

LA ECONOMÍA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

LUIS G. CASTILLO ELSITDIÉ¹
Universidad Politécnica de Cartagena

RESUMEN

Se hace un breve resumen de los diferentes procesos del crecimiento económico, situándose en uno de estos procesos, la nueva corriente de la economía del cambio tecnológico. Se analizan las causas de tipo interno y externo, que han dado lugar a esta nueva concepción de la economía.

Se describe el modelo interactivo de la innovación y sus principales consecuencias. Puesto que la Empresa es el elemento clave del Proceso de Innovación Tecnológica, se describen las características que se deben tener en cuenta. Se identifican los tipos de conocimiento para la innovación y los tipos funcionales del conocimiento científico y tecnológico, analizándose la dimensión del aprendizaje, junto con las organizaciones sociales de investigación.

Se analizan los modos del aprendizaje y las consecuencias organizacionales. Se describe la infraestructura institucional y el espacio conocimiento-producto, junto con las dimensiones de dicho espacio.

Finalmente, se establece que con la economía del cambio tecnológico, los tres grandes objetivos estratégicos para el desarrollo [Eficiencia – Equidad – Entorno (Medio Ambiente)], se transforman en complementarios, lo que nos permitirá conseguir un equilibrio adecuado a nivel regional y mundial.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico puede darse como resultado de cuatro procesos diferentes (1):

Primero.- Inversión (aumento del capital social). La productividad del trabajo, y con ella el nivel de vida medio, dependen de la cantidad y de la calidad de los equipos y herramientas con que cuenta un trabajador medio (relación capital-trabajo).

A esta clase de fenómeno se le suele llamar "crecimiento soloviano", en honor de Robert Solow, quien asentó las bases de la moderna teoría del crecimiento económico. La inversión se hace posible gracias al ahorro. Ahorrar significa limitar el consumo en el presente con el fin de poder consumir más en el futuro.

Segundo.- Expansión comercial. El incremento en el intercambio de bienes, servicios, trabajo, o capital, puede ser beneficioso para todas las partes implicadas.

El crecimiento económico ocasionado por el incremento de la actividad comercial puede denominarse "crecimiento smithiano". El comercio se crea reduciendo los costes de transacción (es decir, los derivados de intercambiar, comprar o vender bienes y servicios en el mercado), o bien mejorando o reforzando los derechos de propiedad.

Tercero.- Efectos por escala o tamaño. Hay quienes creen que el crecimiento de la población puede llevar por sí solo a un aumento de la renta per cápita. Sin embargo, un crecimiento demográfico continuo aumentará la presión de la población sobre recursos que no crecen (tierra, agua y otros elementos naturales) o que crecen lentamente. En este caso, la economía pasará de un régimen de aumento a otro de disminución de beneficios.

Cuarto.- Aumento del caudal de conocimientos humanos. Aquí se incluye el progreso tecnológico así como los cambios en las instituciones. Este es el denominado "proceso schumpeteriano", en honor de Joseph A. Schumpeter (2), quien definió el "crecimiento como la expansión capitalista que se deriva de un proceso continuo, aunque fluctuante, de cambio e innovación tecnológica, financiado por la extensión de créditos". Por progreso tecnológico se debe entender cualquier cambio en la aplicación de la

¹ Profesor Titular de Obras Hidráulicas y Aprovechamientos Hidráulicos. e-mail: luis.castillo@upct.es

información al proceso de producción con el fin de aumentar la eficacia, y cuyo resultado sea la producción de determinados productos con menos recursos (es decir, con menos costes) o de productos nuevos o mejores.

2. LA NUEVA CORRIENTE DE LA ECONOMÍA

La economía del cambio tecnológico es un fenómeno reciente, aunque a finales del siglo XVIII ya estaba perfectamente incorporado en el análisis económico. En el modelo clásico de la economía, el cambio tecnológico se analiza de una forma muy difusa, únicamente se observan los efectos del cambio tecnológico e innovación y no sus causas. El reto es encontrar el Equilibrio Marginal (Principio de Pareto: mercado ideal para obtener regla de medida). Se supone que la situación de equilibrio la proporciona el mercado de forma automática; siempre y cuando no existan externalidades o defectos del mercado.

En el nuevo modelo de la economía del cambio tecnológico, la empresa interioriza el cambio técnico, tratando de explicarlo, considerando a la tecnología como variable fundamental.

Todavía no existe una Teoría de la Economía del Cambio Tecnológico, sino solo algunas corrientes o instituciones. De acuerdo con Freeman (3), los principales fundamentos son los siguientes:

Se afirma que no existe situación de equilibrio sino que se construyen alternativas a partir de principios como:

- El valor del poder
- Racionalidad e irracionalidad
- Actitud altruista
- Eficiencia de la liberalización (transparencia de precios)
- Existen cambios dinámicos en la tecnología.

Esta nueva concepción surge por causas internas y externas a la Teoría Económica:

Causas internas: En el año 1957, nacen los modelos de producción de Solow (análisis de series temporales), los mismos que analizan en la función producción (capital, trabajo, progreso técnico), la incidencia del del progreso tecnológico, que hasta entonces sólo era considerado como un factor residual. Leontieff estudió el Mercado Exterior de los Estados Unidos (productos intensivos de capital) con el modelo de Solow y, encontró la paradoja de que este sector estaba especializado en Productos Intensivos de Mano de Obra Cualificada, es decir en el Capital Humano; lo que estaba en total discordancia con el Modelo Fordista (Producción en Masa con mano de obra sin cualificación).

Causa externas: En el intento de hacer una política económica que identificase los cambios tecnológicos, especialmente debidos a los desarrollos producidos en la Segunda Guerra Mundial.

La pregunta clave es entonces: ¿Qué condiciones de formación del mercado favorecen la innovación?. De los estudios realizados no hay resultados concluyentes. El tamaño de las empresas es importante en unos casos y en otros no, dependiendo en todo caso, más bien del Sector de Actividad y del País. Las variables fundamentales que faltan y que se deben incluir son: Las condiciones de oportunidad tecnológica y el Grado de apropiabilidad de la Innovación.

Realizados estos análisis a nivel "macro", existe una diversidad de resultados que necesitan ser explicados, surgiendo así, un planteamiento distinto de la tecnología y concluyendo que la *Tecnología no es Información, sino Conocimiento*.

El Conocimiento tiene diferentes tipos de problemas, entre otros, problemas de información, problemas de riesgo y problemas de incertidumbre.

En términos económicos la "información" se refiere al conocimiento que ha sido reducido y convertido en un mensaje que puede ser fácilmente comunicado entre los agentes de decisión. La codificación del conocimiento es un paso en el proceso de reducción y conversión que produce la transmisión, verificación, almacenamiento y reproducción de información al menor costo.

El conocimiento científico y tecnológico posee las características de un bien público duradero; así:

- Es duradero en el sentido de que no se deteriora con el uso, aunque su valor económico puede ser alterado.
- Es capaz de ser disfrutado en conjunto por diversos agentes.
- Deben tomarse medidas de costo para restringir el acceso a los que no tienen "derecho" de uso.

3. EL MODELO INTERACTIVO DE LA INNOVACIÓN

De los estudios realizados para dar respuesta a la "Paradoja de la Productividad" planteada por Robert Solow: ¿Por qué no hay desarrollo Tecnológico-Económico, como cabría esperar, después de haber invertido grandes sumas de dinero en forma sostenida en Investigación y Desarrollo?. De acuerdo con la OCDE (4)(5), las principales conclusiones son las siguientes:

- La innovación es un proceso complejo, no lineal.
- La Empresa constituye el elemento clave del proceso.
- Los recursos humanos tienen una importancia fundamental.
- La Autarquía Tecnológica es imposible.
- El nuevo Paradigma Técnico-Económico es la Tecnoglobalización.

De esta forma, el modelo clásico lineal del desarrollo y crecimiento técnico-económico, en función de únicamente la cantidad de fondos para investigación, está totalmente superado, sabiendo que a más de la Investigación y Desarrollo, es necesario promover políticas de innovación tecnológica, las mismas que deben tener asociada la comercialización de los productos. Por tanto, para que exista el proceso de Innovación Tecnológica, es necesario asociar a los inventos, la adecuada comercialización; constituyendo así el llamado "Modelo Interactivo de la Innovación".

Las principales consecuencias del Modelo Interactivo de la Innovación son las siguientes:

- Es difícil distinguir entre la investigación básica, aplicada y de desarrollo.
- El proceso de innovación es acumulativo. El que más conocimientos tiene, más posibilidades tiene de aumentar su capacidad de conocimiento.
- El sistema de innovación tiene que ser contemplado en su conjunto.
- La investigación tiene un carácter interdisciplinar, existe una integración de las tecnologías.
- Las trayectorias tecnológicas implican puntos de no retorno. Las opciones tecnológicas decididas influirán en el aspecto económico del futuro.

La Empresa es el elemento clave en el Proceso de Innovación Tecnológica, por tanto las principales características que se deben tener en cuenta son:

- Debe haber un crecimiento importante en las inversiones intangibles.
- Se debe sustituir el sistema clásico de organización multidivisional, por el sistema interactivo (sistema matricial o sistema de planificación estratégica por objetivos).
- Los sistemas de producción deben cambiarse a un Sistema de "Economías de Gama" (Sistema Post-Fordista o Toyotismo); en donde se busca que al menor costo se adapte el producto a las necesidades del consumidor ("customización"). Se basa en grupos encargados de tipo de trabajo, denominados "Círculos de Funcionamiento" y ha dado lugar a la "Total Quality Management".
- Debe haber una gran competitividad por el uso de nuevas tecnologías.

Los Recursos Humanos tienen un carácter fundamental, puesto que:

- Son determinantes del éxito del proceso.
- Existe necesidad de nuevos conocimientos.
- Existe necesidad de nuevas actitudes, con formación permanente (continua) y con la participación directa de las empresas en la formación.

La cooperación científica y tecnológica tiene una gran incidencia en las siguientes temas:

- Incremento de las redes entre empresas, universidades y/o entre universidades y empresas.
- Búsqueda de equilibrio entre la cooperación y la competencia.
- Concentración de actividades, pero evitando la Oligopolización (efectos no deseados).

Los fenómenos de Tecnoglobalismo (6), constituye una etapa de la internacionalización de la economía, propiciándose por el uso de las nuevas tecnologías (estructura global de los mercados). Las leyes nacionales son cada vez más inoperantes, cuando intentan algún grado de proteccionismo; sin embargo, son valiosísimas cuando actúan como moderadores y potenciadores de la innovación tecnológica. Así, la política local es determinante de las capacidades del País.

4. TIPOS DE CONOCIMIENTO PARA LA INNOVACIÓN. EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

En general se pueden identificar cuatro formas de conocimiento económicamente relevantes (7): "know-what" (saber qué), "know-why" (saber por qué), "know-how" (saber cómo) y el "know-who" (saber quien). De esta forma, en general existen tres tipos de conocimiento para la innovación:

El Conocimiento Tácito es la capacidad y competencia de transformar la información y el conocimiento (experiencia, saber hacer, rutinas, prácticas organizativas).

El Conocimiento Codificado es toda la información existente y que puede llegar a constituir un conjunto estructurado de datos.

El Conocimiento de Red es la identificación de los actores en las distintas organizaciones sociales, junto con un adecuado conocimiento de las relaciones entre ellos.

La investigación sistemática y racional para el avance de la ciencia y la tecnología conduce a la producción de diversos tipos de conocimiento, funcionalmente diferentes: conocimiento genérico, infratecnología, conocimiento aplicado y conocimiento de procesos y productos.

El conocimiento genérico es el resultado del primer paso en un proceso por el cual los descubrimientos científicos se hacen cada vez más útiles para la explotación comercial. La investigación tecnológica genérica identifica y generalmente caracteriza el funcionamiento de los atributos y demuestra cómo estos atributos estarán reunidos para formar un producto eventual, en términos de características de operación general, arquitectura de producto, etc.

La infratecnología se refiere al sistema de métodos, datos científicos e ingenieriles, modelos, medidas y estándares de calidad, que permiten a los científicos determinar con precisión los resultados de los experimentos y, a través de acuerdos comunes sobre estos métodos de medida, comunicar los resultados de investigación a los potenciales usuarios.

Los distintos tipos de actividades de aprendizaje desarrollan ventajas comparativas en la producción de las diversas formas de conocimiento. Por ejemplo, los laboratorios de investigación de las universidades pueden generar conocimiento científico genérico, aplicado e infratecnología, mientras los laboratorios corporativos de I+D pueden generar un muy amplio rango de conocimiento, desde avances genéricos a productos y procesos tecnológicos muy específicos.

5. LA DIMENSIÓN CODIFICADO-TÁCITO DEL APRENDIZAJE

La ciencia y la tecnología como otros trabajos humanos, se fundamenta en un sistema de capacidades y técnicas humanas, cuyos ingredientes -la "experiencia científica" o la "experiencia ingenieril"- se adquieren experimentalmente y se transmiten por demostración, instrucción y provisión de servicios expertos (consejos, consultorías, etc.) y, no únicamente por métodos y procedimientos codificados. Tanto el conocimiento codificado y tácito, son inputs sustituibles en la producción de mayor conocimiento, o en las implementaciones prácticas. Las proporciones relativas en que se usan se reflejan en los costos relativos de acceso y transmisión a los usuarios. La complementariedad entre las dos clases de conocimiento tiene implicaciones importantes en la forma en que los resultados de una investigación pueda ser difundida.

En las sociedades de la industria moderna, la diferencia fundamental entre las diversas comunidades de investigación científica son los acuerdos socio-políticos y las estructuras de recompensas bajo las que trabajan. Hay una crucial separación, en este punto de vista, entre las comunidades de "ciencia abierta" y las comunidades de "investigación propietaria". Las primeras están organizadas en torno a una actividad cuyo propósito es aumentar el stock fiable de "conocimiento público"; mientras en las segundas el propósito principal es generar stocks de "conocimiento privado", de cuyo valor económico pueden apropiarse las organizaciones que les patrocinan. Las bases para la distinción categórica entre los dos modos sociales de producción de conocimiento, se encuentra en la naturaleza de los objetivos últimos que están abiertamente reconocidos y aceptados como legítimos dentro de las dos comunidades, sus normas de comportamiento con respecto a la revelación del conocimiento y los sistemas de recompensa que proveen incentivos individuales, compatibles con el empleo y los objetivos organizacionales.

En forma general, la "ciencia abierta" (*open science*) se puede asociar con el mundo de la investigación académica, incluyendo el patrocinio gubernamental, pasando por la investigación patrocinada por empresas privadas cuya investigación se rige como en "una universidad" (*university-like*) pero cuyas normas de organización afectan a la autonomía de los investigadores individuales, a la libertad para seleccionar los colaboradores, para entrar en modos informales de cooperación, para determinar cuándo y qué descubrimientos deben ser publicados y, una estructura de premios que se basa en la reputación colegial, establecido a través de la prioridad en publicaciones de descubrimientos de investigaciones verificables.

En el polo opuesto se asienta el mundo de la investigación relacionado con la *investigación militar "restringida"*, conducido en laboratorios gubernamentales protegidos, en donde la organización de I+D es la propietaria de todos los descubrimientos. Los científicos e ingenieros empleados deben registrar su trabajo en "libros de notas", cuyo contenido son también propiedad de la compañía y, no pueden revelar el conocimiento que están adquiriendo en el curso de su empleo sin un permiso explícito, si no desean ser juzgados por acciones ilegales (robo o tráfico de secretos comerciales, etc.).

El aprendizaje de la ciencia y la tecnología puede realizarse bajo dos formas polares: *experimentación controlada* deliberadamente y *aprendizaje experimental* como producto de las actividades económicas. La primera forma ocurre en los procesos de investigación organizados, mientras la segunda ocurre en el curso de la difusión de nuevos métodos y productos (aprendizaje en fabricación y aprendizaje por uso). También el aprendizaje puede realizarse desde la *diversidad* y desde la *estandarización* (ver Figura 1). La selección de estos tipos de *aprendizaje puede ser pasivo*, por ejemplo a través de los mecanismos competitivos de mercado; o *activo*, como cuando un actor económicamente dominante o político, decide que una variante particular debería llegar a ser el estándar.

Si los mecanismos del mercado no alientan la investigación, como por ejemplo con leyes específicas como los derechos de propiedad intelectual, no existe una base para suponer que se pueda sustentar una producción eficiente del conocimiento. Los mecanismos del mercado tienden a desalentar la producción de bienes públicos, ya que es incapaz de asignar completamente a todos los productores, el valor del fruto de sus esfuerzos.

Esta deficiencia del mercado se ha intentado subsanar por medio de la producción pública, los derechos de propiedad intelectual y los subsidios públicos a la producción.

En la investigación pública, los gobiernos se involucran directamente en la producción del conocimiento, financiando los costos de producción por medio de los impuestos generales. De esta forma, los descubrimientos públicamente se revelan y se permite su uso libremente.

Los derechos de propiedad intelectual, son otorgados por la sociedad a los productores privados, por recompensa a sus descubrimientos; permitiéndoles cobrar derechos de honorarios por el uso del descubrimiento. Esto crea mercados privados para el conocimiento y los eleva a la categoría de "*productos de conocimiento privado*".

Las *patentes* y los *copyrights* son los medios más usuales para definir y proteger los derechos de propiedad intelectual.

Como se comentó, los subsidios públicos constituye una forma de alentar la producción privada del conocimiento. Una característica crítica de esta forma, es que los productores son despojados de los derechos exclusivos de los resultados de su actividad de I+D; así, una vez producido, el conocimiento se hace libremente disponible para todo el que solicite su uso. No obstante su forma imperfecta, este esquema caracteriza las actividades de investigación que se llevan a cabo en entidades públicas o privadas sin ánimo de lucro, tales como universidades, en donde mucho del conocimiento que se produce no se puede patentar por individuos privados involucrados en su creación y, donde los salarios y las promociones y el equipamiento son pagados por fondos públicos. Aquí existe una asociación íntima entre la fuente de financiamiento y el carácter público del conocimiento-producto.

Las tres características del conocimiento económicamente relevante -*grado de codificación, grado de restricción y estado de propiedad*- definen un espacio dentro del cual se pueden localizar los tipos de conocimiento y las agencias que los crean (Figura 2).

La situación de *productos-conocimiento* en el espacio que ha sido definido, constituye un asunto complejo, que se rige por estipulaciones detalladas del régimen de propiedad intelectual, y por las normas que gobiernan la revelación del conocimiento entre los miembros de las diferentes organizaciones sociales involucradas en las actividades de investigación.

Un desarrollo más amplio de estos temas se puede consultar en (8) y (9).

Referencias bibliográficas

- (1) Mokyr, J. (1993). La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico. Alianza Editorial. Madrid.
- (2) Schumpeter, J.A. (1939). Business cycles. McGraw Hill. Ney York.
- (3) Freeman, C. (1994). The economics of technical change. Cambridge Journal of Economics. 18, 463-514.
- (4) OCDE (1992). Technology and The Economy. The Key Relationships. París.
- (5) OCDE (1994). "Main Science and Technology Indicators". París.
- (6) Archibugi, D. And Michie, J. (1994). La internacionalización de la tecnología: mito y realidad. Información Comercial Española, nº 276, febrero.Madrid.
- (7) Lundvall, B.A. (ed). (1992). National systems of innovation. Pinter Publishers.
- (8) Castillo-E. Luis (1996). Problemática actual de la planificación de los recursos hidráulicos en España y el mundo. Tesis de Master en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Autónoma de Madrid.
- (9) Castillo-E. L. (2003). Proyecto Docente e Investigador para el Concurso a la Plaza Nº 166/01PTU de Profesor Titular de Universidad. Área de Ingeniería Hidráulica. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. UPCT. Cartagena.

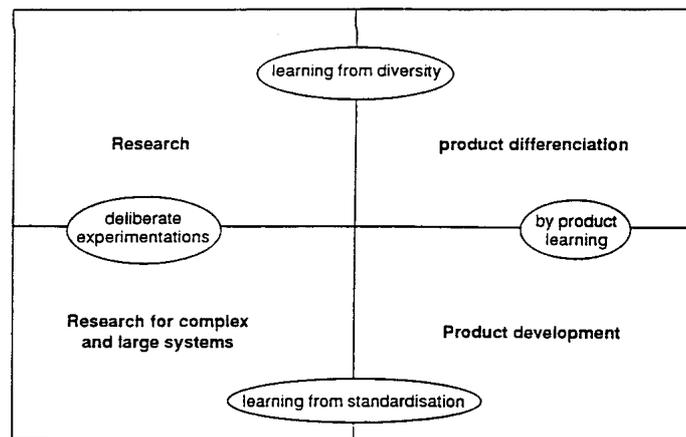


Figura 1. Modos de generación del conocimiento (5)

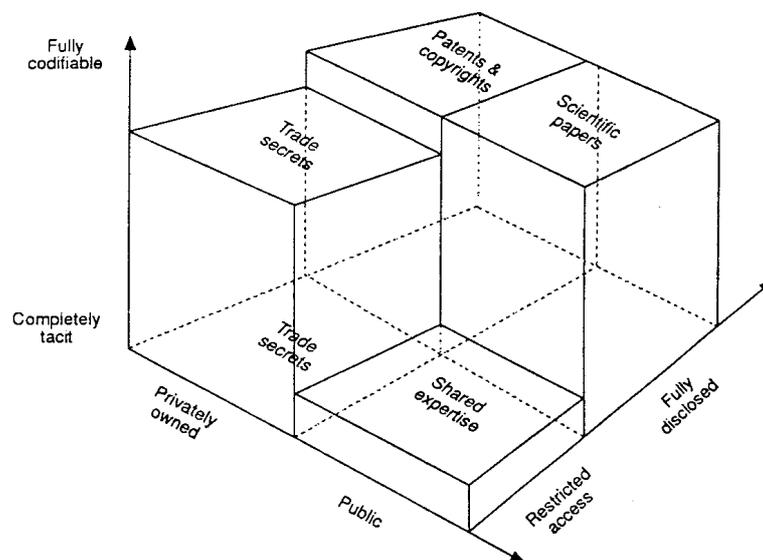


Figura 2. El espacio Conocimiento-Producto (5)