

## TITLE

Author1

University

## LA TECNOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE LOS PAÍSES DE LATINOAMÉRICA Parte2

*M en C Laura Guadalupe Flores Negrete*

### Introducción

Un aumento de la inversión reduce el nivel de consumo a corto plazo, ya que la producción que antes se consumía se dedica a construir nuevo capital. Pero a largo plazo un aumento de la inversión provoca un aumento de la producción y por lo tanto un aumento del consumo. En el modelo que se considera, un aumento de la I+D provoca un aumento permanente de la tasa de crecimiento de la producción.

Si dos países dedican las mismas proporciones de su población trabajadora a inventar nuevas tecnologías, el que tiene mas habitantes tendrá mas trabajadores dedicados a la I+D. Esta claro que si se dedica un mayor numero de personas a hacer I+D, se les ocurrirán mas inventos, por lo que el progreso tecnológico debería ser más rápido en el país más poblado.

¿Pero que ocurre con la transferencia de tecnológica entre países?

## Desarrollo

La manera en que dos países pueden adquirir tecnología son: la innovación, que es la invención de una tecnología y

la imitación, que es la copia de tecnología de otros.

Así se postulan tres supuestos sobre esta función del "costo de imitar". En primer lugar, suponemos que tiene pendiente negativa, es decir, que el costo de imitar disminuye conforme aumenta la diferencia tecnológica entre los dos países (es decir, conforme aumenta el cociente entre la tecnología del país 1 y la del país 2). En segundo lugar, suponemos que cuando el cociente  $A1 / A2$

tiende a infinito, considerando  $A$  como la inversión en desarrollo tecnológico, el costo de imitar desciende a 0. En otras palabras, si la diferencia tecnológica fuera infinitamente grande, la imitación no tendría costos. Por último, suponemos que cuando el cociente  $A1/A2$  tiende a 1, el costo de imitar se aproxima al costo de la invención. Eso significa que si el país seguidor está muy cerca del líder tecnológico, obtiene muy pocos beneficios imitando la tecnología en lugar de inventarla el mismo (la función del costo de imitar no está definida si  $A1/A2$  es menor que 1, ya que en este caso del país 2 no tendría nada que imitar).

Cuando se examina el estado estacionario de este modelo, esto es el momento en el cual ya no hay crecimiento, surge la pregunta ¿es el bienestar del país que es líder tecnológico, necesariamente mayor que el del seguidor? La respuesta es negativa. Aunque el líder tecnológico es más productivo, también dedica una proporción mayor de su población trabajadora a la I+D, por lo tanto, tiene menos trabajadores dedicados a la producción. La posibilidad de que el seguidor tenga un nivel de renta más alto que el líder dependerá de los costos de la imitación en relación con los de innovación. Si la imitación es muy barata, un país seguidor tendrá un nivel de productividad cercano al del líder y dedicará una proporción mucho menor de su población trabajadora a la I+D. En este caso, el seguidor podrá tener un nivel de renta más alto que el líder. En cambio, si la imitación es cara, el país seguidor tendrá que dedicar casi tanta población trabajadora a la I+D como el líder, en cuyo caso su nivel de tecnología será cercano al del líder, o de lo contrario, tendrá un nivel de tecnología muy inferior al del líder, si sólo dedica una pequeña parte de su población trabajadora a la I+D.

Existe una observación de que un aumento de la I+D en el país seguidor provoca un aumento temporal de la tasa de crecimiento de la producción contrasta claramente con el resultado del modelo de un país, en el que un aumento de la I+D provoca un aumento permanente del crecimiento. Por lo que se refiere al país seguidor, este modelo de crecimiento por medio de la creación de tecnología comparte una de las propiedades de los modelos de acumulación de factores: un cambio de "política" como la tasa de inversión o del nivel de gasto en I+D, provoca un cambio transitorio de la tasa de crecimiento de la producción; pero al final esta retorna al nivel en el que se encontraba antes del cambio de política, si bien el nivel de producción es diferente al que habría sido si no se hubiera cambiado de política.

La observación de que una variación del gasto en I+D sólo provoca un cambio transitorio de la tasa de crecimiento de la producción no se cumple en el caso del país líder en este modelo de dos países. Como el país líder no tiene la opción de imitar la tecnología extranjera, se encuentra efectivamente en la misma situación que hemos descrito en el modelo de un país: una variación del  $A$  provoca una variación permanente de su tasa de crecimiento de la producción.

Esta clara diferencia entre las predicciones del modelo para el país 1 (el líder) y para el país 2 (el seguidor) lleva a preguntarse como podemos aplicarlo al mundo real. ¿Debemos tratar de averiguar que país del mundo es el líder tecnológico? si

podemos identificar este líder, ¿podemos concluir con seguridad que un aumento de su I+D elevara la tasa mundial de crecimiento de la tecnología, pero que un aumento de la I+D de cualquier otro país sólo mejorara la posición relativa de ese país y no afectara a la tasa mundial de crecimiento? La respuesta a estas cuestiones es casi con toda seguridad negativa. El caso en el que un país es líder en todas las tecnologías del mundo y los demás tratan de darle alcance podría haber sido casi correcto en algunos momentos de la historia, por ejemplo, en el caso del Reino Unido a principios del siglo XIX y en el de los Estados Unidos poco después de la Segunda Guerra Mundial. Pero en el mundo actual, la superioridad tecnológica es mucho más difusa y hay muchos países en la “frontera tecnológica” y los países que son los líderes tecnológicos varían de unas industrias a otras.

El hecho de que no exista un único “líder tecnológico” en el mundo actual no significa que el modelo no sea útil. Sugiere más bien, que debemos centrar la atención en la lección general del modelo y no en sus resultados concretos. La lección general del modelo es que un aumento del gasto en I+D en un país dado provoca una aceleración del crecimiento de la tecnología en el mundo en su conjunto.

### **Barreras a la transferencia internacional de tecnología**

El modelo de transferencia internacional de tecnología anteriormente expresado, llega a una conclusión bastante esperanzadora en lo que se refiere a los países atrasados desde el punto de vista tecnológico. Mientras los países avanzados desde el punto de vista tecnológico continúen realizando I+D, la tecnología de vanguardia avanzará. Este avance tecnológico acabará mejorando la productividad incluso en los países alejados de la vanguardia. Aunque un país atrasado desde el punto de vista tecnológico no realice casi ninguna I+D algún día será capaz de imitar los inventos de los países más avanzados y, por lo tanto de beneficiarse de ellos.

Sin embargo, esta optimista predicción no siempre parece cumplirse en la práctica. En concreto, aunque la tecnología circula con bastante libertad entre los países más desarrollados, muchos avances tecnológicos que se realizan en los países ricos parece que apenas repercuten en los más pobres. En este apartado, examinamos dos razones por las que la transferencia tecnológica del mundo desarrollado al mundo en vías de desarrollo puede no siempre fluir tan fácilmente.

En cuanto a la transferencia entre los países relativamente desarrollados y el mundo en vías de desarrollo es posible que la tecnología desarrollada en los países más ricos no sea apropiada para los países más pobres. Por ejemplo, los países ricos tienden a tener más capital físico y humano por trabajador que los países pobres. Si la tecnología creada en los países ricos es específica para sus combinaciones de factores, es decir, si la tecnología sólo funciona con un elevado nivel de capital humano y físico, no será útil en los países pobres. Por ejemplo, un avance en la tecnología de los trenes de levitación magnética, que es un tipo de transporte muy intensivo en capital, apenas aumentará la productividad en un país cuyo principal medio de transporte sean las bicicletas y unos maltrechos autobuses, no sería de utilidad para este último. Asimismo los países ricos tienen a encontrarse en zonas de clima templado, en las que entre los avances agrícolas se encuentra el desarrollo de cultivos poco indicados para el trópico. Si aparece una nueva tecnología, pero no es adecuada para un país pobre, es improbable que se utilice en él.

Asimismo en un país que tenga un elevado nivel de capital por trabajador, un cambio tecnológico sesgado hacia el capital provoca un aumento de la producción por trabajador. Pero en un país que tenga un bajo nivel de capital por trabajador, la producción aumenta poco o nada.

¿Por qué podría estar sesgado el progreso tecnológico hacia un elevado nivel de capital por trabajador? Porque los países que realizan la mayor parte de la I+D tienen un elevado nivel de capital por trabajador

y las empresas de esos países hacen I+D para mejorar la productividad de la combinación de factores con la que trabajan. En los países industrializados el gasto medio anual en I+D es de 218 dólares per cápita; en los países de renta intermedia, es de 6 dólares per cápita; y en los países de renta mas baja, es de 1 dólar solamente. En conjunto, el 96 por ciento de la I+D se realiza en los países industriales.

Este análisis explica porque los laboratorios de I+D de los países desarrollados no crean tecnologías que puedan utilizar los países en vías de desarrollo. Una de las razones está en que los países en vías de desarrollo normalmente no velan rigurosamente por el reconocimiento de los derechos de propiedad de las nuevas tecnologías. Al inventor de una nueva tecnología que beneficia a los productores de los países pobres le resulta casi imposible conseguir que esos productores paguen por el uso de su invento y obtener así un rendimiento por su inversión. Eso reduce los incentivos para crear tecnologías que sean útiles en los países pobres.

Otra explicación de las razones por las que no se transfiere tecnología de los países ricos a los pobres es que los países pobres

no son capaces de utilizar la tecnología desarrollada en los países ricos. En otras palabras, hay barreras en la transferencia de tecnología entre los países.

Tal vez parezca a primera vista que la magnitud de las barreras que impiden la transferencia de tecnología es limitada. Por ejemplo, las patentes expiran a los 20 años, momento a partir del cual todo el que quiera puede utilizar libremente una tecnología (que debe describirse totalmente en la solicitud de la patente). Asimismo, las empresas que recurren al secreto en lugar de las patentes para proteger su tecnología, generalmente dejan de guardar ese secreto cuando se trata de tecnología que utilizaron hace 10, 20 o 30 años. Estas consideraciones sugiere que la tecnología tarda como máximo unas décadas en transferirse de los países mas ricos a los mas pobres. Este rápido ritmo de transferencia de tecnología parecería que limita el grado de atraso en que pueden encontrarse realmente los países pobres en el terreno tecnológico.

Pero lo que ha ocurrido hasta ahora con la transferencia de tecnología de los países ricos a los pobres demuestra que la transferencia no sólo consiste en llevar los planos de los nuevos procesos de producción de unos países a otros. Además de los conocimientos codificados que contienen los planos, los ingenieros también tienen conocimientos tácitos, miles de pequeños detalles sobre el funcionamiento de una tecnología, aprendidos durante años de experiencia y transferidos de una persona a otra, no en forma escrita sino mediante una formación de carácter informal. A menudo los usuarios de una tecnología no son consientes de la importancia de estos conocimientos tácitos, por lo que a la mera transferencia de los planos, sin los conocimientos tácitos, puede provocar caros fracasos.

Si los conocimientos tácitos son importantes, el éxito en la transferencia de una tecnología a un país en vías de desarrollo puede producir una gran externalidad, ya que en ese proceso la cantidad de conocimientos tácitos aumentara, lo que facilitara la transferencia de otras tecnologías. Esta externalidad podría explicar porque algunos países como Corea del Sur y Taiwán fueron capaces de superar en unas pocas décadas varias fases tecnológicas y de dar alcance rápidamente a las tecnologías de vanguardia.

### **Progreso Tecnológico Incorporado y Leapfrogging**

Los nuevos programas informáticos representan una tecnología nueva y mejor. Las cantidades de capital físico y humano (la computadora y el trabajador) no varían, pero con el nuevo programa informático son más productivas.

No todos los ejemplos de progreso tecnológico son tan sencillos como los programas informáticos. La nueva tecnología suele estar integrada en bienes de capital. Esta relación entre la tecnología y los bienes de capital específicos se

denomina progreso tecnológico incorporado. Si un cambio tecnológico está integrado en el capital, la tecnología no mejora hasta que no se sustituye el bien de capital.

También podemos imaginar que el progreso tecnológico está integrado en el capital humano que adquieren los estudiantes mientras están estudiando. La educación tiene tanto un componente general (calificaciones que siempre son aplicables) como un componente específico (por ejemplo, calificaciones para utilizar la tecnología actual). Al igual que en el caso de los programas informáticos, es posible mejorar las calificaciones de un trabajador para utilizar una nueva tecnología, pero esa mejora de las calificaciones requiere nueva inversión en capital humano. Y a medida que los trabajadores envejecen, la mejor tecnología con la que pueden trabajar es más difícil y merece menos la pena, ya que la vida laboral durante la cual los trabajadores de mayor edad podrán utilizar sus nuevas calificaciones es más corta. Por lo tanto, es menos probable que estos trabajadores sean capaces de utilizar la tecnología más avanzada.

El hecho de que la tecnología está integrada en el capital físico y humano

significa, a su vez, que no podemos separar fácilmente la acumulación de factores del progreso tecnológico. Un país que tenga una elevada tasa de inversión tendrá en promedio bienes de capital más jóvenes (producidos recientemente). Como consecuencia, estos bienes de capital contendrán tecnologías desarrolladas más recientemente y el país que tenga una elevada inversión será tecnológicamente más avanzado que el que tenga una baja inversión. Asimismo, un país cuya población sea de mayor edad tendrá más dificultades para permanecer en la vanguardia tecnológica, pues una elevada proporción de sus trabajadores habrá sido educada hace mucho tiempo.

Este efecto de la tecnología incorporada puede verse en la adopción del horno básico de oxígeno, una de las innovaciones más importantes en la industria siderúrgica, que se inventó a principios de los años 50. En los Estados Unidos, donde la industria siderúrgica se expandió lentamente después de la Segunda Guerra Mundial, la difusión de esta nueva tecnología fue lenta. En cambio, en Japón, la industria siderúrgica creció mucho más deprisa durante este período, por lo que las plantas siderúrgicas adoptaron mucho más de prisa la nueva tecnología. En 1968, el 75 por ciento del acero japonés se producía mediante el horno básico de oxígeno, mientras que la cifra era un 40 por ciento solamente en el caso de los Estados Unidos.

El hecho de que la tecnología está integrada en bienes de capital también permite a un país o a unas empresas atrasadas desde el punto de vista tecnológico sobrepasar a los líderes (este fenómeno se conoce con el nombre de leapfrogging). Uno de los mejores ejemplos de este proceso son los programas informáticos, que es por donde ha comenzado nuestro análisis. Los programas informáticos están mejorando constantemente, pero al usuario representativo de computadoras no le merece la pena cambiar cada vez que sale una nueva versión y sigue utilizando la que tiene hasta que se queda suficientemente anticuada para que merezca la pena sustituirla, momento en el que adopta la versión más reciente. Existe, pues, un proceso constante de leapfrogging por el que los usuarios que tienen los programas más anticuados saltan e instalan el programa más moderno.

También puede haber leapfrogging en los países. En aquellos en los que la tecnología recién desarrollada se encuentra integrada en los bienes de capital, a las empresas puede no resultarles rentable desechar el capital existente para adoptar las innovaciones más recientes. Los países que se quedan rezagados, en cambio, las adoptarán. Los teléfonos constituyen un buen ejemplo. En los países en los que los teléfonos han sido habituales durante décadas, existe una extensa infraestructura de cables telefónicos ("líneas terrestres") que llegan a cada casa y a cada empresa. En la década de 1990, la existencia de estas líneas terrestres redujo la demanda de la nueva tecnología de teléfonos celulares. Como consecuencia, muchos países que tenían inicialmente una mala infraestructura adoptaron los

teléfonos móviles más deprisa que los países que tenían una infraestructura arraigada. Por ejemplo, en 1995 Malasia tenía más teléfonos celulares (49 por 1000 habitantes) que los Países Bajos (35 por 1000 habitantes). Es improbable que muchos de los países más pobres del mundo lleguen a tener una red de líneas terrestres que vayan a cada casa como vemos en el mundo desarrollado. Estos países pasaran directamente a la telefonía móvil.

### **La vanguardia de la tecnología.**

La expresión “la vanguardia de la tecnología” se refiere a las nuevas técnicas que se encuentran en una fase en la que acaban de desarrollarse y aun no se han aplicado a la producción. Las tecnologías de vanguardia prometen aumentar la productividad, aunque no esta garantizado que funcionen. Actualmente, son ejemplos la red óptica, las pilas de combustible y la nanotecnología.

Una de las características de estas tecnologías es que no permanecen mucho tiempo en esa fase. Las tecnologías que se encuentran a la vanguardia se convierten en algo con corriente con el tiempo e incluso se quedan obsoletas. Comodidades que damos por sentadas, los automóviles, los frigoríficos, la luz eléctrica o incluso el inodoro con cisterna, fueron inventos revolucionarios en su día. Toda una multitud de tecnologías que estuvieron en su tiempo a la vanguardia hoy están pasadas de moda y ya no se utilizan: el tipo móvil, la máquina a vapor de pistones, el telégrafo y la pianola, por citar solo algunas.

Los avances tecnológicos nos han permitido disfrutar del alto nivel de vida que observamos hoy en el mundo desarrollado. Naturalmente, no sólo es la tecnología la que aumento la riqueza de un país; si fuera así, ninguno sería pobre hoy. Pero la tecnología es esencial: difícilmente podríamos imaginar un país que tuviera el nivel de vida del siglo XXI utilizando tecnología del siglo XIX.

Es frecuente dar por sentados no sólo los avances tecnológicos que han hecho posible nuestro nivel de vida actual sino también el proceso del propio cambio tecnológico, es decir, el hecho de que haya una tecnología de vanguardia y de que siempre este cambiando. Sin embargo, este proceso de rápido cambio tecnológico es inusitado desde el punto de vista histórico. La era de rápido progreso tecnológico sólo tiene 250 años de antigüedad. Incluso en la era actual de rápido avance de tecnología, las oleadas de progreso han alternado con periodos en los que ha disminuido el ritmo de cambio tecnológico.

En esta sección analizaremos la tecnología únicamente en los países mas avanzados, es decir, en los que se encuentran a la vanguardia. Analizamos tanto el ritmo al que avanza la tecnología como los factores que determinan ese avance. Vemos que la contabilidad del crecimiento puede suministrar información sobre la evolución del progreso tecnológico. Por lo que se refiere a las fuentes del progreso tecnológico, examinamos datos sobre la cantidad de factores que se dedican al desarrollo de nuevas tecnologías (como el número de investigadores) y la tasa de crecimiento de la tecnología para ver que información podemos obtener sobre la “función de producción de la tecnología” que relaciona los dos.

Finalmente observaremos el futuro rumbo del progreso tecnológico. Aunque la mayoría suponemos que la tecnología continuara avanzando al ritmo actual, algunos economistas (que generalmente pertenecen al grupo pesimista) no están tan seguros. Nos planteamos si es cada vez más difícil inventar a medida que se agota la fuente de nuevas ideas posibles. También nos preguntamos si el hecho de que algunos sectores de la economía estén avanzando rápidamente desde el punto de vista tecnológico mientras otros permanecen estancados podría plantear problemas en el futuro.

### **El ritmo de cambio tecnológico**

Es importante analizar el ritmo del progreso tecnológico, en función a la realización de la contabilidad del crecimiento, que muestra como ha evolucionado la productividad con el paso del tiempo. Llegamos a la conclusión de que los cambios de la productividad están relacionados en su mayor parte con el progreso tecnológico.

Para calcular la tasa de crecimiento de la productividad del desarrollo tecnológico necesitamos datos sobre las tasas de crecimiento de la renta Per cápita y el volumen de población.

## LA CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO EN EL CASO DE EUROPA, 500 D.C.- 1700

□@||||@

---

Período	Tasa anual del crecimiento de la renta per cápita Y	Tasa anual del crecimiento de la población, L	Tasa anual del crecimiento de la productividad, A
500-1500	0.0 %	0.1 %	0.033 %
1500-1700	0.1 %	0.2 %	0.166 %

La Tabla 2 muestra los resultados del cálculo en dos periodos de tiempo. Durante el primer periodo, que va del año 500 d.C. a 1500, la renta Per cápita no creció nada en Europa. La población creció durante este periodo a una tasa de 0,1 por ciento al año. La tabla muestra que la tasa calculada de crecimiento de la productividad fue de un 0,033 por ciento al año. Este calculo implica que durante todo el periodo de 1.000 años, el valor del desarrollo tecnológico 1,39. En otras palabras, una cantidad dada de tierra y trabajo habría producido un 39 por ciento más en el año 1500 que en el año 500.

En el segundo periodo examinado, 1500-1700, el crecimiento económico se acelero en Europa. La renta Per cápita, que se había mantenido más o menos constante durante un milenio, creció a una tasa de alrededor de un 0,1 por ciento al año y el crecimiento de la población aumento a un 0,2 por ciento al año. La tasa de crecimiento de la productividad, de un 0,166 por ciento al año, fue cinco veces mayor que durante los 1.000 años anteriores.

Pero incluso durante este último periodo, la tasa de crecimiento de la productividad fue extraordinariamente baja en comparación con lo que observamos en el mundo actual. Por ejemplo en los Estados Unidos la tasa media de crecimiento de la productividad fue de un 0,81 por ciento al año durante el periodo 1960-1998.

### Conclusiones.

La versatilidad de producción de tecnología se basa en que se puede desarrollar en todos los sectores de la humanidad desde el ámbito agropecuario pasando por el informático

hasta el manejo

de nanotecnologías de esta manera se crean y refinan tecnológicas especializadas dependiendo de la aplicación de esta manera va formando una sociedad más estructurada para el desarrollo de la humanidad.