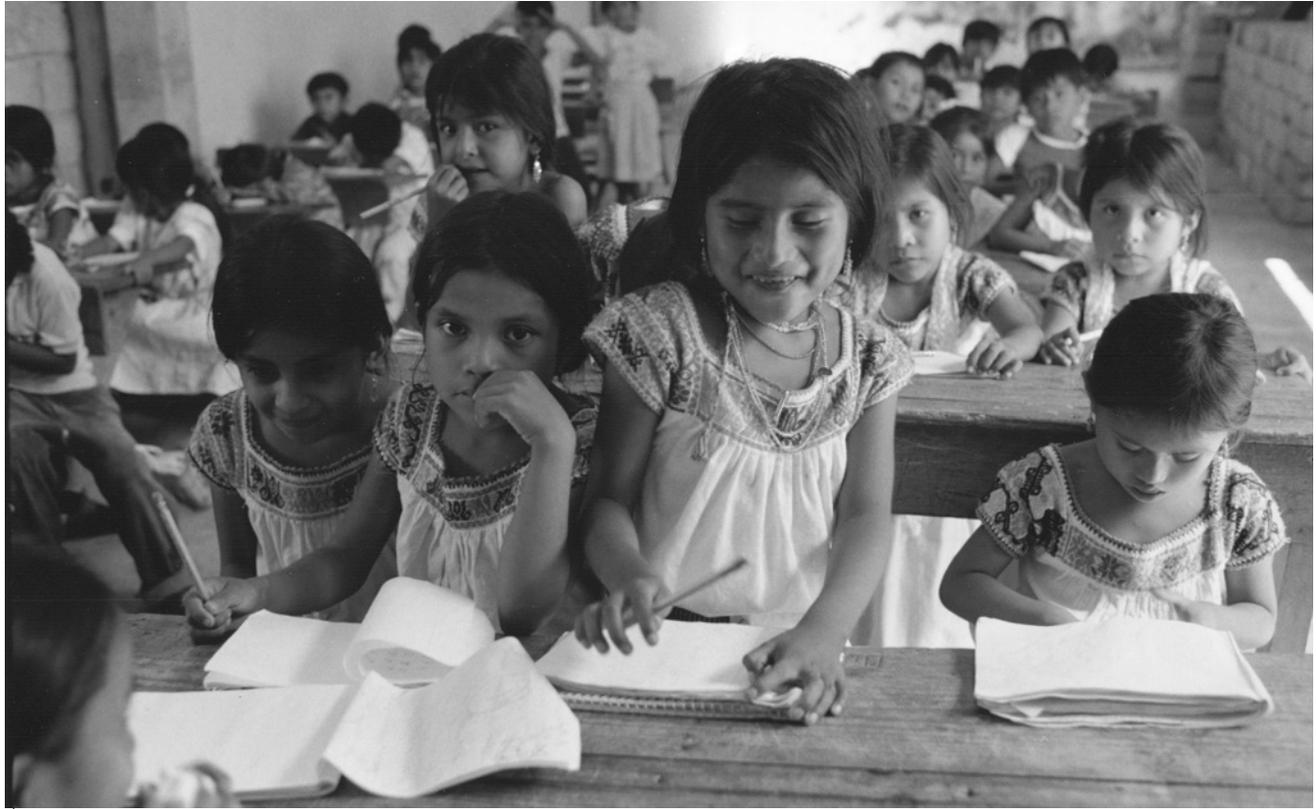
valor agregado y no tiene las condiciones para emerger como país competidor en el mercado mundial.

Las espirales del desarrollo económico

Por todo lo anterior, planteamos la existencia de dos espirales para el desarrollo económico:

a) *La espiral virtuosa de la productividad creciente basada en la estrategia tecnológica activa (learning by doing)*. Consiste en el desarrollo de un sistema económico equilibrado entre pequeñas empresas proveedoras de bienes y servicios y grandes empresas promotoras del mercado. Los beneficios económicos de las pequeñas empresas son suficientes para financiar su desarrollo tecnológico y, como resultado de una mayor simetría del mercado interno (bajo coeficiente de Gini de la facturación empresarial) y de su desarrollo tecnológico, las em-





Dos planas de la "A". Fotografía: Pilar González, Reyesogpan, Puebla. Fototeca de la ENAH.

presas grandes reinvierten sus ganancias en una mejor integración tecnológica. Esto genera una espiral ascendente de crecimiento económico compartido con las pequeñas empresas, con la consiguiente disminución del coeficiente de Gini de la distribución del ingreso familiar en la población por incremento del nivel de empleo especializado bien remunerado.

b) *La espiral viciosa de la baja productividad basada en la estrategia tecnológica pasiva (learning by using)*. Consiste en el desarrollo de un sistema empresarial asimétrico, con alto coeficiente de Gini de la facturación empresarial, que impide a las pequeñas empresas el acceso a mercados rentables y redundante en pocos alicientes para la innovación tecnológica. Dado que las grandes empresas pueden importar tecnología prefabricada —porque mantienen altos márgenes de ganancias, merced a la transferencia de altos precios al mercado interno—, no tienen alicientes para invertir en el desarrollo de tecnología propia. Y como las

pequeñas empresas no tienen recursos económicos suficientes para pagar sus propios desarrollos tecnológicos, el ciclo se reproduce. Lo anterior significa que un alto valor del coeficiente de Gini en la facturación empresarial fomenta la mala distribución del ingreso, lo que a su vez impide el combate a la pobreza y a la marginación social.

Conclusiones

Los datos aquí presentados indican que el desarrollo científico es una condición necesaria, pero no suficiente, para que un país prospere y alcance un alto nivel de desarrollo humano. La condición que hace suficiente que la ciencia sea un factor útil para el combate a la pobreza es la transformación de ésta en tecnología para que, convertida en patentes y otras formas de conocimiento de uso restringido, pueda ser utilizada por las empresas en su afán por competir tanto en el mercado interno como en el mundial.

Para que la ciencia se asocie eficientemente con la tecnología y ésta con el combate a la pobreza, se requiere la integración de cadenas productoras de bienes y servicios que equilibren la participación de las pequeñas y grandes empresas, aumentando

el empleo y el ingreso con metas definidas para el incremento del valor agregado de la economía. Esto implica una estrategia de estímulos y de fomento al proceso de asimilación activa de la tecnología (*learning by doing*), discutido anteriormente.

En naciones como México, que enfrentan el futuro sin una estrategia integrada de ciencia y tecnología ligada al desarrollo industrial y sin un aumento de las capacidades humanas, pero con asimilación pasiva de la tecnología (*learning by using*), el desarrollo de la ciencia por sí sola no mejora mucho la productividad ni la distribución del ingreso y, por ello, se vuelve muy difícil combatir a la pobreza.

Gustavo Viniegra González es médico cirujano (UNAM, 1965), maestro en ciencias en bioquímica (Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Cinvestav, 1967), y *doctor of philosophy* en biofísica (Universidad de California, San Francisco, 1971). Ha sido investigador titular del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, y actualmente es profesor titular del Departamento de Biotecnología de la UAM-Iztapalapa. En 1985 recibió el Premio Nacional al Mérito en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Es profesor distinguido de la UAM (1996) e Investigador Nacional Emérito del Sistema Nacional de Investigadores (2001), doctor *honoris causa* por la Université

Aix-en-Provence (Marsella, Francia, 2001) y Caballero de la Orden de las Palmas Académicas (Francia, 2002). Es miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Academia de Ingeniería.
vini@xanum.uam.mx

Carlos Viniegra Beltrán es profesor de la asignatura de economía en la Facultad de Derecho de la Universidad Panamericana en la Ciudad de México. Es licenciado en economía por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa) y *Master in Business Administration* por el Instituto Panamericano de Alta Dirección de Empresas (IPADE). Ha ocupado diversos cargos como director general en el Gobierno Federal de México, en las secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, así como en la Secretaría de Energía. Actualmente es titular de la Unidad de Gobierno Digital en la Secretaría de la Función Pública.
carlos@viniegra.org

Lecturas recomendadas

- Adelman, I. (1997), "Social development in Korea, 1953-1993", en Cha, D-S, K-S Kim y D. H. Perkins, *The Korean economy, 1945-1995, performance and vision for the 21st century*, Seúl, Korean Development Institute.
- Amsden, A. H. (1989), *Asia's next giant: South Korea and late industrialization*, Nueva York, Oxford University Press.
- Aoki, M., H-K Kim y M. Okuno-Fujiwara (1998), *The role of government in East Asian economic development: comparative institutional analysis*, Oxford, Clarendon Press.
- Castells, M. (1996), "The rise of the network society" (*The information age: economy, society and culture*, volumen 1), Malden, Massachusetts, Blackwell Publishers.
- Federation of the Swiss Watch Industry FH, (2009), "A short tale of history", www.fhs.ch/en/history.php.
- Johnson, C. A. (1982), *MITI and the Japanese miracle*, Stanford University Press, p. 412.

Fuentes de datos

- Para las *patentes*: United States Patent and Trademark Office.
- Para el *Producto Interno Bruto per cápita*: El método atlas (US\$ nominal), desarrollado por el Banco Mundial en 2009.
- Para el *Índice de Desarrollo Humano*: El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Banco Mundial.
- Para el *coeficiente de Gini de México: Distribución del ingreso en México*: Banco de México, *Ensayos*, Documento 37; Carrillo Huerta, M. M. y H. V. Vázquez Mateos (2005), "Desigualdad y polarización en la distribución del ingreso salarial en México", *Problemas del Desarrollo*, 36(141), pp. 109-130; Cortés, F. (2009), *Pobreza, desigualdad en la distribución del ingreso y crecimiento económico*, México, 1992 a 2006, México, El Colegio de México.
- Para el *coeficiente de Gini de Corea del Sur*: Kwon Hyun, Jin y Byung-In Lim (2002), *Income distribution in Korea: empirical evidence from OECD guideline*, Korea institute of Public Finance, University of Wyoming; Choi, K. (2003), *Measuring and explaining income inequality in Korea*, Korea Development Institute; Central Intelligence Agency (CIA), *The world fact book* (www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2172.html); esta misma fuente fue utilizada para consultar el coeficiente de Gini de Brasil.