

Documentos de Trabajo

n° 15

La tecnología y la Teoría Económica de la Innovación

Cristina Bramuglia

Marzo de 2000



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GINO GERMANI
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
ARGENTINA

Los DOCUMENTOS DE TRABAJO son elaboraciones de investigadores del Instituto. Previo a su publicación, estos documentos son evaluados por dos especialistas en el tema y luego discutidos en un Seminario, con la presencia de los autores/as y de investigadores del Instituto.

Asesora Editorial: Mabel Kolesas

ISBN 950-290595-4

Fecha: marzo de 2000

**Instituto de Investigaciones Gino Germani
Facultad de Ciencias Sociales. UBA
Uriburu 950, 6º piso
(C1114AAB) Buenos Aires. Argentina
Teléfono: (5411) 4508-3815; Fax: (5411) 4508-3822
e-mail: iigg@mail.fsoc.uba.ar
Centro de Documentación e Información
e-mail: cdi@mail.fsoc.uba.ar
<http://www.fsoc.uba.ar>**

Resumen

Este trabajo se centra en el análisis del concepto de paradigma tecnológico creado por la escuela neoschumpeteriana. En base a la conceptualización de Thomas Kuhn acerca de los paradigmas científicos como conjuntos de soluciones nocionalmente posibles para resolver dilemas en el campo del conocimiento, los neoschumpeterianos explican las innovaciones tecnológicas como un conjunto de soluciones concretas para incrementar la productividad basadas en un insumo clave. Este conjunto de soluciones constituye un paradigma tecnológico y las innovaciones industriales se explicarían por la aplicación de un insumo determinado característico de cada paradigma. Le sucede otro paradigma en el cual las soluciones tecnológicas se basan en un insumo específico.

La analogía conceptual entre el paradigma kuhniano sobre el desarrollo de la ciencia y el paradigma tecnológico no es adecuada, ya que el tipo de fenómeno que explica no es analíticamente comparable. T. Kuhn analiza el desarrollo de la ciencia en la comunidad científica y G. Dosi se refiere a un fenómeno que involucra actores diversos de la sociedad sin la debida profundidad analítica. El marxismo con su enfoque de análisis histórico ofrece una mirada más enriquecedora sobre el desarrollo económico y social de las sociedades.

Abstract

This review focus on the conceptual analysis on technological paradigm in the neoschumpeterian view. The notion of scientific advance as a succession of a constellation of notional available solutions to solve scientific dilemmas has been theorized by Thomas Kuhn. Scientific knowledge develops, in this view, as the existence of paradigms accepted by the scientific community.

In economics, neoschumpeterians visualize technological innovations as a set of technical solutions to industrial production based on the same input. These inputs are specific of each technological paradigm.

The conceptual analogy between kuhnian paradigm on scientific development and technological paradigm is inadequate since the type of event is not comparable. Thomas Kuhn analyzes the development of science in the scientific community and the technological paradigm involves a set of socioeconomic interactions and technical innovation is the resulting outcome. In this sense, Marxism offers an alternative and richer view about economic development based on historic analysis.

Cristina Bramuglia

Licenciada en Economía. Realizó estudios de posgrado en la Universidad de California, Los Angeles entre 1978 y 1980, en el Programa Latin American Studies. Como economista su especialidad es la realización de diagnósticos y proyecciones industriales. Actualmente integra el Seminario de Estudios Sociales sobre Ciencia y Tecnología, coordinado por Enrique Oteiza, en la Facultad de Ciencias Sociales.

La tecnología y la teoría económica de la innovación

- I. Introducción
- II. Conceptos sobre innovación tecnológica
- III. La Tercera Revolución Industrial y el concepto de paradigma tecnológico
- IV. Reflexiones finales
- V. Referencias bibliográficas

I. INTRODUCCION

Este trabajo presenta y analiza la visión de la teoría económica sobre innovación desarrollada en los últimos años por la llamada "escuela neoschumpeteriana", tratando, en especial, el concepto de "paradigma técnico-económico". Específicamente, el objetivo es cuestionar la validez del concepto de "paradigma tecnológico" y señalar la falta de precisión para explicar las causas que originan el pasaje de un paradigma tecnológico a otro en un período determinado de la historia.

El interés en seleccionar este tema como eje de la discusión radica en que la literatura analítica sobre los conceptos utilizados por la escuela neoschumpeteriana es escasa, pero sin embargo la terminología es profusamente utilizada en publicaciones académicas y de divulgación, o sea que la misma está implícitamente aceptada.

El tratamiento de este tema requiere una discusión previa muy breve acerca de cómo la economía ha visualizado a la innovación tecnológica. Este concepto ha estado presente en forma constante en la historia del pensamiento económico, ya que el desarrollo económico y social está asociado, entre otras cosas, a los procesos de cambio tecnológico. Conceptualmente, la innovación consiste en la implementación de un cambio en el diseño de un producto, la introducción de un nuevo bien o la aplicación de un nuevo método de producción.

Las innovaciones tecnológicas surgen de diversas formas, al azar o a partir de proyectos de investigación diseñados específicamente en organizaciones privadas y/o gubernamentales. La innovación tecnológica es un fenómeno social, ya que constituye un proceso que surge de las condiciones materiales de la vida social y económica de un país.

En este trabajo no se realizará un análisis de la evolución del concepto de tecnología en la historia del pensamiento económico, sólo se mencionarán algunos de los aportes teóricos, con la finalidad de compararlos con los conceptos de tecnología elaborados por la escuela neo-schumpeteriana. El estudio del concepto de tecnología en la teoría económica constituye un proyecto de investigación muy vasto, cuya amplitud y profundidad supera los límites de esta investigación. Sin embargo, hay que señalar que existen diferentes corrientes en la literatura económica que plantean debates

sustantivos acerca de las características intrínsecas de las innovaciones tecnológicas y de las causas que las originan. Una de las cuestiones que se discute es si la innovación tecnológica puede ser inducida por una política industrial y tecnológica explícita o si los mercados emiten las señales correspondientes para alentar la expectativa de concreción e implementación de innovaciones que, inducidas por un aumento de la rentabilidad de las empresas aumenten el nivel de productividad, provocando mayores tasas de crecimiento económico.

En el próximo capítulo se desarrollarán algunos conceptos elaborados y utilizados por la literatura económica. Es necesario puntualizar que aún cuando la elaboración de los mismos está asociada a ciertos enfoques y/o escuelas, cada autor aporta elementos analíticos propios. La asociación de los conceptos con escuelas sirve solamente para comprender a grandes rasgos el desarrollo del pensamiento y para facilitar la exposición de las ideas.

En el capítulo III se expone brevemente las características de la así llamada Tercera Revolución Industrial asociada a la aparición de una nueva forma de organización económica y la conceptualización elaborada por los neoschumpeterianos.

La así llamada "escuela neoschumpeteriana" nace en los años 80 y recibe este nombre porque asocia etapas del desarrollo económico con grandes innovaciones tecnológicas que modifican sustancialmente las formas de producción y comercialización de bienes y servicios. Sin embargo, aún cuando atribuyen un rol central al sistema tecnológico no explican por qué y cómo se modifican los sistemas económicos. El concepto de "paradigma económico" definido por estos autores (G. Dosi, 1982; C. Freeman, 1982.) carece de una explicación del mecanismo interno para explicar el pasaje de un paradigma a otro. Un paradigma socioeconómico consiste en el conjunto de soluciones tecnológicas "nocialmente posibles" y refleja la idea de que existe una oferta potencial de tecnologías asociadas y que son las fuerzas sociales y económicas las que actúan como "selectoras" de las soluciones más convenientes.

Una de las limitaciones de este concepto, ya señaladas por varios autores (D. Azpiazu, E. Basualdo y H. Nochteff, 1988; H. Nochteff, 1991) consiste en que el paradigma económico así definido carece de un análisis concreto de los agentes económicos, empresas, organizaciones científicas e

industriales, que toman las decisiones acerca de qué y cómo producir en una sociedad y en un período histórico determinado. Se diferencia de la idea de paradigma científico, ya que T. Khun (1982) se refiere a la forma en que se desarrollan las ideas en cada disciplina, y se resuelve en la comunidad científica. También se diferencia de K. Marx, quien, haciendo precisas referencias históricas describe un mecanismo mediante el cual se desarrolla la historia universal mediante profundas mutaciones sociales. Se trata de una visión particular del desarrollo histórico mundial sustentada por un análisis histórico. Los neoschumpeterianos describen el desarrollo histórico como una sucesión de paradigmas tecnológicos.

II. CONCEPTOS SOBRE INNOVACION TECNOLOGICA

El análisis económico ha ido redefiniendo continuamente los conceptos utilizados. Es así que nociones tales como "cambio tecnológico", "precio competitivo", "equilibrio" deben ser comprendidos en el contexto analítico en el cual se desarrollan. Existe en toda disciplina científica una 'visión' o 'conocimiento preanalítico' del sujeto que analiza un fenómeno. Esta visión o recorte del "problema" es particularmente crucial en el desarrollo de las ciencias sociales ya que los conceptos utilizados no son sometibles a las pruebas de falsedad y/o veracidad empírica. El "laboratorio" de las ciencias sociales es la historia social y económica mundial, y el conocimiento y percepción que tenemos del mismo es, y sólo puede ser, limitado y sesgado por la visión de los investigadores.

En este capítulo se revisarán algunos conceptos elaborados por la teoría económica relacionados con la noción de cambio y/o innovación tecnológica a fin de mostrar la variedad de interpretaciones que la disciplina asigna al concepto de "innovación tecnológica".

1. Innovaciones incrementales, marginales o menores: son las mejoras continuas y sucesivas en la tecnología de procesos y productos que ocurren continua y espontáneamente en las actividades industriales y de servicios. Estas innovaciones no son necesariamente el producto de actividades deliberadas de investigación y desarrollo dentro de la firma sino el resultado de la actividad de los ingenieros de planta y los trabajadores, o propuestas de los consumidores y personas relacionadas con el proceso de innovación. Las presiones que determinan la innovación provienen del mercado y de un conjunto de factores socioculturales a los cuales cada actor le asigna un peso diferente. Estas innovaciones representan aumentos considerables de productividad, aún cuando no sean definidos como "innovación".

La teoría neoclásica es la que ha analizado este tipo de innovación, representando los cambios tecnológicos como modificaciones en las funciones de producción de una firma o empresa. La función de producción está expresada formalmente como una combinación lineal de capital y trabajo que arroja igual nivel de producto. Cuando estos cambios no significan aumentos en el nivel de producción, se representan en la misma curva, y cuando hay

aumentos de productividad se producen cambios en la función de producción. Esta conceptualización ha sido ampliamente utilizada por la literatura económica, aún cuando por el tipo supuestos que utiliza requiere de una lectura muy cuidadosa de los resultados que se obtienen. Varios autores la han criticado (N. Rosemberg, 1979; Nelson y Winter, 1982) con diferentes visiones analíticas, y han elaborado explicaciones basadas en la observación de cómo se producen estas innovaciones en las organizaciones empresariales.

La escuela neoclásica estudia la selección de tecnologías alternativas en un contexto de economía capitalista competitiva en el cual se supone la existencia de muchas empresas pequeñas que toman decisiones sobre la cantidad y calidad de bienes y servicios a producir. Los neoclásicos representan las decisiones de las firmas con modelos. Los modelos utilizados por esta teoría están basados en supuestos simplificadores que mantienen explícitamente oculto el problema de cómo los empresarios toman las decisiones de realizar las innovaciones. Se utiliza frecuentemente el supuesto de que tanto los factores de producción, la producción y la función empresarial pueden ser agregadas o replicadas es decir, que el conjunto expresa la suma de partes iguales. Sin embargo, aún con los mismos equipos e insumos, dos o más empresas de igual tamaño no tienen la misma productividad. Y son precisamente estas diferencias de productividad las que, en diversos contextos, otros enfoques económicos buscan analizar, estudiando la forma en que las firmas toman decisiones.

En efecto, esos son los fenómenos que la teoría de la innovación analiza y, tal como afirma J. Schumpeter, "la introducción de nuevos métodos de producción y de nuevas mercancías difícilmente podría concebirse en una situación de competencia perfecta desde el comienzo, y eso quiere decir que la mayor parte de lo que llamamos 'progreso económico' es incompatible con ella...". Las innovaciones "incrementales", es decir, aquellos pequeños cambios en los métodos de producción aplicados que surgen del "learning by doing" que se produce en el interior de una empresa destaca Nathan Rosemberg (Tecnología y Economía, 1979) adquieren importancia en el proceso de aprendizaje dentro de la actividad productiva. Es más, afirma: "en resumen, si deseamos probar las relaciones entre ciencia, tecnología y actividad inventiva con más profundidad, debemos conocer mucho más acerca de lo que no fue posible, así como de lo que fue posible. Necesitamos

entender qué descubrimientos científicos y tecnológicos fueron necesarios para lograr avances claves en la invención, pues el conocimiento no sólo permite sino que restringe. Podemos aprender mucho a través del estudio de los intentos fallidos de inventar algo para lo cual el mercado se encontraba ya preparado..." (N. Rosemberg, 1979, op. cit.).

En otra parte de su libro, N. Rosemberg dice "como sucede con frecuencia, la utilidad de un sistema analítico particular depende de la serie de problemas que se quieren analizar. La noción de función de producción ha sido muy provechosa para tratar cierto tipo de problemas -por ejemplo el estudio de interés sobre la renta-, desempleo tecnológico y ciertos aspectos de los factores que influyen en el crecimiento económico. Pero cuando dirigimos nuestra atención a otro tipo de problemas el concepto es evidentemente menos útil. Y entre estos problemas está el del cambio tecnológico".

Las líneas isocuánticas individuales se presentan por lo general para la conveniencia analítica como curvas leves y continuas que representan un amplio campo de alternativas de las intensidades variables de los factores. Constituyen un espectro de lo que Schumpeter llamaba 'opciones elegibles' (1939) "El empresario es representado como si se enfrentara con estas alternativas de gráfica, y tomando la decisión de menor coste juntando estos datos tecnológicos con la información económica derivada del mercado." (J. Schumpeter, Business Cycles. A Theoretical Historical and Statistical Analysis. Mac Graw Hill, 1939).

Analíticamente el enfoque conocido como "evolucionista", en el cual se suele incluir a autores como Nathan Rosemberg (1979) y R. Nelson y S. Winter (1982) poseen una visión alternativa, ya que analizan el comportamiento concreto de las organizaciones empresariales. Admiten y describen hechos que la teoría económica "ortodoxa" escogió no contemplar. Por un lado destacan cómo las empresas tienen "rutinas", o sea, actividades coordinadas, mejoran las rutinas y no realizan procesos de "optimización racional" ya que no conocen todas las opciones tecnológicas posibles. Por otra parte, estos autores visualizan la innovación tecnológica como un proceso de aprendizaje.

Sostienen que cuando muchas empresas acceden al mismo paquete tecnológico los "blueprints", o sea la información, "es sólo una parte de la

memoria organizacional requerida para que la producción se efectivice" (Nelson y Winter, 1982). De esta forma se invalida el supuesto de homogeneidad de las tecnologías adquiridas por las empresas. "Una réplica es un proceso costoso y largo de un esquema existente de actividad productiva" (Nelson y Winter, 1982). Estos autores afirman que las rutinas, o sea, el "conocimiento operativo" de las organizaciones constituyen la destreza de la misma y comprende la integración efectiva de un número de subrutinas que se construyen espontáneamente, no por orden del "top management". Nelson y Winter sostienen que los modelos sobre cambio tecnológico deben describir las "rutinas óptimas" y no las conductas optimizadoras, ya que no es posible que una organización maximice en forma permanente, porque se requeriría información perfecta y capacidad de procesarla. En otras palabras, autores como M. Polanyi comparten esta perspectiva. En *The Republic of Silence* (1969) sostiene que "...El estudio científico del arte de la industrialización ha llevado a los mismos resultados. Efectivamente, aún en las industrias más modernas el conocimiento indefinible es una parte esencial de la tecnología". Es decir que existe un conocimiento diferente entre diversos empresarios que utilizan tecnologías similares, lo que explica la diferencia de productividad entre empresas que utilizan la misma tecnología. Estas observaciones cuestionan los fundamentos de la teoría neoclásica.

La importancia de los cambios tecnológicos incrementales es muy grande, no sólo desde el punto de vista del aumento de productividad sino como fuente de evidencias empíricas para la ciencia, ya que hay descubrimientos tecnológicos que se realizan continuamente en las empresas productivas.

2. Innovaciones radicales o mayores: comprenden la introducción de nuevos productos y procesos, y constituyen eventos discontinuos a veces impredecibles que representan una modificación de la trayectoria normal de una tecnología. Los cambios en las trayectorias representan grandes aumentos de productividad. Con frecuencia son el resultado de actividades de investigación y desarrollo de las empresas y/o de los laboratorios de investigación, en algunos países, relacionados con la Universidad. Su impacto económico inmediato es localizado, a menos que se produzca un conjunto de innovaciones radicales del mismo tipo que generen nuevas industrias o

servicios, en cuyo caso modifican sustancialmente la forma de producción de bienes y servicios de la economía y las formas de comercialización de los productos.

Este tipo de innovación tecnológica es la que, según J. Schumpeter, constituye la esencia del capitalismo, ya que ésta representa discontinuidad, alteración, novedad, reducción constante de todos los parámetros a variables. Schumpeter sostiene que los supuestos básicos de la teoría neoclásica son ajenos al "capitalismo realmente existente", y que terminan por oscurecer su verdadero funcionamiento.

Las innovaciones tecnológicas mayores, en general, no surgen en forma espontánea, y muchas veces su envergadura supera la capacidad innovativa de los departamentos de I-D de las corporaciones industriales. Las grandes innovaciones tecnológicas son promovidas por gastos explícitos en ciencia y tecnología realizados por los Estados Nacionales.

Históricamente, la crisis económica mundial de 1930 inicia un período en el cual el rol de los Estados Nacionales es activo. Desde el Estado se generan instrumentos de política, no sólo para el aumento de la demanda global de una economía tendiente a incrementar el nivel de empleo, sino que se implementan políticas científicas y tecnológicas no rentables, aceptando la idea de que el sector privado no implementa políticas científico-tecnológicas que no generen aumentos de productividad en forma inmediata.

Conceptualmente, K. Marx en sus Manuscritos (Cuaderno de Pasado y Presente, K. Marx, 1863) explicitó la relación de la ciencia con el progreso técnico de la humanidad, afirmando que antes de la creación de la máquina "el brazo y la mente no estaban separados". Más precisamente "El capital no crea la ciencia sino que la explota apropiándose de ella en el proceso productivo. Con esto se produce simultáneamente la separación de la ciencia en cuanto ciencia aplicable a la producción, del trabajo inmediato, mientras que en las precedentes fases de la producción la experiencia y el intercambio limitado de los conocimientos estaban inmediatamente vinculados al trabajo mismo; no se desarrollaban como fuerzas separadas e independientemente de ella, y por lo tanto en su conjunto no habrían ido nunca más allá de los límites de la tradicional colección de recetas existentes desde hacía mucho tiempo y que sólo desarrollaban muy lentamente y en forma gradual".

Esta noción del desarrollo explícito de la ciencia como instrumento para incrementar la productividad en ciertos sectores productivos, esbozadas por K.Marx se cuantifica y se concreta en el siglo XX. En casi todos los países, el desarrollo científico y tecnológico se promueve con objetivos relacionados a la política de defensa y armamentista y/o para el logro de políticas públicas en salud, educación y desarrollo de la infraestructura.

La concepción de que la intervención estatal es necesaria para evitar las recurrentes crisis del capitalismo es introducida analíticamente en la teoría económica por John M. Keynes. La noción de que los sistemas económicos se autoequilibran, difundida en la teoría económica ortodoxa es criticada por este autor. Esta visión modificó la trayectoria de las ideas científicas en la economía, por un lado, y por otro, transformó la concepción social acerca del rol de las políticas públicas, que se convierten en una herramienta utilizada por los Estados nacionales para el cumplimiento de sus objetivos políticos. En especial se evidenció en períodos tales como la guerra fría. Las necesidades armamentistas de los Estados fueron y son orientadores de los gastos para la investigación.

3. Nuevos sistemas tecnológicos o innovaciones sistémicas: son cambios de gran impacto en la tecnología que originan nuevas industrias. Estos sistemas se basan en una combinación exitosa de innovaciones incrementales, radicales y de organización que ocurren simultáneamente en muchas empresas formando "conjuntos" o "constelaciones" de innovaciones técnicas y económicamente interrelacionadas.

Los nuevos sistemas tecnológicos se originan en avances de la ciencia básica y de las denominadas "tecnologías transectoriales": informática, nuevos materiales y biotecnología, como asimismo las condiciones macroeconómicas existentes que determinan la viabilidad de los mismos. Este "sistema tecnológico" es el núcleo de la "Tercera Revolución Industrial" y está formado por un conjunto de innovaciones que posibilitan la automatización de la producción, el diseño, el control de stocks y las ventas, modificando los bienes de capital con la introducción del Diseño Asistido por computadora, los Integrated Business Systems, sistemas flexibles de producción y otros dispositivos técnicos ahorradores de mano de obra.

4. Revoluciones tecnológicas o nuevos paradigmas técnico-económicos: constituyen cambios en los sistemas tecnológicos tan profundos que modifican el funcionamiento de toda la economía. Estos cambios reflejan la "destrucción creativa" a la J. Schumpeter, o sea un complejo proceso de surgimiento de nuevas tecnologías que se expanden drásticamente modificando la forma de producir y de organizar la producción, y difundiendo profundos cambios en la sociedad.

El concepto de paradigma tecnológico difundido por G. Dosi parte de una concepción de tecnología como conjunto de "porciones" de conocimientos prácticos y teóricos tales como procedimientos, experiencias de éxitos y fracasos además de equipos y componentes.

En esta óptica, similar a la planteada originalmente por Nelson y Winter, tecnología incluye "expertise" o un análisis de soluciones técnicas pasadas y logros del "estado del arte". De ahí G. Dosi elabora su concepto de paradigma tecnológico como el conjunto de soluciones técnicas nominalmente posibles. "Esto implica la búsqueda de un orden en el progreso tecnológico que permitiría estudiarlo como una serie discontinua de avances encuadrados por ciertos marcos que definen tanto las normas de solución como los problemas por resolver..." (Mauricio Rojas, 1991).

En un sentido, es esta naturaleza paradigmática del avance tecnológico la que explica su discontinuidad, ya que el paso de un paradigma a otro implica una ruptura en el desarrollo, una reorganización cualitativa no sólo en el uso de recursos dedicados a la investigación sino también a la manera en que son usados. Este concepto implica la introducción de una visión dinámica del ciclo del producto, ya que excluye la existencia de productos definitivamente "maduros". La introducción de un nuevo paradigma tecnológico lleva consigo el "rejuvenecimiento" de la gran mayoría de los productos, que pasan a ser elaborados con nuevos métodos, con nuevas formas de organización y usando recursos diversos o nuevas combinaciones de los mismos. Esto traería como consecuencia un cambio radical en las ventajas comparativas de las diversas economías nacionales y la necesaria redefinición de la división internacional del trabajo.

El concepto de paradigma tecnológico surge por analogía al planteado por T. Kuhn para el desarrollo de la ciencia. Para T. Kuhn el paradigma científico es el conjunto de creencias e ideas mediante las cuales se resuelven

los problemas concretos de cada disciplina. Cuando este conjunto de ideas no sirve para explicar los nuevos interrogantes se produce una crisis y surge una nueva constelación de creencias. Por analogía la escuela neoschumpeteriana afirma que el paradigma o patrón ("pattern") tecnológico económico constituye la difusión de un determinado sistema de producción caracterizado por un "núcleo", "factor llave" o "insumo clave". La difusión de este insumo modifica radicalmente la organización económica y social, aumentando la productividad global del sistema. Este proceso se agota, y de la crisis surge otro paradigma, basado en otro insumo clave. Un grupo de autores argentinos (D. Azpiazu, E. Basualdo y H. Nochteff; 1988, 1991) critica a la literatura neoschumpeteriana porque tiene una visión mecánica de la dinámica que produce el cambio de paradigma. Los neoschumpeterianos coinciden en afirmar que en los 70 se produce un cambio de paradigma tecnológico basado en la microelectrónica modificando los sistemas de producción y organización empresaria bajo formas diversas: control numérico, robótica, sistemas de control automatizados, diseño y producción asistidos por computadoras y digitalización de las comunicaciones y servicios financieros y urbanos. H. Nochteff dice que el surgimiento de este paradigma es una "...respuesta de las grandes organizaciones de los países industrializados a la crisis iniciada hacia fines de los sesenta, cuando el paradigma tecnológico anterior no ofrecía ya soluciones a los problemas que enfrentaba la acumulación de capital. Estos problemas aparecen ante la suba relativa del precio de la fuerza de trabajo, la energía y las materias primas. Pero es una decisión de las organizaciones industriales de los países desarrollados. Los actores sociales son específicos e identificables. En síntesis, estos autores afirman que no es conceptualmente correcto describir los procesos de cambio tecnológico profundo sin identificar a los "hacedores" del cambio y determinar las causas que lo originan. En el marxismo la relación entre el cambio tecnológico y su efecto en la sociedad se expresa mediante la noción de fuerzas productivas y relaciones sociales de producción. Para el marxismo la ciencia y la tecnología son específicas del contexto social en el que se originan. Para el marxismo existe una apropiación en el proceso de trabajo mediante la cual los capitalistas se apropian de un excedente entre el valor de la producción y el monto del salario que se denomina "plusvalía". Las fuerzas productivas son formas o métodos productivos, las formas en las que el hombre trabaja. En

esta visión el trabajo es el "espacio" en el cual se resuelve la conjunción del hombre y la sociedad. Es así que en el capitalismo la necesidad de producir a precios competitivos incentiva a los empresarios a incorporar nuevas máquinas y la ciencia es utilizada para lograr mejores rendimientos de capital. La ciencia y la tecnología son endógenas al sistema ya que vehiculizan la relación entre el capital y el trabajo, ya Karl Marx, en los Manuscritos 1861-1863 expresa muy gráficamente cómo las innovaciones responden a la necesidad de desarrollo de las fuerzas productivas.

"... La pólvora, la brújula, la imprenta, con los tres grandes descubrimientos introducidos por la sociedad burguesa. La pólvora disuelve la caballería, la brújula abre el mercado mundial y crea las colonias y la imprenta deviene el instrumento del protestantismo y, en general, del despertar de la ciencia: la más importante palanca para construir los presupuestos de un indispensable desarrollo espiritual".

"... El reloj ha sido creado por la producción artesanal y por la ciencia que celebraba el alba de la sociedad burguesa. El reloj se basa en la idea del autómatas y sobre el movimiento automático aplicado a la industria. Junto a la historia del reloj ocurre la teoría del movimiento uniforme. Qué sucedería si no existiera el reloj en un período en el que tiene importancia decisiva el costo de las mercancías y por lo tanto también el tiempo de trabajo necesario para su producción?" (Manuscritos 1861-1863, compilación Mauro Di Lisa, 1982)

En una línea analítica similar, la escuela clásica, aún cuando se desarrolla inmediatamente antes del afianzamiento y difusión del sistema capitalista, ya analiza la introducción de la maquinaria asociada a la división del trabajo y la transformación de la artesanía en producción capitalista. En términos de K. Marx "... sólo en una época relativamente moderna se ha descubierto el vínculo que une la mecánica, la física y la química con la artesanía (sería mejor decir la industria). Entre los artesanos las reglas y las experiencias se transmitían de maestro a aprendiz y asistente, de lo cual deriva una tradición conservadora. En tiempos antiguos a las ciencias se anteponían los prejuicios. En 1772 Bekman fue el primero en usar el término tecnología. Aún antes de la mitad del siglo XVIII el italiano Ramazzini escribió un tratado sobre las enfermedades de los artesanos y los obreros. Reamur y

Shaw pusieron los fundamentos de una verdadera tecnología" (Manuscritos 1861-1863, op. cit.)

Finalmente, para K. Marx, las grandes innovaciones tecnológicas constituyen un aspecto del desarrollo de las fuerzas productivas de una sociedad. Los empresarios a la Schumpeter realizan innovaciones en la búsqueda de aumentar la tasa de ganancia. En un momento determinado, el desarrollo de las fuerzas productivas provoca un cambio en las relaciones sociales de producción prevalecientes y se produce una revolución social y un cambio de sistema económico. Según K. Marx "al llegar a una determinada fase de desarrollo las fuerzas materiales de la sociedad entran en contradicción con las relaciones de producción existentes... De formas de desarrollo de las fuerzas productivas estas relaciones se convierten en trabas suyas. Y se abre así una época de revolución social. Al cambiar la base económica se revoluciona más o menos rápidamente toda la inmensa estructura erigida sobre ella" (K. Marx, El Capital, 1872).

Esta visión difiere sutilmente de la de la escuela neoschumpeteriana, ya que ellos atribuyen al cambio tecnológico un rol central en los cambios económicos y sociales pero no explican su dinámica interna: "...cuando hablamos de un cambio de paradigma hablamos de cambios tecnológicos tales que no sólo implican la introducción de un solo producto sino que implican también la transformación de las relaciones económicas de organización y políticas en el conjunto de la vida social" C. Freeman (M. Rojas, op. cit.).

Aún así, los cambio de paradigma tecnoeconómico se producen en el sistema económico capitalista, un cambio de paradigma no es un cambio de modo de producción a la Marx. En el capítulo Tercero se desarrolla la visión neoschumpeteriana acerca de la Tercera Revolución Industrial, en la cual se refleja lo que acabamos de afirmar.

III. LA TERCERA REVOLUCION INDUSTRIAL Y EL CONCEPTO DE PARADIGMA TECNOLÓGICO

La literatura económica reciente, en especial el grupo de autores que constituye la escuela neoschumpeteriana, afirma que a partir de la década de los 70 se produce un profundo cambio en el modo de producción, denominado la Tercera Revolución Industrial o nuevo "paradigma tecnológico y productivo", cuyo factor clave es la microelectrónica.

Esta visión analizada precedentemente y presente en autores tales como Christopher Freeman, Giovanni Dosi, John Clark, Carlota Pérez, Lue Steve, Michael Piore y Charles Sabel, está también difundida en los organismos internacionales. Como ilustración es válida la expresión de la OECD que afirma que "...durante el próximo cuarto de siglo, el complejo electrónico será el polo principal en torno al cual se organizarán las estructuras productivas de las sociedades industrializadas" (Interfutures. Facing the Future: Mastering the Probable and Managing the Unpredictable, Paris, OECD, 1979). Esta literatura proveniente, en su mayor parte, de los países industrializados, puntualiza los efectos positivos de la difusión de este "paradigma" y describe la extensión de los sistemas flexibles de producción, coordinables entre sí mediante la automatización de las etapas de elaboración y la utilización de nuevas formas de gestión en las organizaciones industriales, en el Estado y en la sociedad en su conjunto como un proceso que aumenta el nivel global de eficiencia de la economía.

En general esta literatura no analiza conceptualmente la noción de paradigma no es crítica respecto a sus efectos sobre la apropiación del producto del trabajo.

En cuanto a la definición del *núcleo*, *factor llave* o *insumo clave* del paradigma, Daniel Azpiazu, E. Basualdo y H. Nochteff coinciden con la literatura reciente en afirmar que "...puede identificarse buscando el complejo tecnológico-productivo que cumpla con las siguientes condiciones:

- i) costo relativamente bajo y con tendencia decreciente;
- ii) oferta aparentemente ilimitada en términos prácticos;
- iii) universalidad de uso masiva y evidente;
- iv) ser el factor base de un conjunto de innovaciones tecnológicas (en sentido amplio, que incluye las organizativas) capaz de reducir los costos

de insumos (también en sentido amplio, incluye desde la fuerza de trabajo hasta la energía).”

La modificación de los métodos de producción y organización con el reemplazo de insumos y equipos por otros basados en la microelectrónica se originó en el aumento relativo de los costos salariales y de energía, en especial de petróleo que producía una caída en la tasa de acumulación de las grandes organizaciones, incluido el Estado. La difusión de este *factor llave* marca el cambio de paradigma tecnológico vigente desde la post-guerra, denominado fordismo, caracterizado por series largas de producción, en materias primas como mineral de hierro, petróleo y mano de obra no especializada relativamente barata. Este período se caracterizó por el auge de las economías desarrolladas de la siderurgia, química, producción de fibras textiles y bienes de consumo durable y de capital.

Aún cuando la literatura proveniente de la escuela neoschumpeteriana no lo analiza en esos términos, este cambio de paradigma tecnológico ocurre en los países desarrollados y, tal como lo destacan este grupo de autores (Daniel Azpiazu, E. Basualdo y H. Nochteff) esta cambio surge como necesidad de las organizaciones industriales de sostener el capitalismo de organización que es la formación social dominante: "...el hecho de que Paul Samuelson (1980) afirmara, después de la crisis del petróleo, que el problema no era que el petróleo fuese caro en su momento sino que había sido demasiado barato antes, lo cual había sesgado la producción y la plataforma energética hacia el uso de un recurso limitado, prueba otros dos puntos importantes: que se había creído que era ilimitado, y que se había orientado el patrón tecnológico como si lo fuese, y que la señal del mercado (el precio real del petróleo hasta principios de la década de 1970) era ineficaz, lo cual supone que el sistema institucional (el capitalismo de organización) había sido eficaz, tal como existía, para un período limitado, pero no lo era para siempre. Esta cuestión debe ser tenida en cuenta para analizar el nuevo paradigma tecnológico-económico que comenzó a formarse durante la crisis, o sea la Tercera Revolución Industrial centrada en el Complejo Electrónico" (D. Azpiazu, E. Basualdo y H. Nochteff, 1988). Sobre el circuito integrado estos autores afirman que "...es un elemento al que puede llamarse el corazón de las nuevas tecnologías. Por una parte el circuito integrado en sí mismo puede

considerarse puro valor agregado en lo que respecta a su base material natural última, la arena. Quizás de ningún producto conocido en toda la historia de la humanidad se pueda afirmar tan seguramente que su materia prima natural es de tan bajo costo y oferta prácticamente ilimitada. Por otra parte, un circuito integrado puede reemplazar a un número enorme de piezas y dispositivos plásticos y mecánicos, reduciendo espectacularmente los requerimientos de materias primas". A través de la informática y del desarrollo de las telecomunicaciones digitales, que convergen en la llamada telemática, el Complejo Electrónico ofrece soluciones de oferta decreciente, para la captación, el procesamiento y la transmisión de información".

En definitiva, la llamada Tercera Revolución Industrial constituye una etapa en la formación capitalista, liderada por las grandes organizaciones de los países desarrollados. La brecha tecnológica respecto a los países subdesarrollados se amplía drásticamente, pero hay que considerar que la investigación tecnológica responde a los objetivos de estas organizaciones y las condiciones de esas economías.

El concepto de paradigma tecnológico utilizado por los neoschumpeterianos no es analíticamente preciso ya que deja fuera del análisis a los actores que producen las innovaciones y sus motivaciones. Por otra parte, no especifica que existe una diferencia cualitativa entre grandes innovaciones tecnológicas y cambios en el sistema social y político. Hay consenso en afirmar que aún cuando existan fuerzas que impulsan la difusión de este paradigma en economías subindustrializadas existe la posibilidad, y muy probablemente la ventaja de que cada país diseñe una política "activa" que regule la incorporación tecnológica proveniente del nuevo paradigma y una política científico-tecnológica que la sustente.

IV. REFLEXIONES FINALES

En síntesis, el trabajo se centra en el análisis del concepto de “paradigma tecnológico” definido por la escuela neoschumpeteriana, en particular por G. Dosi, quien inspirado en la obra de Thomas Kuhn afirma que la historia de la economía mundial puede asociarse a la sucesión de diferentes “conjuntos de soluciones nocionalmente posibles” que se difunden en el sistema económico produciendo profundos cambios sociales y económicos en la organización social.

Este tema se seleccionó ya que, a pesar de que la visión neoschumpeteriana sobre innovación tecnológica es profusamente utilizada en la literatura económica y de divulgación, hay escasa literatura analítica que estudie críticamente este concepto.

La visión de que el desarrollo económico puede interpretarse como una sucesión de paradigmas tecnológicos no está basada en una teoría que describa el mecanismo que provoca el cambio de un paradigma a otro.

La analogía conceptual entre el paradigma kuhniano sobre el desarrollo de la ciencia y el paradigma tecnológico no es adecuada, ya que es el tipo de fenómeno que explica no es analíticamente comparable. T. Kuhn analiza el desarrollo de la ciencia en la comunidad científica, y G. Dosi se refiere a un fenómeno como la innovación tecnológica que involucra una visión sobre el desarrollo económico de la sociedad, sin la debida profundidad analítica.

El marxismo ofrece otra mirada sobre el desarrollo de la historia económico-social de las sociedades. En el marxismo, el desarrollo de la ciencia y la tecnología forma parte de las fuerzas productivas, aún cuando están presentes en las relaciones sociales de producción, bajo la forma, por ejemplo de política científica y tecnológica de los gobiernos estatales.

El desarrollo de los sistemas económicos en el siglo XX muestran una creciente complejidad y un dinamismo que exceden la capacidad de los analistas y dejan planteados grandes interrogantes :cuál es la situación del hombre en el proceso de trabajo en la actualidad Más aún, cómo afectó la propia esencia del hombre cuando se vislumbra la posibilidad de que los hombres sean creaciones de la ciencia y la tecnología

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

* Azpiazu, Daniel; Basualdo, Eduardo y Nochteff, Hugo

"La revolución tecnológica y las políticas hegemónicas. El complejo electrónico en la Argentina". Legasa, 1988.

* Azpiazu, Daniel; Nochteff, Hugo

"EL Desarrollo Ausente. Restricciones del desarrollo, neoconservadurismo y elite económica en la Argentina. Ensayos de economía política". FLACSO, 1994

* Di Lisa, Mauro (comp.)

"Progreso técnico y desarrollo capitalista". Karl Marx. Cuadernos de Pasado y Presente, 1982.

* Dosi, Giovanni

"Technological paradigm and technological trajectories. A suggestive interpretation of the determinants and directions of technological change". Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton, U.K., 1982.

* Elster, John

"El cambio tecnológico. Investigaciones sobre la nacionalidad y la transformación social", Gedisa Ed., Barcelona, 1990.

* Esser, K. (et al)

"Competitividad sistémica. Competitividad internacional de las empresas y políticas requeridas". Instituto Alemán de Desarrollo, Berlín, 1994.

*Kuhn, Thomas " La estructura de las revoluciones científicas " Buenos Aires, FCE, 1982

* Marx, Karl

"Progreso técnico y desarrollo capitalista (Manuscritos 1861-1863)". Cuadernos de Pasado y Presente ,Siglo XXI, 1982.

* Nelson, Richard; Winter, Sidney

"An Evolutionary Theory of Economic Change". The Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England, 1982.

* Nochteff, Hugo

"Paradigma tecnológico, actores sociales y control de la interdependencia". Revista **Espacios**, Facultad de Filosofía y Letras, nov./dic, 1991.

* Pereyra, P; Rodríguez, R.

"Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto de la Tercera Revolución Industrial, impactos internacionales del actual viraje tecnológico". C. Ominami RIASL, GEL, 1986.

* Rojas, Mauricio

"Notas para el estudio del cambio social a comienzos del quinto ciclo de Kondratiev". En **El Trimestre Económico**, N°229 , enero /marzo, 1991. México.

* Rosemberg , Nathan

"Tecnología y economía". Colección Tecnología y Sociedad, 1979.

* Sabel, C.F.

"Flexible, Specialization and the Re-emergence of Regional Economics". Editado por Paul Hirst y Jonathan Zettlin en **Reversing Industrial Decline**, Industrial Structure and Policy in Britain and the Competition Berg Publishers, 1988.

* Schumpeter, J.

"Business Cycles. A Theoretical Historical and Statistical Analysis". Mac Graw Hill, 1939.