

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 107-114

Impacto económico y social de la ciencia y la tecnología en el desarrollo

Economic and social impact of science and technology in development

Carlos Alberto Hernández Medina^{1,*}, Alexander Báez Hernández², Magdalys Alibet Carrasco Fuentes³

1- Centro Universitario. Municipal Camajuaní. Independencia 126-B. Camajuaní. 52500. Villa Clara. Cuba.

2- Universidad Central de Ecuador. Ave. de las Américas. Quito. Ecuador.

3- Centro Universitario Municipal Camajuaní. Joaquín Paneca 62-A. Camajuaní. V. Clara. Cuba.

*E-mail: cahm862@uclv.edu.cu

Recibido: 20/12/2019; Aprobado: 06/07/2020

Resumen

El artículo tiene el objetivo de encontrar las bases conceptuales para el diseño de políticas científico - tecnológicas y su reflejo a nivel local. Los métodos y técnicas fundamentales empleados para la obtención de la información que se utilizaron fueron la revisión bibliográfica y el análisis de documentos. Entre los resultados principales encontrados está que cada vez más el papel de la ciencia en todas las esferas de la vida se incrementa, los productos que utilizamos tienen incorporada una tecnología más cercana a las fronteras del conocimiento y es imprescindible la aplicación de innovación tecnológica para poder lograr desarrollo. Se concluyó que los Sistemas de Ciencia y Tecnología generan, aumentan y difunden el conocimiento científico y tecnológico, le conciben nuevas aplicaciones y el papel central de la ciencia como fuerza productiva nueva en el incremento de la productividad es evidente.

Palabras clave: Ciencia, tecnología, desarrollo sostenible, impacto.

Abstract

This article aims at finding the conceptual bases for the design of scientific and technological policies and their reflection at local level. In order to obtain information about the fundamental methods and techniques used in this work, both bibliographic reviews and documental analysis were used. Among the main results, it was found that the role of science is increasing in all the spheres of people's lives and the products they use need to have technological innovation to achieve greater development. It was concluded that the Science and Technology Systems generate, increase and disseminate scientific and technological knowledge and provide them with new applications. the central role of science as a new productive force in increasing productivity was also evident.

Keywords: Science, technology, sustainable development, impact.

1. Introducción

En los últimos años ha crecido, en círculos académicos y políticos, el interés por el impacto social y económico de la ciencia y la tecnología. [1] El papel de la ciencia en todas las esferas de la vida se incrementa. Cada día los productos y servicios que usamos tienen incorporadas tecnologías más cercanas a la frontera del conocimiento y prestaciones impensables hace poco tiempo. Eso se debe en gran medida a que el tiempo transcurrido en aplicar el nuevo conocimiento a la praxis social se acorta cada día.

Como mecanismo de crecimiento económico, competitividad o, en fin, como mecanismo para incrementar el bienestar social y lograr desarrollo local, se destaca la influencia que la ciencia y la tecnología poseen sobre esas variables. [2] En la esfera de la producción y los servicios, servicios sociales o al servicio de la comunidad, es im-

prescindible aplicar la innovación tecnológica para lograr resultados de calidad.

El acrecido interés por esas cuestiones ocurre en todos los países y se relaciona con el auge del fenómeno de globalización. Cuba no está al margen de esa dinámica. Aumenta la importancia de aplicar tecnología de punta para mejorar la calidad de vida y las condiciones de trabajo, comunicación, estudio y uso del tiempo libre. [3]

Este artículo se integra en ese contexto y pretende responder al problema de investigación de encontrar las bases conceptuales para el diseño de políticas científico - tecnológicas y su reflejo a nivel local, según Hernández (2015) [4]. Conceptualiza el impacto social y económico de ciencia y tecnología sobre el modelo teórico- metodológico de Sistema de Innovación Local para el desarrollo local en un país subdesarrollado del Tercer Mundo.

Desarrollo del Artículo

Materiales y Métodos

Los métodos científicos utilizados en la investigación fueron: Observación, Análisis-síntesis, Análisis de documentos, Inducción-deducción, Histórico-lógico e Investigación Documental. Las técnicas empleadas para la obtención de la información que se utilizaron fueron: Revisión bibliográfica y análisis de documentos. La metodología y los enfoques utilizados durante la investigación se guiaron por los principios de la gestión del conocimiento, el análisis multi-metodológico y el uso de un enfoque transdisciplinario.

Se tuvieron en cuenta los tres enfoques de redes para construir marcos analíticos: 1. Análisis de Redes Sociales que profundiza en el estudio de las estructuras sociales que subyacen a los flujos de conocimiento. Su aplicación al estudio de la colaboración en I+D es novedosa. 2.. Enfoque basado en la Teoría del Actor Red (TAR), donde la noción de red tiene un estatuto teórico mayor pues trata de descifrar la complejidad de los fenómenos ligados en particular a la difusión de las innovaciones y 3. El enfoque de la red como mecanismo de integración, inscrito en las teorías de la coordinación social. [5]

La aproximación metodológica, que se construyó a partir de las influencias mencionadas, ha considerado las dimensiones: 1: morfología: actores que participan; intereses y motivaciones; cuándo entran o salen de escena. 2: génesis y dinámica: forma como se coordinan e interactúan los participantes; sus formas de integración y la forma en que abordan los conflictos, solucionan los problemas y toman las decisiones. 3: naturaleza de los flujos de conocimiento que tienen lugar en el contexto de la red: ¿Qué intercambian los actores, cuáles son los canales para el intercambio (movilidad), qué efectos tienen en la mejora de productos y/o procesos, la naturaleza del conocimiento que se intercambia (codificado, tácito), si el impacto es directo e inmediato, ¿Qué tipo de información de intercambia: de mercado, técnica, científica; qué tipo de conocimiento: ideas, habilidades, experiencia, métodos y 4: impacto de la red de conocimiento en: formación de recursos humanos; nuevos o mejorados procesos/productos; Solución de un problema económico o social y apertura de nuevas líneas de investigación y de investigación básica.

Las dimensiones metodológicas que fueron utilizadas para el análisis de las redes de conocimiento presentes en el municipio se basaron en el estudio de su morfología, génesis y dinámica, flujos del conocimiento existentes e impactos causados. [6] y [7]

Resultados y discusión

El amplio trabajo de estudio de documentos y revisión de bibliografía nos permitió conformar críticamente un marco teórico que definió, a partir de la toma de partido

entre las definiciones de innumerables autores, una serie de conceptos que expondremos y discutiremos a continuación.

Tecnología y Desarrollo

Al definir qué se entiende por tecnología, esta puede ser, según Pampillón (1991) [8], un factor de producción formado por un conjunto de conocimientos que sirven para fabricar bienes y prestar servicios. Otra definición de Molero y Buesa (1997) [9] engloba los conocimientos teóricos y empíricos que se contienen en los equipos, métodos, procedimientos, organización, rutinas y saber hacer de empresas e instituciones y se usan para producir bienes y servicios.

El progreso técnico es el conocimiento que permite mayor producción o producir con calidad superior a partir de iguales recursos [10]. Pampillón (1991) [8] cree que se relaciona íntimamente con la tecnología y son cambios en la tecnología logrados al combinar investigación, desarrollo e innovación. Vegara (1989b) [11] indica que el cambio técnico se refiere a la invención, innovación, transferencia y difusión de tecnologías, sus efectos e impactos. Entonces entendemos por tecnologías a los conocimientos y por técnicas a los sistemas físicos que los hacen operacionales.

Según Stoneman (1987) [12] frecuentemente el cambio técnico se traduce en progreso técnico, pero aclara que esos términos no son sinónimos. No todo cambio es un avance, aunque todo avance será un cambio.

Investigación y Desarrollo

Por investigación básica se entiende la búsqueda de conocimiento original para el avance de la ciencia pura, sin objeto comercial. No se dirige a aplicaciones prácticas y genera conocimiento científico sin necesitar resultados económicos. Que esos conceptos científicos no posean todavía utilidad directa en la producción y servicios no impide que puedan tenerla tras años de estudio y experimentación. [13]

La investigación aplicada busca nuevo conocimiento científico con objetivo comercial. Da solución práctica a problemas concretos y plasma los avances teóricos de la investigación básica en nuevos productos o procesos. Su resultado es la invención, susceptible de patentar. Una invención o invento es la primera creación de un conocimiento que puede o no derivarse de las diversas ciencias. Es la generación de nuevas ideas.

Patente es un título otorgado por la autoridad pública que garantiza al inventor monopolio de explotación temporal de su invención registrada en la oficina de patentes y publicada por esta. El titular disfruta en exclusividad del resultado industrial del invento por un período de tiempo o concede licencia de explotación por el pago de un royalty. [8]

La Investigación y Desarrollo (I+D) es un espectro de actividades relacionadas con la actividad económica que

comienza con actividades básicas de investigación y va a etapas de aplicación comercial. La incertidumbre técnica y económica asociada en cada fase disminuye mientras la rentabilidad y apropiabilidad de los resultados aumenta.

Innovación y Desarrollo

La innovación tecnológica es la aplicación de la investigación con éxito comercial al acoplar en un ámbito espacial preciso una nueva oportunidad tecnológica con una necesidad o demanda solvente. Su origen puede ser una invención o la transferencia de tecnología. Si la invención es generación de nuevas ideas, la innovación abarca transformar nuevas ideas en productos que pueden llevarse al mercado. Las invenciones no llevan a innovaciones si no encuentran aplicación comercial.

La innovación surge de los procesos anteriores y de la función empresarial de lanzar al mercado el invento, obtener recursos para ello y organizar el modo de llevarlo a cabo. La definición de Hall (1994) [14] propone: "... Cuando una empresa produce un bien o servicio o utiliza un método o input que le es novedoso, está realizando cambio técnico. El primero que produce determinado cambio técnico es un innovador. Su acción es la innovación..."

Otro concepto clásico de innovación lo debemos a Schumpeter, citado por Vegara (1989c) [15] que propone 5 tipos de innovación: 1) introducción de un nuevo bien con el que no se hayan familiarizado los consumidores o de una nueva calidad de un bien; 2) introducción de un método de producción no probado que no precisa fundarse en un descubrimiento científico nuevo y puede consistir en una nueva forma de manejar comercialmente una mercancía; 3) apertura de un nuevo mercado en el cual no se haya entrado aún, a pesar de existir anteriormente; 4) conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o bienes semi-manufacturados, haya o no existido anteriormente y 5) creación de una nueva organización en cualquier industria, que de una posición de monopolio o anule un monopolio anterior. Esta clasificación deja claro que no todas las innovaciones implican un cambio técnico. Como se aprecia, las 3 últimas son innovaciones no tecnológicas.

Institucionalización del Mecanismo de Desarrollo

El Sistema de Ciencia y Tecnología (SCT) de un país lo forma el conjunto de personas, instituciones, actividades y operaciones interrelacionadas dirigidas a generar, aumentar y difundir conocimiento científico y tecnológico o concebirle nuevas aplicaciones. Posee dos misiones: generar, difundir y aplicar conocimiento científico y tecnológico propio y asimilar adecuadamente el foráneo. [16] Sus agentes son las empresas, centros de investigación, universidades y la administración pública que actúan como agentes diseñadores y ejecutores de política tecnológica

actuando como productores de ciencia y tecnología; contribuyendo a sufragar gastos; facilitando información y asesoría tecnológica y fomentando la difusión de la nueva tecnología.

Los inventores independientes tienen importancia cada vez más marginal. La complejización de la investigación llevó a que se realice en equipos. Las actividades más próximas a las fases finales del proceso innovador y más ligadas al mercado y las ventas, escapan a esta norma, por razones comerciales, ser menos costosas, presentar menos incertidumbre y riesgo y sus rendimientos ser fácilmente apropiables por las empresas.

Difusión del conocimiento y desarrollo

La transferencia de tecnología en sentido estricto supone la transmisión y asimilación a través de las fronteras de conocimientos y elementos materiales que hacen posible la innovación. [17]

La difusión es el proceso que se manifiesta en el creciente número de usuarios de una innovación o su adopción por los agentes. El impacto económico de una innovación depende mayormente del proceso de difusión. No todas las innovaciones son difundidas de forma exitosa. En algunas ocasiones la difusión se realiza por imitación. [17]

La expresión transferencia de tecnología es la cesión de conocimientos de un país a otro, su transferencia internacional. Se puede realizar mediante tecnología incorporada a los bienes de capital; a los recursos humanos con contratos de asistencia técnica, programas internacionales de cooperación, servicios de consultoría; o a lo que llamamos tecnología desincorporada, o cesión del derecho de uso de una patente a través de una licencia.

Con la importación de tecnología surge el concepto asimilación de tecnología extranjera que es la capacidad del SCT del país de adaptar y transformar la tecnología importada y difundirla a lo largo del sistema productivo nacional. A veces se distingue entre los conceptos de I+D creativa y de I+D adaptada o asimilada.

Modelos

Los conceptos anteriores forman lo que se llama el modelo lineal del cambio técnico. Según dicho modelo, el cambio técnico sigue una secuencia de actividades o de resultados que podría caracterizarse, por actividades, de la forma: Investigación básica-Investigación aplicada-Desarrollo-Fabricación industrial-Comercialización y ventas; o bien por la siguiente: Invención-Innovación-Difusión. En cada etapa ocurre un proceso de selección y sólo una parte de las nuevas ideas será finalmente difundida ampliamente en la economía.

El modelo lineal es un proceso unidireccional que sigue el orden y consume determinado tiempo entre fases. Esa visión del cambio técnico separa cada etapa, conside-

rándolas autónomas. El modelo lineal es muy criticado, proponiéndose aproximaciones alternativas al cambio técnico que lo entienden como un proceso muy complejo.

El papel de la ciencia según Marx

Marx fue consciente de que el capitalismo, como sistema económico, logró incrementos enormes en la productividad y el dominio humano sobre la naturaleza. La burguesía creó fuerzas productivas más masivas y colosales que las generaciones precedentes (Marx y Engels, en Rosenberg (1979) [18]). El capitalismo es tan productivo porque creó enormes incentivos para el cambio tecnológico e introducir nuevas tecnologías que reducen costos.

El crecimiento de la productividad no puede ser sólo una función del desarrollo de las instituciones capitalistas. Esto sería condición necesaria, pero no suficiente. La vitalidad tecnológica del capitalismo ha estado unida al estado del conocimiento científico y la capacidad de la industria de explotarlo. [19]

Para Marx la ciencia no es una variable exógena o independiente. Su papel central en el incremento de la productividad surgió después que el capitalismo, bien entrado el siglo XIX. Tres juegos de fuerzas permitieron el crecimiento de la productividad de la industria moderna: a) el incentivo a la acumulación creado por las instituciones capitalistas; b) la disponibilidad de saber científico y tecnológico apropiados para solucionar problemas industriales y c) una tecnología poseedora de ciertas características especiales.

Marx defiende una visión del progreso científico dependiente de la demanda, donde las fuerzas de oferta desempeñan un papel secundario, pero también atendió a factores de oferta. Para él la ciencia no se aplicó antes a la industria porque las fases artesanal y manufacturera de la producción carecían de base tecnológica que permitiera aplicar el conocimiento científico a solucionar los problemas productivos. Esta base tecnológica emergió luego y permitió la industria moderna.

En *El Capital*, Marx señala que la industria moderna hace de la ciencia una fuerza productiva distinta del trabajo y la presiona al servicio del capital. Esto lleva a la exigencia de que las máquinas sean construidas por máquinas para liberarse de la restricción impuesta por las limitaciones humanas al realizar el trabajo productivo. Ese avance técnico en el sector productor de bienes de equipo permite introducir innovaciones ahorradoras de capital que incrementan la tasa de beneficio.

Algunas de estas innovaciones son: perfeccionar la construcción de maquinaria al sustituir madera por metal; cambio técnico en sectores suministradores de bienes de equipo; reducción de costos de operación en la maquinaria; comercialización de residuos y subproductos de la producción en gran escala; mejoras en transporte, comunicaciones e infraestructuras que reducían el volumen de capital circulante necesario. [20]

Criterios de adopción del cambio tecnológico

El mecanismo que empuja al capitalista a introducir nuevos métodos de producción es la presión de la competencia y la obligación de reducir costos. Sólo así obtienen beneficios para su crecimiento. El criterio de reducir costos y la fuerza de la competencia explican y motivan la introducción de nuevos métodos de producción. [21]

Se puede obtener mayor beneficio incrementando la plusvalía al introducir el cambio tecnológico. El capitalista compra la fuerza de trabajo en el mercado y obtiene trabajo que no puede comprar directamente, surge así el problema de extraer la máxima cantidad de trabajo a la fuerza de trabajo. El proceso de control es el mecanismo que permite conseguir máxima eficiencia en esa conversión. La historia del capitalismo es la historia de los modos de control que han surgido en el tiempo. Una tipología clásica de los modos de control es la de Edwards (1983) [22], que distingue: control simple, técnico y burocrático.

Introducir el cambio técnico incrementa la plusvalía al aumentar la producción que realiza el trabajador. Marx define, en este contexto, lo que denomina composición orgánica del capital, el cociente entre el capital constante (capital físico) y el capital variable (fuerza de trabajo).

Marco conceptual del cambio tecnológico en la teoría neoclásica de producción

Para exponer la teoría del cambio tecnológico en el modelo neoclásico sencillo nos basamos en Hall (1994) [14]. Cambio tecnológico es una adición al conjunto de maneras en las cuales la producción se efectúa. Si la nueva forma de producir utiliza mayor cantidad de materias primas, energía y trabajo que otros métodos no hay avance tecnológico. Si el producto se elabora con menor gasto hay avance tecnológico. Este modifica la función de producción y permite producir con menos materia prima, energía y trabajo.

En el modelo neoclásico sencillo, la empresa actúa como maximizadora del beneficio que es la diferencia ingresos/costos. La función de producción relaciona las cantidades de factores con la de producto, pero nada indica sobre los costos de la empresa. Éstos tendrán que ver con la cantidad de factores usada y los precios que éstos tengan en el mercado.

Aporte de Schumpeter a la economía del cambio técnico

Schumpeter introduce la innovación, tecnológica o no, en su teoría del desarrollo. Como señala Vegara (1989c) [15], existe en sus obras una notable permanencia en las grandes cuestiones que definen su sistema. Parte del concepto de corriente circular, cuyas características son la libre competencia y la repetición indefinida de las tareas económicas lo que facilita el aprendizaje y la formación de expectativas. En ese marco los riesgos son asegurable, el beneficio no existe pues el producto se reparte entre tierra y

trabajo y el tipo de interés de los préstamos por actividades productivas es nulo. [15]

En ese modelo no hay lugar para el desarrollo económico. Schumpeter utiliza este esquema como instrumento analítico y metodológico para construir su sistema. Entiende que el mundo real no es así y que la competencia perfecta no es el estado habitual. Al partir de la idea de corriente circular, surge la cuestión de los cambios que pueden producirse y distingue dos tipos: los cambios continuos, pequeños, que no introducen discontinuidades en el curso de la corriente y cambios bruscos, no continuos, pero que la alteran y modifican. Estos últimos, sus causas y sus consecuencias, son su objeto de estudio.

El proceso de desarrollo está ligado a los cambios discontinuos, cualitativos, que generan rupturas. Así, Schumpeter, al discutir el papel de las innovaciones se preocupará de las radicales, no de las incrementales. Considera desarrollo los cambios de vida económica no impuestos desde el exterior, sino los de origen interno. Señala las transformaciones que surgen del sistema y desplazan tanto su equilibrio que no puede recuperarlo por alteraciones infinitesimales. Considera el fenómeno de desarrollo como proceso endógeno, que no puede existir sin esos cambios cualitativos. A partir del estado estacionario determinado por la corriente circular, Schumpeter estudia cómo se realiza el proceso de desarrollo. Señala que las innovaciones son el medio por el que se producen los cambios discontinuos y el desarrollo es la puesta en práctica de nuevas combinaciones, la introducción de innovaciones.

El papel de las innovaciones

A diferencia de otras importantes visiones teóricas sobre el cambio técnico, para Schumpeter la innovación casi siempre aparece en la esfera de la vida industrial y comercial, no en la de las necesidades de los consumidores de productos acabados. El motor de la innovación no es la demanda sino la oferta. Ello es coherente con el papel que le asigna a la figura del empresario.

Lo que distingue a las innovaciones, más allá de su tipo, es su capacidad para crear beneficios y romper la corriente circular. Las innovaciones radicales generan ciclos económicos y otorgan superioridad al introductor. Crean nuevas empresas o renuevan las existentes. Schumpeter otorga importancia capital a las innovaciones pero, en su sistema, las invenciones carecen de importancia económica al menos mientras no se ponen en práctica convirtiéndose en innovaciones. Como se desprende de la tipología, no es relevante económicamente que la innovación comporte o no novedades científicas. Inventar e innovar son funciones diferentes que requieren aptitudes diferentes, de agentes diferentes

Al surgir ciertas innovaciones, las empresas que las producen experimentan considerable expansión. De no reaccionar, las demás son eliminadas. Si este proceso se

generaliza porque las otras empresas, so pena de desaparecer, imitan la innovación o generan otras, la economía experimenta un auge. Las recesiones y depresiones aparecen cuando se agota el potencial generado por la innovación previa. Se reducen los beneficios y la innovación se frena.

Introducir innovaciones genera beneficios diferenciales con respecto a la competencia. Así, cuando un empresario produce una innovación y obtiene un beneficio, los competidores responden imitando esa innovación o generando otras, con lo que el beneficio diferencial posee. Un examen de estas cuestiones puede leerse en Freeman et al. (1985). [23]

En relación con el papel del empresario Schumpeter (1994) [24] reflexionó sobre una tendencia en la realidad económica de su tiempo a la progresiva sustitución del impulso personal del empresario innovador por la racionalización de la tarea innovadora llevada a cabo en el seno de la gran empresa. Así, el empresario es reemplazado por funcionarios de la innovación y de esta manera el proceso innovador se sistematiza y toma pautas estables. Esa tendencia sigue hoy.

La percepción de este estado de cosas al analizar la aportación de Schumpeter es esencial porque él desarrolló, de hecho, dos modelos del cambio técnico. En el primero hace partir la innovación de inventos exógenos a las empresas y estructuras de mercado existentes, con lo que, si bien la innovación es endógena a motivaciones económicas, la invención no lo es. En el segundo modelo la invención y la innovación son generadas por fuerzas económicas en el seno de la gran corporación capitalista [23], [25]. Explica el cambio de enfoque las modificaciones del capitalismo entre la IGM y los años cuarenta.

En la tendencia a burocratizar la función innovadora en la gran empresa, el autor percibe lo que puede acabar al sistema capitalista. Al destruirse elementos sociales e instituciones económicas esenciales que juegan un papel protector del capitalismo, éste puede experimentar peligro real de extinción. [15]

Orígenes del cambio técnico

Según el modelo lineal el cambio tecnológico es un proceso regido por el conocimiento científico básico, aunque éste quede al margen del análisis económico que impulsa el conocimiento tecnológico y lleva a productos concretos, las innovaciones, que se dan en el mercado. A esta forma de ver el proceso tecnológico se las llama del empuje tecnológico (technology-push) o empuje científico (science-push). También se le denomina enfoque de oferta, puesto que es la oferta de conocimiento científico y tecnológico quién impulsa el proceso, imprimiéndole determinada velocidad y alcance.

Como señaló Steinmueller (1994) [26], el modelo lineal puede contemplarse en 3 ópticas, cada una de las que incurre en una debilidad:

- a) Es un marco para diferenciar procesos de crear cono-

cimiento de acuerdo a sus fines comerciales. Distingue entre investigación básica, aplicada y en desarrollo. Pero esta visión desvía la atención de los determinantes económicos y sociales de la investigación científica.

b) Es una teoría de la producción de conocimiento y cada nivel produce outputs que son a su vez inputs para el siguiente. El modelo lineal ignora el papel de la tecnología para dar forma a los fines, métodos y productividad de la ciencia y desdén los orígenes no científicos de muchos desarrollos tecnológicos.

c) Es una teoría epistemológica. El conocimiento se va adaptando y particularizando de una etapa a otra y de una forma deductiva: de lo general se va a lo particular. Se adaptan principios generales y universales a utilizaciones y fines específicos. No obstante, el modelo lineal crea distinciones que un examen más detallado de la actividad científica y tecnológica desmentiría.

Pese a las anteriores críticas, Steinmueller (1994) [26] concluye que no debe descalificarse al modelo lineal, como herramienta útil, que simplifica el conocimiento, mientras las teorías alternativas están en y solo cuestionan aspectos del modelo. Es el fundamento de los métodos de recopilación de información estadística sobre actividades de investigación, para organizar la investigación económica de los beneficios sociales de la investigación científica y para explicar el papel de la ciencia en la innovación industrial. No es sólo una caracterización general abstracta del proceso del cambio tecnológico, también puede aplicarse a la actuación de la empresa innovadora concreta.

El modelo lineal presupone determinada división del trabajo innovador, asignando general, aunque no exclusivamente a la empresa las partes finales del proceso, dejando las primeras para el estado, los centros de investigación, las universidades. Otras críticas inciden en que sesga el análisis del cambio técnico hacia las innovaciones radicales. Se critica que es válido para las grandes innovaciones, las radicales, pero ignora el impacto de mejoras incrementales que actúan modesta, pero acumulativamente con tener tanta importancia como las radicales.

Este modelo se caracteriza por existir en él frecuentes realimentaciones entre las diversas etapas. Así, la ciencia no sólo tiene por qué estar presente en la invención; la verificación puede inducir un nuevo diseño o un problema no detectado puede inducir una nueva etapa en la investigación. Se debe adoptar un criterio amplio y pragmático a la hora de tratar los factores que influyen en la dirección del progreso tecnológico e incluir la demanda, cambios de capacidad, dimensiones y crecimiento de la industria, adelantos de la ciencia y educación y el desarrollo de una base científica en un modelo unificador que los englobara sistemáticamente.

Relaciones entre ciencia y tecnología

La tendencia general es que la tecnología depende cada vez más de la ciencia. Se fundamenta crecientemente en la

ciencia, hasta el punto de que algunas ramas tecnológicas son designadas como actividades tecnológicas de base científica. Algunos autores prefieren sostener que sería preferible utilizar la expresión tecnología relacionada con la ciencia antes que basada en la ciencia, que da una idea de causalidad unidireccional rígida. (Freeman (1975) [27])

El conocimiento tecnológico ha precedido en muchos casos al científico. La falta de comprensión científica no necesita ser un obstáculo insuperable, sobre todo cuando aparecen suficientes incentivos económicos poderosos. Así, la tecnología ha servido como depósito de conocimiento empírico examinable y evaluable por los científicos. La solución de ingeniería genera después la investigación subsiguiente que explica las causas.

Una segunda dimensión de la interacción entre ciencia y tecnología es que el progreso tecnológico juega un papel muy importante en la formulación del futuro de la ciencia. La trayectoria natural de ciertas mejoras tecnológicas identifica y define los límites de mejoras posteriores que, a su vez, orientan la subsiguiente investigación científica. La mejora tecnológica no se limita a generar la necesidad de tipos específicos de nuevo conocimiento. El avance de éste tiene lugar frecuentemente sólo por experiencia real de una nueva tecnología en su medio operativo. Típico de las ramas de alta tecnología es que el progreso tecnológico identifica de forma no ambigua las orientaciones de la nueva investigación científica ofreciendo un alto potencial de retorno, al reducir sensiblemente la incertidumbre.

Otro factor que cuenta es el de los cambios en la estructura de los incentivos económicos. Si un material es más barato como resultado de las mejoras tecnológicas se usa con más frecuencia y el menor precio hace que se le considere más en serio para otros usos potenciales. Lo que generará investigación y ensayos por parte de nuevas clases de usuarios.

Otra vía que lleva de la tecnología a la ciencia es la instrumentación. Sus mejoras son un determinante principal del progreso científico, toda vez que permiten mejorar las técnicas de observación, ensayo y medición. Perfeccionar determinadas clases de instrumentos es una forma de hacer avanzar un campo de la ciencia.

Relaciones entre cambio técnico y crecimiento económico

Una de las explicaciones, ofrecidas a mediados del siglo XX, del fenómeno del crecimiento económico consistía en entenderlo como el resultado de una aceleración en la formación de capital en la economía. Así, el incremento de la productividad del trabajo se debía al incremento del capital por persona y el crecimiento económico requería una aceleración de la formación de capital para que pudiera tener lugar.

En un trabajo ya clásico, Solow (1993) [28] pretendió estudiar cuáles eran los determinantes del crecimiento de la productividad del trabajo, o si se quiere, de la renta per

cápita. Los gastos en I+D no recogen toda la importancia del cambio técnico: éste no proviene sólo de los gastos en investigación y desarrollo, sino que su origen puede estar en la importación de nueva tecnología, en el progreso técnico incorporado en bienes de equipo, en el proceso de aprendizaje dentro de la empresa o de la economía en su conjunto.

Otra crítica es que este enfoque sólo hace referencia a los procesos de invención e innovación, mientras que el proceso de difusión no queda integrado en él. Esto es grave porque es la difusión lo que genera los efectos beneficiosos del progreso técnico. Además, los procesos de difusión son lentos y costosos, requieren una determinada cantidad de tiempo y de recursos, hechos que son completamente ignorados, y pueden llevar a una sobreestimación de los rendimientos de la inversión en I+D. [10]

Ciertos autores latinoamericanos, comparten algunos planteamientos relevantes sobre los efectos que aquí se están tratando. Se podrían entresacar los siguientes: [29]

1. Los flujos y tendencias del comercio y sus repercusiones en términos de renta dependen de las diferencias internacionales en los niveles tecnológicos y en la capacidad de innovación.
2. Los mecanismos de equilibrio del ajuste internacional y sectorial son débiles y el comercio influye en los niveles de actividad macroeconómica en cada economía modificando las cuotas de mercado mundial de los países en cada sector.
3. La distribución de las cuotas de mercado internacionales dentro de un mismo sector y su evolución temporal dependen del conjunto de ventajas o desventajas absolutas de un país, sin que medien ajustes de precio o cantidades entre sectores o entre rendimientos de los factores.
4. La tecnología no es un bien libre: no es posible utilizar gratuitamente la tecnología existente. Así, los países utilizarán diversas tecnologías.
5. Las pautas de asignación inducidas por el comercio internacional poseen implicaciones dinámicas que pueden generar tanto círculos viciosos como virtuosos en el largo plazo.

Dentro de estas visiones alternativas, conviene destacar dos modelos interesantes: el de la brecha tecnológica y los ligados al ciclo de vida del producto

Los modelos de la brecha tecnológica parten del supuesto de que la tecnología no es un bien gratuito, instantáneo y universalmente disponible, sino que partir primero supone una ventaja sustancial. Existe una brecha temporal, un retardo entre el momento en que un país comienza a producir un determinado bien y que se incorporan otros. Ese progreso, incorporado en un determinado bien, es inductor del comercio internacional durante el período que le lleva al resto del mundo imitar la innovación.

Los países pueden desarrollar su propia tecnología y una vez generada se difundirá a través del sistema econó-

mico. Las autoridades económicas pueden promover a su vez tanto la generación como la difusión mediante políticas específicas. Sin embargo, la tecnología puede importarse y puede exportarse. Dos cuestiones surgen cuando se contempla la cuestión de la exportación y la importación de tecnología: a) qué razones hacen preferible a una empresa importar tecnología antes que generarla ella misma y b) por qué una empresa exporta una tecnología antes que producir domésticamente con esa tecnología. [30]

Conclusiones

1. Los aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología y sus impactos sobre la economía y sobre el bienestar de los ciudadanos han crecido en interés.

2. La tecnología puede caracterizarse como el conjunto de conocimientos teóricos y empíricos que se contiene en los equipos, métodos, procedimientos, organización, rutinas y saber hacer de empresas e instituciones y se utilizan en las actividades de producción de bienes y servicios.

3. El cambio técnico es la evolución de ese conjunto de conocimientos y prácticas.

4. Se señala la importancia del cambio técnico como factor de crecimiento.

5. Al estudiar los determinantes del cambio técnico, ha existido una importante discusión teórica acerca de si las fuerzas de oferta con las aportaciones realizadas por la ciencia y la tecnología al frente o las de la demanda o los requerimientos de los clientes han impulsado la generación y difusión del cambio técnico. Algunas aportaciones modernas han conciliado ambas posturas ofreciendo modelos en los que tanto los factores de oferta como los de demanda juegan un papel importante.

Referencias bibliográficas

1. Hernández, C., *Utilización del trabajo por proyectos para incentivar la Innovación Tecnológica en los estudiantes universitarios*. HEKADEMUS. 3(8). Abril. 2010.
2. Hernández, C., *Aporte para un marco teórico sobre la gestión del conocimiento en las organizaciones*. Kaipós. 1(3): p. 29-40. Julio - Dic. 2014. ISSN: 2007-7882. UAM. <http://tesiuami.uam.mx/revistasuam/kaipos/include/getdoc.php?id=29&article=19&mode=pdf>
3. Hernández, C., Garcés, R., Orrantía, R., *Aplicación de indicadores de Desarrollo Agropecuario Local y de Gestión Universitaria del Conocimiento en el Municipio de Camajuaní, Cuba*. GUCID. 4(46): p. 27-36. 2014.
4. Hernández, C., *Editorial: Relación Universidad Sociedad en Función del Desarrollo*. Revista digital Lámpsakos. 12(14): p. 10-12, Julio - Diciembre. 2015. <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1706/1421>
5. Casas, R., *Literatura sobre vinculación*. Taller de Re-

- lación Universidad – Empresa. Universidad de San Gerónimo. Ciudad de La Habana, 9-12 febrero. 2015.
6. Casas, R., de Gortari, R., Luna, M., *University, knowledge production and collaborative patterns with industry*. In: Cimoli, M. (Ed.), *Developing Innovation Systems*. Continuum, London. 2000.
 7. De Fuentes, C., Dutrénit, G., *Best channels of academia–industry interaction for long-term benefit*. Res. Policy. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.026>
 8. Pampillón, R., *El déficit tecnológico español*. Colección Estudios, Instituto de Estudios Económicos, Madrid. 1991.
 9. Molero, J. y Buesa, M., *Innovación y cambio tecnológico*. Cap. 6 en GARCÍA, J., *Lecciones de economía española*. Tercera edición. Colección Tratados y manuales, Editorial Civitas, Madrid. 1997.
 10. Rosenberg, N., *Historiografía del progreso técnico*, Cap. 1 en ROSENBERG, N., *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, Hogar del Libro-ICT, Barcelona. 1993.
 11. Vegara, J. M. (1989b), *El cambio tecnológico: un panorama selectivo*. Cap. 1. VEGARA, J.M. (1989a), *Ensayos económicos sobre innovación tecnológica*, Alianza Editorial, Madrid. 1989.
 12. Stoneman, P., *The Economic Analysis of Technology Policy*, Clarendon Press, Oxford. 1987.
 13. Hernández, C.; Carrasco, M.; Garcés, R.; Casas, R., *Vinculation of Municipal University Center in innovation local network*. Case study of Camajuani, Cuba. Proceedings GLOBELICs 2015 Congress. Ciudad de La Habana. 23 -25 Sept. 2015.
 14. Hall, P., *Innovation, Economics and Evolution*. Theoretical Perspectives on Changing Technology in Economic Systems, Harvester-Wheatsheaf, Nueva York. 1994.
 15. Vegara, J. M. (1989c), *Schumpeter: innovación y desarrollo*. Capítulo 3 de VEGARA, J.M. (1989a). *Ensayos económicos sobre innovación tecnológica*, Alianza Editorial, Madrid. 1989.
 16. Báez, A.; C. A. Hernández; J. M. Perdomo; R. Garcés y M. A. Carrasco. (2018a), *Praxis de una Red Local GUCID y Desarrollo Local*. Rev. Ing. Industrial. 8(3): p. 253-266. 2018.
 17. Báez, A.; C. A. Hernández; J. M. Perdomo; R. Garcés y M. A. Carrasco., *Modelo de gestión del conocimiento para el desarrollo agropecuario local*. Estudios Sociales. 51(28): p. 2-26. Enero – Junio. 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.24836/es.v28i51.517>
 18. Rosenberg, N., *Karl Marx y el papel económico de la ciencia*. En ROSENBERG, N. (1979a). *Tecnología y economía*, Cap. 7. Gustavo Gili, Barcelona. 1979.
 19. Hernández, C., Carrasco, M., Garcés, R. y Casas, R., *Colaboración y alianzas del CUM a la Red Local de Conocimiento e Innovación: estudio de caso de Camajuani, Cuba*. En Núñez, J. y Alcázar, A. (coord.), *Universidad y desarrollo local: contribuciones latinoamericanas*. México: Ed. Univ. Félix Varela-UDUAL. pp. 111. 2016.
 20. Blaug, M., *Teoría económica en retrospectiva*, 3ª Ed. Fondo de Cult. Econ. México. 1985.
 21. Hernández, C.; Garcés, R.; Perdomo, J. M.; Carrasco, M. A., *Gestión universitaria del conocimiento para el desarrollo local*. Lámpsakos. 18: p. 44-57. julio-diciembre. 2017. ISSN: 2145-4086. DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2317>
 22. Edwards, R., *Conflicto y control en el lugar de trabajo*. Cap. 6 en: TOHARIA, L., *El mercado de trabajo: teorías y aplicaciones*, Alianza Editorial, Madrid. 1983.
 23. Freeman, C. et al., *Desempleo e innovación tecnológica*. Un estudio de las ondas largas y el desarrollo económico, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1985.
 24. Schumpeter, J., *Historia del análisis económico*, Ariel, Barcelona. 1994.
 25. Rosenberg, N. (1994b): *Joseph Schumpeter: radical economist*, capítulo 3 de ROSENBERG, N. (1994a). *Exploring the black box. Technology, economics, and history*, Cambridge University Press, Cambridge. 1994.
 26. Steinmueller, W., *Basic Research and Industrial Innovation*, Cap. 5. DODGSON, M. y ROTHWELL, R. (eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Edgard Elgar. 1994.
 27. Freeman, C., *La teoría económica de la innovación industrial*, Alianza Edit. Madrid. 1975.
 28. Solow, R., *Technical change and the aggregate production function*. En MANSFIELD, E. (ed.), *The Economics of technical change*, Cap. 1. Edgard Elgar. 1993.
 29. Dosi, G., L. Tyson, Zysman J., *Trade, Technologies and Development: framework for discussing Japan*. En Johnson C., Tyson, L., Zysman J. *Politics and Productivity*. NY: Ballinger Pub. 1990.
 30. Báez, A.; C. A. Hernández y M. A. Carrasco., *Gestión universitaria del conocimiento para el desarrollo local*. Lámpsakos. 3(18):44-57. Jul.- Dic. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2317>