

La dimensión evolutiva de la innovación: un rumbo necesario de la política científica, tecnológica y de innovación

Javier Jasso Villazul

Resumen

En este artículo se retoman las dimensiones “institucional” (Sistema Nacional de Innovación, SNI) y la “cíclica” (paradigmas tecnológicos y tecnoeconómicos) y se propone una nueva dimensión: “la evolutiva”. Con ella se aborda el estudio del desarrollo tecnológico, científico y de la innovación a nivel mundial, además, se profundiza en el análisis del diseño e implementación de la política científica, tecnológica y de innovación.

Con ese orden de ideas se concluye que la definición de un proyecto de nación es vital para especificar el rumbo y potencializar y enfocar los recursos y capacidades (siempre escasos) del SNI. Para ello se requiere articular a las instituciones en torno a un rumbo de país (y por lo tanto de proyecto nacional con un consenso social) para así inducir, fomentar y generar las condiciones para liderar paradigmas tecnoeconómicos y mejorar la posición competitiva internacional.

Por lo tanto, el entendimiento de dicho fenómeno desde una perspectiva institucional (SNI) y cíclica (Trayectoria y Paradigmas), puede contribuir a definir más claras y efectivas políticas públicas que aprovechen las capacidades y potencialidades del propio país. En este sentido, el papel de la política pública es determinante para definir el tipo y lugar que un país tiene en el concierto internacional si conforma sistemas nacionales de innovación exitosos.

Facultad de Contaduría y
Administración,
UNAM.
jassov@correo.posgrado.unam.mx

Introducción

El estudio de desarrollo tecnológico, científico y de la innovación a nivel mundial desde una perspectiva evolutiva ha sido poco tratada a pesar de su pertinencia actual. La discusión actual se centra en la cooperación y las redes institucionales y organizacionales como una nueva forma de producir conocimientos e innovaciones¹. En esta perspectiva los conceptos relacionados con los paradigmas tecnológicos y los sistemas nacionales de innovación (SNI)² son el marco analítico aquí propuesto para guiar la política científica, tecnológica y de innovación (PCTI)³.

Dicho marco analítico abarca la discusión de dos tipos de dimensiones⁴:

- La “institucional”⁵ en la que se analizan desde una perspectiva coyuntural las relaciones entre los actores gubernamentales y las organizaciones es decir el de las redes o SNI.
- La “cíclica” que analiza desde una perspectiva dinámica (a corto, mediano y largo plazo), el proceso innovador, a partir de la evolución y coevolución de la tecnología, y las instituciones y las empresas que participan y conviven en el SNI.

Muchos trabajos recientes de académicos e instituciones multilaterales han retomado preponderantemente sólo el primer enfoque, por lo que no existe un marco analítico que incluya explícitamente ambas dimensiones. Se considera que es necesario reflexionar en aspectos evolutivos para definir qué rumbo o qué PCTI debieran seguir un país. Esto es definir qué rasgos o características debiera tener el SNI de un país, para impulsar su desarrollo científico, tecnológico e

¹ Al respecto véase Gibbons *et al* (1994), en donde señala que a partir de la segunda guerra mundial la conformación de grupos inter y transdisciplinarios marcan una nueva forma, más dinámica y flexible de producir conocimientos e innovaciones.

² Los SNI forman parte de los estudios socio-institucionales, que han estado muy en boga a partir del trabajo de Freeman (1987), y sobre todo en los años noventa.

³ En este artículo se considera que el desarrollo científico es una de las fuentes del desarrollo tecnológico e innovador. Por ello, cuando se hace referencia a la tecnología y/o innovación se está haciendo referencia implícitamente al desarrollo científico.

⁴ Para mayor detalle véase Andersen, (1997).

⁵ Una institución abarca el conjunto de normas y reglas en una organización pública y/o privada. Por ello la empresa es una institución.

innovativo respecto al de los SNI de otros países. Se trata de repensar la PCTI considerando la dimensión evolutiva.

En este trabajo se retoman ambas dimensiones, la "institucional" (SNI) y la "cíclica" (paradigmas tecnológicos y tecnoeconómicos) y se propone una nueva dimensión: "la evolutiva". Desde esta dimensión se profundiza en el diseño e implementación de la PCTI, en el sentido de considerar: a) el tiempo en el que ocurre y evolucionan las tecnologías; b) los rasgos y tipos de SNI entre países (líderes y seguidores) y c) definir la posición del país, lo que implica tener en cuenta las características que debe tener el SNI y las capacidades, recursos y prioridades. En ambos casos el análisis de los paradigmas tecnoeconómicos es pertinente para entender y explicar con mayor claridad la trayectoria evolutiva y sistémica del proceso de innovación tecnológica⁶. Dicho análisis intenta comprender la naturaleza específica de la ola actual de cambios tecnológicos para guiar el proceso de cambio institucional en una dirección más eficaz de empresas y países tal como lo propone Pérez (2002). Por ello, se parte de una visión de la tecnología en lo que se ha denominado un modelo mixto, es decir el que intercala la visión de la oferta "*technology push*" y el de demanda "*market pull*". Esto supone una importante papel del desarrollo tecnológico e innovador de la ciencia y del mercado.

El artículo está dividido en cuatro apartados. En el primero se analiza la dimensión dinámica (cíclica) de la innovación; en el segundo se analiza la dimensión institucional marcada por jerarquías o niveles del SNI; en el tercero se propone como marco analítico la "dimensión evolutiva" y finalmente en el cuarto se presentan las reflexiones finales.

La Dimensión Dinámica de la Tecnología: ciclos, trayectorias y paradigmas

Las tecnologías siguen a través del tiempo trayectorias o rutas que son cíclicas. Estas trayectorias marcan el rumbo que sigue una tecnología respecto a otras, por lo que en el trayecto pueden interactuar, y en su caso, complementarse o

⁶ En este sentido la tecnología se define como la aplicación y utilización del conocimiento y experiencia (habilidades, ensayos, errores, aciertos) humano (que incluye el conocimiento científico) y que se refleja en nuevos conocimientos, métodos, máquinas, equipos y procedimientos, lo que incluye la perspectiva mixta (oferta-*technology push* y demanda-*market pull*) como se señala más abajo.

incluso ser sustituidas por otras. La evolución de las tecnologías a lo largo del tiempo presenta regularidades o sendas (paths) de cambio relacionadas con las características económicas y tecnológicas de los productos y procesos (Bell y Pavitt, 1995). Además, el cambio técnico no ocurre al azar sino que su dirección es definida por el estado de las tecnologías en uso y la posibilidad de que empresas y organizaciones consigan avances tecnológicos, es función del nivel tecnológico conseguido por ellas previamente (Dosi, 1988). Estas consideraciones son la base para caracterizar la dinámica cíclica de la tecnología y la innovación⁷ como se señala enseguida.

1.1 Consideraciones acerca de los ciclos económicos y la tecnología

El fenómeno cíclico está relacionado con el cambio e innovación tecnológica y, por lo tanto, con la dinámica de la difusión. A nivel mundial, este proceso de cambio y difusión se refleja en el patrón de crecimiento de la producción y de la inversión de cada país, y que como señala Freeman *et al*, (1982), “estará influido por el proceso general de intentar dar alcance al más adelantado”.

El ciclo económico ha sido estudiado desde el siglo XIX. Los avances señalados en aquel entonces concibieron la idea de que la crisis no es sino fases de un movimiento básico ondulante o “cíclico” que abarca una periodicidad entre cada fase que es independiente⁸.

Los ciclos existen, según Schumpeter (1912), porque hay cambios en productos o los mercados impulsados por los empresarios, que dan movimiento a fuerzas que prevalecen sobre el proceso de adaptación del equilibrio, y así crean un proceso acumulativo de actividad que caracteriza los auges y, por lo tanto, al progreso.

Los ciclos son la característica del cambio, que se refleja en situaciones de auge (*recuperación y expansión*) y de crisis (*recesión y depresión*). Dichos ciclos consisten en la repetición de las magnitudes de las principales variables

⁷ Dosi (1982), Cimoli y Della Giusta (1997) y Cimolli y Dosi (1995), realizan un análisis de las trayectorias y los paradigmas basándose en la teoría evolutiva del cambio tecnológico.

⁸ Las crisis ocurridas en 1815, 1825, 1836-39, 1847-48, 1857 y 1866 en Europa llamaron la atención de algunos pensadores como Tooke, Lord Overstone, Marx, Say, Sismondi y Malthus entre otros, para aludir a las tendencias cíclicas. Para mayor detalle véase Schumpeter (1954).

económicas consideradas, tanto del período como de la amplitud. Por tanto, es necesario suponer una tendencia regular sobre la cual se muestran las fluctuaciones, la cual puede ser determinada por métodos de promedios móviles, o por mínimos cuadrados (Corona, 1998).

Los ciclos abarcan periodos cortos y largos y presentan agrupamientos en las innovaciones e inventos en un período de tiempo. La tecnología se relaciona principalmente con *ciclos de larga duración*⁹ que abarcan entre 40 a 50 años, o bien con ciclos más cortos de entre 7 y 10 años¹⁰ (Schumpeter, 1942). Los ciclos reflejan la tendencia que siguen las diferentes tecnologías, de una empresa (trayectorias), de los paradigmas tecnológicos en una industria y finalmente de los paradigmas tecnoeconómicos en un país o países. Schumpeter señaló que si bien los ciclos largos podían deberse a innovaciones técnicas y acontecimientos externos como las guerras o malas cosechas, la innovación era la característica principal que impulsaba dicho ciclo.

Schumpeter, (1942) señala que las innovaciones tecnológicas se presentan en ciclos y perturbar el sistema existente y obligar a un proceso de adaptación distinto debido a dos rasgos:

- no aparecen al azar, sino que se concentran en ciertos sectores, porque aparecen de manera discontinua, y desequilibrada
- se agrupan en racimos, ya que cuando aparece una que tiene éxito en alguna empresa, la mayoría la adoptan.

El surgimiento de cada paradigma conlleva cambios radicales que crean y definen una nueva frontera de conocimientos y prácticas óptimas.

Los cambios de cada trayectoria o paradigma son épocas de transición en muchos niveles. Cada trayectoria o paradigma requiere una nueva

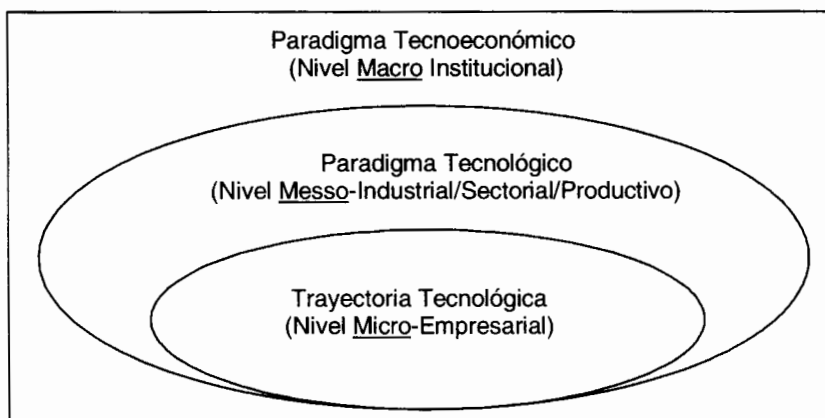
⁹ Comúnmente llamados "ciclos de Kondratiev", aunque una década antes (a principios del siglo XX) tanto Van Gelderen como Pareto habían señalado la aparente tendencia de largo plazo de los movimientos de precios, tasas de interés y fluctuaciones de comercio, con un comportamiento cíclico con duración de 50 años. Para mayor detalle véase Freeman *et al.*, (1982) y Corona (1998).

¹⁰ Los ciclos industriales, pueden dividirse en la mayoría de los casos en 3 ciclos de duración de 40 meses aproximadamente, señalados reiteradamente durante el siglo pasado, El propio Marx se refiere a los ciclos industriales respecto a al período de duración de las máquinas, las cuales oscilaban entre 7 y 10 años (Corona, 1998).

infraestructura facilitadora para permitir la proliferación en gran escala de los beneficios posibles de la nueva tecnología (Tapia y Capdevielle, 1998).

Este proceso cíclico apunta a considerar trayectorias a nivel de empresas, a nivel industrial y a nivel macroindustrial, entremezclando trayectorias y paradigmas (véase figura 1).

Figura 1
El marco analítico de la dimensión cíclica



Fuente: elaboración propia.

Las trayectorias y los paradigmas tecnológicos y tecnoeconómicos se conjugan y así se definen los determinantes y dirección del cambio tecnológico en los niveles micro, meso y macro (véase figura 1) como se señala enseguida.

1.2 Trayectoria tecnológica: rumbo a nivel micro- empresarial

La trayectoria tecnológica es la forma como comúnmente se da solución a los problemas (actividad normal) asociados a un paradigma tecnológico. Por ello, la trayectoria define el más alto nivel tecnológico o frontera tecnológica alcanzado en una senda tecnológica.

Se trata de la evolución natural de la tecnología en el tiempo, con su primera fase en la que el conocimiento se encuentra disponible, a diferencia de la segunda en donde éste se privatiza crecientemente convirtiéndose en una importante barrera a la entrada, y su tercera y última fase de madurez con rendimientos decrecientes en el que el conocimiento vuelve a ser accesible (Corona, 1998). Es decir, que se trata de un patrón de solución normal de los problemas que abarcan el proceso de acumulación de los intentos y soluciones realizados por una empresa en el pasado, aunado a los conocimientos y logros actuales, más el conjunto de alternativas tecnológicas posibles y de desarrollo futuros. La búsqueda de soluciones implica un proceso de mejora y de diversificación a partir de la base de conocimientos que la empresa ha acumulado. La probabilidad de futuros avances está relacionada con la posición que una empresa o país ocupaba antes con respecto a la frontera tecnológica. En general, las trayectorias tecnológicas no son la mismas y asumen particularidades que Dosi (1988) destaca como las siguientes:

- Puede haber más generales o más particulares y puede haber más o menos poderosas.
- Hay generalmente complementariedades entre las tecnologías; sin embargo el desarrollo o no de una tecnología puede promover o impedir el desarrollo de otras.
- Cuando una trayectoria es poderosa es difícil que se pueda cambiar por otra.

La gestación de cada trayectoria o paradigma como nuevo modelo de prácticas óptimas pasa por un largo período de fermentación (Tushman y O'Reilly, 1998). La conformación de la trayectoria inicia cuando se introducen innovaciones aisladas que generan un proceso de encadenamiento y enjambre para los imitadores que intentan y en muchas ocasiones superan a las innovaciones iniciales.

Cada ciclo inicia en general con una discontinuidad tecnológica que es un acontecimiento relativamente raro e impredecible provocado por el descubrimiento científico o de ingeniería (Tushman y O'Reilly, 1998). Aunque también hay innovaciones que son el resultado de un proceso de acumulación o

de una serie de esfuerzos que conllevan a esa innovación, o lo que Bell y Pavitt (1995) denomina un "patrón dependiente (path dependent)". En esta etapa hay una alta incertidumbre respecto al éxito del nuevo producto o proceso y la competencia se da entre productos o procesos sustitutos. Se genera además una oportunidad tecnológica al crearse nuevos conocimientos que amplían la propia base de conocimientos disponible que es discutida con mayor amplitud más adelante (véase figura 3).

En esta etapa diversos criterios de selección y en particular la capacidad de reducir costos y su potencial de ahorro de trabajo con las nuevas tecnologías, definen si la tecnología naciente puede ser o no exitosa. Con ello se solucionan algunas de las limitaciones del antiguo paradigma, a medida que industrias, empresas o países las van enfrentando (Tapia y Capdevielle, 1998).

Una vez que un diseño o tecnología fermenta generando una discontinuidad tecnológica y se empieza a imponer o "dominar" a las de las otras tecnologías, lo que representa una ruptura respecto al patrón tecnológico, se tiende a estandarizar el producto y el proceso, implantándose así la nueva trayectoria tecnológica. La trayectoria tecnológica se complementa y compite con otras tecnologías, hasta convertirse en un paradigma. Sin embargo, Dosi (1988) advierte acerca que es difícil comparar y valorar a priori la superioridad de una senda tecnológica por otra. Esto marca uno de los rasgos de la naturaleza incierta de la actividad de investigación. Desde el inicio y hasta que es desplazada por otras tecnologías o paradigmas, el mercado determina la tecnología que se impondrá, la cual no necesariamente es la más eficiente sino la más reconocida o demandada. El reinicio del proceso sigue el mismo ciclo con una duración variable apareciendo así nuevos paradigmas tecnológicos como se señala enseguida.

1.3 Paradigma tecnológico: rumbo a nivel meso-industrial/sectorial/productivo

El origen del concepto de "paradigmas" está basado en las ideas de Khun (1962) al referirse al "paradigma científico" que define como "aquellas realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica". En otras palabras, es un enfoque conceptual que identifica los problemas más relevantes a partir de un modelo y un patrón de preguntas. Dosi (1982) retoma estas ideas

y propone el concepto de “paradigma tecnológico” que define como “un modelo y un patrón de solución de problemas tecnológicos sobre una base de principios derivados del avance en el conocimiento científico y tecnológico”.

En esta definición se sugiere que los procedimientos y la naturaleza de las “tecnologías” son muy similares a los que caracterizan a la “ciencia”, es decir, que hay cambios continuos y discontinuos y por lo tanto el avance en el conocimiento (científico y/o técnico) no es lineal sino cíclico. Los cambios continuos se relacionan con el avance incremental a lo largo de una “trayectoria tecnológica” y del propio paradigma tecnológico, mientras que los cambios discontinuos son irrupciones del nuevo conocimiento que cuestiona y se impone al conocimiento anterior, apareciendo así el naciente paradigma. El surgimiento de un paradigma tecnológico implica una discontinuidad de la dinámica del progreso técnico y una continuidad dentro del paradigma. El mercado opera al igual que en la trayectoria tecnológica como un elemento de selección de los nuevos paradigmas tecnológicos.

El paradigma tecnológico acota los problemas abordables en su marco y encauza soluciones a esos problemas. Por ello, prescribe o condiciona el rumbo del cambio tecnológico, enfocando los esfuerzos en la exploración de las oportunidades tecnológicas que aparecen y excluyendo a otras posibles alternativas (Vence, 1995). El paradigma tecnológico incluye fuertes condicionamientos sobre la dirección del cambio técnico como la máquina de combustión interna en el transporte de mercancías y pasajeros, los procesos petroquímicos para la producción de componentes químicos con ciertas propiedades, y los semiconductores para atender necesidades genéricas para interruptores y amplificadores de señales eléctricas¹¹.

1.4 *Paradigma Tecnoeconómico: rumbo al nivel macro-institucional*

Con base en los conceptos de trayectoria y paradigmas discutidos antes Pérez (1992) propone el concepto de paradigma tecnoeconómico, para referirse a la constelación de sistemas tecnológicos cuyo denominador común es su capacidad para transformar el aparato productivo. Un paradigma tecnoeconómico

¹¹ Las tecnologías que emergen con sus propias soluciones a problemas específico, sustituyendo a otras alternativas posibles.

representa el modelo rector del progreso tecnológico comercial durante varios decenios, en el cual se identifican y desarrollan productos y procesos productivos económicamente rentables, partiendo de la gama de los tecnológicamente viables.

El paradigma tecnoeconómico es un concepto más amplio que el de los paradigmas y las trayectorias tecnológicas ya que incluye las instituciones y abarca o moldea los paradigmas tecnológicos, los cuales a su vez refieren el conjunto rector de mejoras incrementales que describen las trayectorias tecnológicas (Tapia y Capdevielle, 1998). Cuando las condiciones sociales, económicas e institucionales impulsan el que esa tecnología se imponga respecto a las tecnologías alternativas y la industria se impone respecto a las otras, es como se crea el Paradigma Tecnoeconómico.¹² Por ello, el surgimiento de un Paradigma Tecnoeconómico surge a partir no sólo de la selección del mercado, sino también de la rivalidad y coevolución entre las tecnologías y la eficacia del diseño que aparece, que es lo suficientemente aceptable para desplazar al anterior y para competir con otras tecnologías que en algunos casos son superiores.¹³

El concepto de paradigma tecnoeconómico sugiere que la diferencia básica entre dos períodos se encuentra en el grado de acoplamiento o desacoplamiento entre el marco socio-institucional y las exigencias de la ola de cambio técnico. Este marco, establecido para fomentar un modo de crecimiento basado en las características de la ola anterior de tecnologías, no sólo es incapaz de responder a los problemas y las necesidades del nuevo paradigma tecnoeconómico, sino que, al continuar aplicando recetas que funcionaron bien en el pasado, actúa de manera contraproducente (Tapia y Capdevielle, 1998).

Los paradigmas tecnoeconómicos siguen ciclos de expansión y en las que diversas trayectorias tecnológicas (paradigmas tecnológicos) impulsan el crecimiento económico¹⁴. Estos cambios estructurales no sólo impactan radicalmente los modos de producir y de vivir, sino que explican cada uno de los

¹² Un ejemplo es el dominio en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) del sistema operativo "windows" sobre Machintosh y OS/2

¹³ En las TIC la herramienta Linux, cuyo diseño está en una avanzada fermentación y está por definirse si se impone como paradigma que sustituiría al anterior de Windows XP.

¹⁴ Estas olas, pueden medirse desde la aparición del hombre, aunque el descubrimiento de América coincide con la conformación de los Estados Nación en los siglos XV y XVI lo que es consistente con el concepto de SIN definido anteriormente. Además, el surgimiento del capitalismo marcó una clara orientación de la ciencia y la tecnología sobre todo a partir de la Revolución Industrial (véase tabla 1). Para mayor detalle véase Freeman (1995) y Jasso (2003).

ciclos largos de auge por los que ha atravesado la economía mundial desde la revolución industrial hasta la fecha como se señala más adelante (véase tabla 1 y gráfica 3).

La Dimensión Institucional: Los Sistemas Nacionales de Innovación

El estudio de la vinculación-cooperación-red¹⁵, ha sido analizado desde diferentes perspectivas teóricas y por diversas disciplinas, lo que evidencia las diferentes perspectivas y enfoques que caracterizan dicha vinculación, aunque en nuestra perspectiva se considera que aducen a fenómenos similares,¹⁶ es decir que la vinculación es el objeto del análisis.

Un sistema de innovación (SI)¹⁷ es la interacción socio-institucional¹⁸ (incipiente o integrada) en la que se comparten conocimientos y habilidades para el desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías creando un ambiente de innovación. En estos SI se crean mecanismos de cooperación, coordinación y competencia intraempresa y entre empresas e instituciones y organizaciones especializadas lo que genera un ambiente que posibilitan la generación de cambios o mejoras técnicas, organizacionales y/o institucionales en un país, región, sector y/o empresa u organización.¹⁹ En este proceso las instituciones y organizaciones adaptan y asimilan en forma imperfecta y con distintos grados de incertidumbre el conocimiento técnico (véase figura 2).

En los SNI se comparten conocimientos relativos al mercado, al proceso productivo y a la comercialización, por lo que se adquieren habilidades productivas y se crean habilidades de negociación. Este proceso implica, necesariamente, mecanismos de adaptación o modificación, independientemente del actor o país de donde proceda el conocimiento tecnológico.

¹⁵ Algunos de los conceptos son los de eslabonamientos hacia delante y hacia atrás, cluster, cadena de valor, cadena productiva, redes de innovación y conocimiento, distritos industriales, triple hélice, vinculación universidad empresa, entre otros.

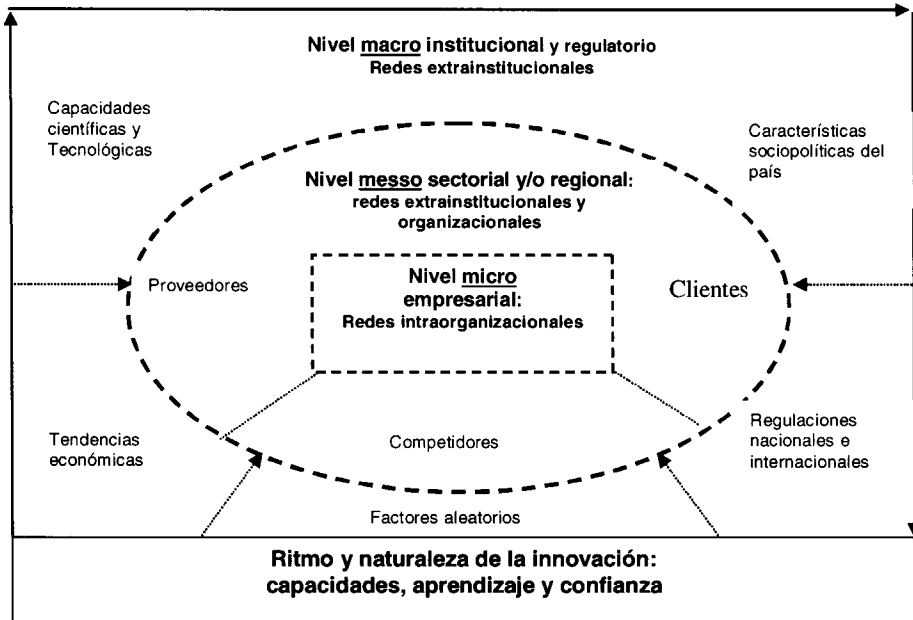
¹⁶ Para mayor detalle acerca de estas similitudes véase Jasso (2004), en donde se presenta la discusión acerca de la importancia de la tecnología y el desarrollo científico realizado por diversos autores como Marx, Weber, Khun y Schumpeter.

¹⁷ A nivel de país se denomina Sistema Nacional de Innovación (SNI).

¹⁸ Incluye al conjunto de instituciones y empresas como son las universidades, consultoras, proveedores, clientes, y ministerios, entre otros)

¹⁹ Para mayor detalle véase Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Freeman, 1995 y Edquist, 1997.

Figura 2
El Sistema Nacional de Innovación



Fuente: Elaboración propia con base en Jasso (1998)

La Dimensión Evolutiva: la necesaria inclusión de lo cíclico y lo institucional

La caracterización de la dimensión evolutiva sintetiza e incluye las dos dimensiones analizadas (dinámica e institucional) y trata sobre todo acerca de la evolución (ciclos) de un SIN del país respecto a otros en el contexto de la evolución (ciclos) de los paradigmas tecnoeconómicos. La idea es destacar que durante la trayectoria cíclica de las tecnologías, se conforman paradigmas tecnoeconómicos que surgen a partir de las características de los SNI de los países que impulsan dicho paradigma conformando una determinada ola de expansión²⁰. La etapa del renacimiento en los siglos XV y XVI es el punto de

²⁰ Estas olas o etapas han tenido diferentes nombres como "Primero, Segundo... Orden Mundial" o "Primera, Segunda ... Revolución Industrial" y abarca desde el siglo XVI hasta la fecha.

partida para analizar a los SIN de los países (véase nota 14 y tabal 1) que han impulsado los paradigmas tecnoeconómicos y han marcado el liderazgo mundial.

Tabla 1
Rasgos de los Paradigma Tecnoeconómico y SNI

| <u>Núm. Pa</u> <u>Radigma</u> <u>(Orden</u> <u>Mundial)</u> Periodo | Denominación de Paradigma Tecnoeconómico | Industria-Sector-Producto del impulso clave | Tecnologías-procesos que impulsan el crecimiento | SIN (país) líderes que inician y (siguen) el paradigma |
|---|--|--|--|---|
| 1492 a sXVII | Descubrimiento de América. Renacimiento | Navegación | Transporte marítimo | España-Portugal (Gran Bretaña-Holanda) |
| <u>Primero</u> 1780's a 1830's | "Revolución Industrial" | Algodón (Textil) | Mecanización y producción en fabricas sencillas | Gran Bretaña, Francia, Bélgica; (Alemania, Holanda) |
| <u>Segundo</u> 1840's a 1890's | Era de los Ferrocarriles y del vapor "Prosperidad Victoriana-Gran Depresión" | Transporte marítimo (Máquinas herramienta, gas) | Vapor, Ingeniería pesada y ferrocarriles | EUA, Alemania, GB, Bégica, (Italia, Holanda Austria-Hungría) |
| <u>Tercero</u> 1890's a 1940's | Era de la Electricidad y el Acero "Bella Epoca-Gran Depresión" | Acero electricidad y | Producción en masa, aviación e ingeniería eléctrica y mecánica | EUA, Alemania, GB, Francia, Suiza, Holanda (Italia, Austria-Hungría, Canadá, suecia, Dinamarca, Japón, Rusia) |
| <u>Cuarto</u> 1940's a 1990's | Producción Fordista "Edad dorada del pleno empleo a Crisis de Ajuste Estructural" | Energía (petróleo, química, automotriz, hardware) | Energía nuclear y tecnologías organizacionales flexibles | EUA, URSS y Japón, Suecia, Suiza, Canadá, Australia; (Corea, China, India, Taiwán, Brasil, México, Argentina) |
| <u>Quinto</u> 1990's a la fecha | Sociedad del Conocimiento | Chips (microelectrónica, química fina, espacial, nanotecnología) | Informática y telecomunicaciones | "SIN continentales" liderados por EUA, Japón y Alemania |

Fuente: elaboración propia

El Primer Orden Mundial es referido al periodo de los descubrimientos o encuentro de Colón en América a fines del siglo XV hasta el siglo XVII. Los SIN líderes fueron los de los países de España y Portugal que son los que realizan los viajes y comercio transatlánticos e impulsan la etapa del renacimiento en Europa (véase tabla 1).

El siguiente período o segundo orden mundial (Revolución Industrial) de auge se da a fines del siglo XVIII (1780's) cuando en Gran Bretaña se inventa la máquina de vapor que revoluciona la producción artesanal y la hace mecánica. En el tercer orden mundial o paradigma de la Era de los ferrocarriles, EUA y Alemania resurgen como los SIN seguidores y ahora líderes que superan a Gran Bretaña. (véase tabla 1).

En el cuarto orden mundial la producción en masa a partir del esquema fordista genera una edad dorada o de pleno empleo impulsada por las políticas keynesianas. La industria automotriz y el uso del petróleo y la energía atómica impulsan la producción mundial a gran escala y por grandes empresas que se ubican y producen en muchos países. (véase tabla 1).

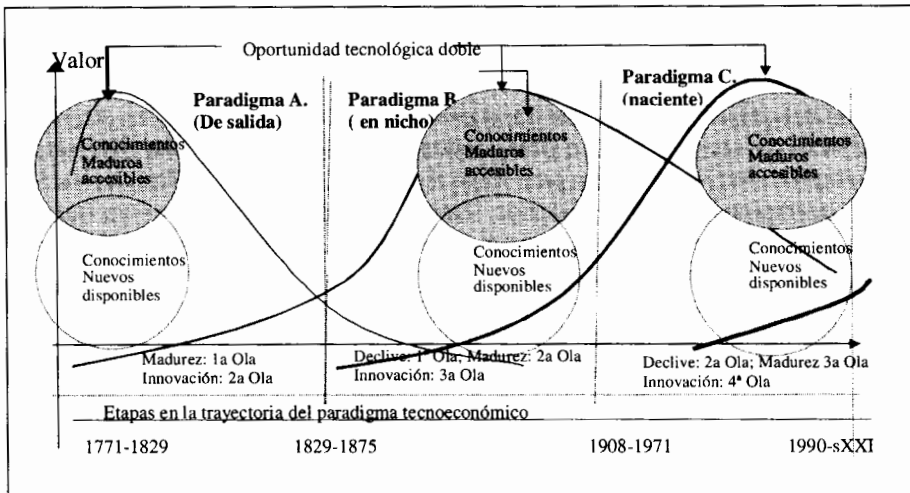
Finalmente el quinto orden mundial y finalmente el cuarto paradigma identificado con la Sociedad del Conocimiento actual (conformada por SIN continentales de la denominada tríada liderada por Japón en Asia, Alemania en Europa y EUA en América del Norte)²¹ (véase tabla 1).

En cada etapa se conformaron SIN del país que lideraba, (impulsaba o dominaba) el paradigma tecnoeconómico de determinada ola de expansión, por lo que la evolución se refiere a las condiciones de innovación prevalecientes en dicho SIN y al paradigma tecnoeconómico (ola de expansión) que corresponda (véase tabla 1 y figura 3). En cada etapa de auge se generaban diferentes y diversas oportunidades tecnológicas, de mercado e institucionales que definían círculos virtuosos para apoyar y estimular el nacimiento y crecimiento y dominio del SIN en cada paradigma. Es decir, como señala Pérez (1992) se abría una "ventana de oportunidad" para los países seguidores, muchos de los cuales pudieron posicionarse favorablemente en cada una de las olas de expansión, tal como se aprecia en la tabla 1, que destaca cada vez más países participantes en la dinámica tecnológica e innovadora mundial.

²¹ Para mayor detalle véase Jasso (2003).

Así como ocurre en la trayectoria tecnológica, el surgimiento de nuevos paradigmas es el resultado de la discontinuidad en el progreso técnico, y de la prolongada duración del período de adaptación para los países líderes de la ola anterior. La primera significa que la trayectoria va en una nueva dirección y que, al menos en parte, se puede eludir la brecha anterior, la segunda, significa que hay tiempo para aprender a correr por los nuevos caminos. En dicha dinámica surgen dos conjuntos de oportunidades tecnológicas: uno al final (cuando los conocimientos están difundidos y aún no se definen los patrones que regirán el paradigma nuevo) y el otro al inicio del ciclo, que es cuando compiten los conocimientos y tecnologías y existe una dinámica de difusión científica accesible (véase figura 3).

Figura 3
La Dimensión Evolutiva de los SNI: Ciclos, Trayectoria y Paradigmas Tecnoeconómicos



Fuente: Elaboración propia con base en Pérez (2002)

La oportunidad creada por la dinámica de los paradigmas, es aprovechable si se han creado, acumulado o en su caso se utilizan las diversas capacidades (nacionales, industriales y empresariales) y los recursos del propio SNI del país.

Al considerar un período de tiempo y por lo tanto un análisis evolutivo, la creación y acumulación de capacidades y las características y formas de cada SNI inciden en el resultado de las condiciones, capacidades y aprendizajes acumulados²² en un cierto tiempo, en los diferentes ámbitos de los SNI de los países (véase tabla 1).

Las capacidades de cada SNI en sus diferentes niveles, incide en la conformación de cada paradigma tecnoeconómico, y tecnológico y de cada trayectoria tecnológica. Es decir, que en cada SNI se crean y redefinen las capacidades nacionales, industriales y empresariales, que a su vez posibilitan la conformación de paradigmas tecnoeconómicos, tecnológicos y de las propias trayectorias.

Estas capacidades reflejan la organización social, económica y política de las transformaciones provocadas por la tecnología en un periodo dado (véase tabla 2).

Reflexiones Finales

En este documento se ha presentado un marco analítico en el que se discute la relevancia de contar con una perspectiva evolutiva de la política de ciencia, tecnología e innovación en un país. Esta discusión incluye el análisis de los SNI y los paradigmas tecnoeconómicos. Esta discusión es pertinente ya que los SNI de los países que lideran o definen el rumbo del paradigma tecnoeconómico, marca la pauta de análisis de la dinámica competitiva mundial.

El análisis institucional y dinámico de los SNI a partir de los Paradigmas Tecnoeconómicos es necesario para destacar que la naturaleza del proceso científico, tecnológico e innovativo es diverso, heterogéneo, no lineal y de un alto riesgo e incertidumbre. El proceso acumulativo puede generar innovaciones. Sin embargo, no siempre esta acumulación se presenta automáticamente, ya que depende de mecanismos de selección económicos (demanda de mercado y rentabilidad esperada) e institucionales (estrategia productiva de la empresa, disponibilidad de recursos, capacidad gerencial y clima laboral). En este proceso, las empresas pueden o no acumular capacidades tecnológicas.

²² En este caso el aprendizaje es resultado de la repetición continua de las actividades cotidianas y al uso constante de los métodos y técnicas de producción.

| Tabla 2 La Dimensión Evolutiva: lo Cíclico y lo Institucional | |
|--|---|
| <u>Dimensión Cíclica:</u> Trayectoria o Paradigma | <u>Dimensión Institucional:</u> SNI |
| Nivel macro: capacidades nacionales | |
| <i>Paradigma Tecnoeconómico.</i> Modelo rector de los Paradigmas Tecnológicos | <ul style="list-style-type: none"> • Difusión e Integración del mercado mundial. • Oportunidades de negocio. • Ambiente competitivo que incide en la innovación tecnológica. • Régimen comercial. |
| Nivel meso: capacidades industriales | |
| <i>Paradigma tecnológico.</i> Modelo rector tecnológico en una industria o sector | <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de las instituciones en las que se genera conocimiento. • Impulso sostenido y creativo de las más diversas formas de difusión de conocimiento. • La articulación entre actores de innovación. |
| Nivel micro: capacidad de la empresa. | |
| <i>Trayectoria tecnológica.</i> Modelo rector de una tecnología | <ul style="list-style-type: none"> • Interacción intensa y sistemática entre demandantes y proveedores de conocimiento. • Incremento sostenido de la capacidad de resolución de problemas. • Difusión de las innovaciones al conjunto del sistema productivo |
| Fuente: Elaboración propia con base en Sutz (2002). | |

En estos SNI las diferentes formas de cooperación y competencia a lo largo de los últimos dos siglos entre instituciones y organizaciones públicas y privadas han sido determinantes para impulsar el proceso de transferencia tecnológica y por lo tanto, las posibilidades para innovar.

Las condiciones y características, como son los rasgos a nivel macro (institucionales), meso (políticas públicas y características del sector) y micro (estrategias de las empresas y organizaciones) de los SNI son importantes para conocer los resultados competitivos internacionales.

El análisis de los SNI a partir de los paradigmas tecnoeconómicos imperantes en un tiempo dado, es útil para comprender la dinámica competitiva mundial actual. Es decir que los SNI de países que lideran los paradigmas

tecnoeconómicos posibilitarían analizar a las estrategias y políticas públicas de apoyo a la innovación.

En los SNI se crean o desarrollan innovaciones tecnológicas mediante mecanismos en los que se comparten habilidades y conocimientos útiles para posicionarse favorablemente en el mercado internacional. Es decir, se generan procesos mediante los cuales las empresas acumulan conocimiento técnico, know-how, y la experiencia relevante para la planeación, construcción, operación, adaptación y mejoramiento de los procesos de producción lo que refleja el progreso científico, tecnológico e innovador.

La colaboración entre los diversos actores (público, privado y otros) reflejada en los SNI analizados, son determinantes para permanecer en los mercados. Por ello, la cercanía y conocimiento de las necesidades del mercado, ya resaltada desde hace dos siglos, permanece aunque bajo nuevas reglas y nuevas formas lo que ha sido determinante para mejorar los productos, procesos y técnicas productivas y organizacionales.

Las características de los SNI de y entre países, redefinen y modifican constantemente los paradigmas tecnoeconómicos y por lo tanto el liderazgo mundial. La dinámica evolutiva de la innovación considera la conformación de los SIN en sus distintos niveles (micro, meso y macro) además de la dinámica innovadora y tecnológica reflejada en las tecnologías, los paradigmas tecnológicos y los tecnoeconómicos. En la dimensión institucional el papel del ambiente de redes institucionales a lo largo de la historia de los SIN líderes se ha definido por políticas públicas que han conformado SIN en torno a la dimensión dinámica (cíclica) que implica reconocer el rumbo y velocidad del avance científico y tecnológico internacional. El rol de una política científica, tecnológica y de innovación efectiva debiera ser la que facilite y articule a los posibles y factibles actores participantes del SIN al igual que la articulación de las diferentes acciones de política pública (educativa, salud, productiva, social) para alcanzar el paradigma o la frontera del conocimiento mundial. Para ello, se requerirá regular los mercados y promover o crear los mecanismos mediante los cuales se crean y difunden las innovaciones tecnológicas del país. Dicha conformación del SIN debe orientarse a impulsar, o en su caso posicionarse favorablemente en la dinámica de los paradigmas tecnoeconómicos.

La definición de un proyecto de nación es vital para definir el rumbo y potencializar y focalizar los recursos y capacidades (siempre escasos) del SIN. Para ello se requiere articular a las instituciones en torno a un rumbo de país (y por lo tanto de proyecto nacional con un consenso social) para así inducir, fomentar y generar las condiciones para liderar paradigmas tecnoeconómicos y mejorar la posición competitiva internacional.

Por lo tanto, el entendimiento de dicho fenómeno desde una perspectiva institucional (SNI) y cíclica (Trayectoria y Paradigmas), puede contribuir a definir más claras y efectivas políticas públicas que aprovechen las capacidades y potencialidades del propio país. En este sentido, el papel de la política pública es determinante para definir el tipo y lugar que un país tiene en el concierto internacional si conforma SIN exitosos.

Referencias

- Andersen, E., (1997), "Introduction. Part II Innovation System: Evolutionary Perspective", en Edquist Ch. (ed.) *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter, Londres y Washington.
- Bell, M. y Pavitt, K., (1995). 'The Development of Technological Capabilities,' en Haque, I. (ed.), *Trade, Technology and International Competitiveness*, Washington D.C, The World Bank.
- Cimoli, M. y M. Della Giusta, (1997), "The nature of technological change and its main implications on national and local systems of innovation", *mimeo*, University of Venice 'Ca' Foscari'.
- Cimoli M. y G. Dosi (1995), Technological paradigms patterns of learning and development: an introductory road map, *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 5, Núm. 3.
- Corona, L., (1998), "Tecnología, innovación y ciclos económicos", en Corona L. (coord.), *Teorías Económicas de la Innovación*, Editorial Jus, México.
- Dosi G., (1982), "Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of determinants and directions of technical change", en *Research Policy*, vol. 11.
- Dosi G., Ch. Freeman, R. Nelson, Silverberg y L. Soete (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publisher.

- Edquist, Ch., (1997), "Systems of innovation approaches-their emergence and characteristics", en Edquist Ch. (ed.) *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter, Londres y Washington.
- Freeman, Ch., J. Clark y L. Soete, (1982), *Unemployment and Technical Innovation. A study of long waves and economic development*, SPRU, Sussex.
- Freeman Ch. (1987) *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Londres, Pinter.
- Freeman, Ch., (1995), "The National System of Innovation. In historical perspective", en *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1).
- Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P Scott y M. Trow (1994), *The New Production of Knowledge. The dynamic of science and research in contemporary societies*, Sage Publications, Londres, Thousand Oaks, Nueva Delhi.
- Jasso, J., (2004), "Relevancia de la innovación y las redes institucionales", *Aportes*, Año IX, Núm. 25, BUAP, enero-abril.
- Jasso J. (2003), "Los Sistemas de Innovación: una aproximación histórica al entendimiento de la dinámica competitiva mundial", en *Seminario: Sistemas Nacionales de Innovación e Industria Manufacturera*, IIE-CECADET/UNAM, México.
- Jasso J. (1998), "De los sistemas nacionales a los supraregionales y subnacionales de innovación. Propuesta analítica y conceptual", en *Revista de Economía y Empresa*, No. 34, Vol. XII, España.
- Khun T. (1962), *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Lundvall, B., (ed.) (1992), *National System of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, Londres.
- Nelson, R., (ed.) (1993), *National Systems of Innovation: A Comparative Study*, Oxford University Press, Oxford.
- Pérez, C., (1992), "Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo", *El Trimestre Económico*, vol. LIX (1), enero-marzo, FCE México.
- Pérez, C., (2002), *Technological Revolutions and Financial Capital. The dynamics of bubble and golden ages*, Edward Elgar Publishing, Gran Bretaña.
- Schumpeter, J. (1912), *Teoría del Desarrollo Económico. Una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico*, FCE, México, 1978.

- Schumpeter, J., (1942), *Capitalismo, Socialismo y Democracia*, Ediciones Aguilar, México, 1963.
- Schumpeter, J., (1954), *Historia del Análisis Económico*, FCE, México, 1984.
- Sutz, J., (2002), "Los sistemas de innovación en Latinoamérica. ¿Ascenso o descenso en una economía basada en la tecnología?" En Tilman A. y D. Messner (editores) *América Latina Competitiva. Desafíos para la economía, la sociedad y el estado*, GTZ-IAD-Nueva Sociedad, Caracas.
- Tapia, A., y M. Capdeville, (1998), "Corrientes y conceptos de la teoría evolucionista", en Corona L. *Teorías Económicas de la Innovación*, Editorial Jus, México.
- Tushman, P. y Ch. O'Reilly III, (1998), *Innovación. Cómo alcanzar el liderazgo organizacional a través de la renovación y el cambio*, Prentice Hall-Harvard Business School Press.
- Vence (1995), *Economía de la Tecnología*, Siglo XXI, España.