



 **realidad
económica**

Nº 329 • AÑO 49

1º de enero al 15 de febrero de 2020

ISSN 0325-1926

Páginas 91 a 104

TECNOLOGÍA

Sistemas nacionales de innovación tecnológica en países altamente industrializados y en desarrollo

Eduardo Dvorkin*

* Profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Ingeniero electromecánico y doctor en Ingeniería Mecánica. Presidente de SIM&TEC SA. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

RECEPCIÓN DEL ARTÍCULO: agosto de 2019

ACEPTACIÓN: septiembre de 2019



Resumen

El presente trabajo se propone un modelo simple para caracterizar los sistemas nacionales de innovación tecnológica. Dicho modelo se basa en las contribuciones de Oscar Varsavsky acopladas al triángulo de Sabato e incorpora el rol del Estado.

Durante su desarrollo, se demuestra que el modelo propuesto es aplicable tanto para los países altamente industrializados como para los países en desarrollo. También se analizan métricas para la evaluación de los sistemas nacionales de innovación tecnológica.

Palabras clave: Innovación tecnológica – Estado – Industria – Desarrollo – Ciencia

Abstract

National technological innovation systems in highly industrialized and developing countries

This work aims to create a simple model to characterize the national systems for technological innovation. Said model is based on the contributions made by Oscar Varsavsky, coupled with Sabato's triangle, also incorporating the State's role.

Throughout its development, the proposed model is shown to be applicable for both highly industrialized countries as well as developing countries. Metrics are also analyzed, in order to evaluate the national systems for technological innovation.

Keywords: Technological Innovation - State - Industry - Development - Science

1. Introducción

La gestión de los sistemas nacionales de innovación tecnológica (IT) es de fundamental importancia para todos los países, ya que la IT es hoy el factor clave para aumentar el Producto Interno Bruto (PIB), para crear nuevos y mejores empleos, y para generar y aplicar conocimiento en la búsqueda de mejorar las condiciones de vida de la población. Los desarrollos tecnológicos también implican cambios culturales para quienes trabajan en ellos, para quienes producen con los cambios incorporados en los métodos de producción, y para quienes consumen los nuevos productos, a menudo reemplazando a productos con nombres muy establecidos, “tecnología, en el sentido antropológico, es el elemento más decisivo de la cultura” (Herrera, 1973).

Por supuesto, diferentes países y administraciones gubernamentales producen diferentes políticas de IT, las que necesariamente están de acuerdo –para cada período histórico– con los objetivos nacionales hegemónicos del país en ese período.

En la segunda sección de este trabajo discutiremos el rol impulsor del Estado, más precisamente el rol de las administraciones gubernamentales en los sistemas nacionales de IT, considerando tanto a los países altamente industrializados como a los países en desarrollo. Sin embargo, muchos de los modelos de IT existentes, que se revisarán brevemente en la tercera sección de este documento, no identifican al agente líder de entre todos los agentes que tienen un rol específico en los procesos de IT. Por lo tanto, proponemos un nuevo modelo, basado en las contribuciones de Varsavsky (1974/2013) acoplado al triángulo de Sabato (Sabato & Botana, 1975/2011). Este nuevo modelo incorpora a los Estados nacionales como la fuerza impulsora en los procesos de IT.

En la cuarta sección discutiremos las métricas relevantes para la evaluación del desempeño de los sistemas nacionales de IT.

2. El rol del Estado

Es importante analizar los sistemas nacionales de IT considerando dos entornos diferentes: países altamente industrializados y países en desarrollo. El concepto de IT es diferente en cada caso (Branscomb, 1993).

Países altamente industrializados: en estos países, la IT implica innovación absoluta; es decir, el desarrollo de productos, servicios y procesos que expanden el mapa de los productos y servicios disponibles internacionalmente y de las tecnologías disponibles para la producción. En los países altamente industrializados, la IT está asociada a grandes empresas multinacionales (GEMs) y también a pequeñas y medianas empresas (PYMEs).

Países en desarrollo: en estos países, la IT es normalmente local; es decir, se refiere al desarrollo de productos, servicios y procesos que solamente son nuevos para el país o incluso para una empresa. La IT local generalmente se desarrolla en el marco de políticas de sustitución de importaciones.

Para dedicarnos al análisis de diferentes sistemas nacionales de IT, primero debemos responder dos preguntas básicas:

- ¿Son los procesos de IT impulsados por las demandas del mercado? o
- ¿los impulsan los Estados siguiendo sus objetivos nacionales? (Mazzucato, 2011).

Para responder esas preguntas, consideraremos los dos entornos diferentes discutidos anteriormente.

Países altamente industrializados

Comenzamos analizando el rol del gobierno en los Estados Unidos. En *The Break Through Institute* (2010) se presenta una revisión histórica de los procesos de IT que contribuyeron al liderazgo tecnológico de los Estados Unidos. El informe analiza las siguientes tecnologías: agricultura, ferrocarriles, industria de la aviación,

motores a reacción, microchips, informática personal, internet, GPS, energía nuclear, combustibles sintéticos, energía eólica, energía solar y biotecnología. Se demuestra que todos ellos fueron desarrollos tecnológicos impulsados por y desde el Estado.

En Mazzucato & Semieniuk (2017) se analizan las tecnologías que se sumaron para conformar los productos Apple I (iPhone, iPad, iPod) y se demuestra que todas ellas fueron desarrolladas bajo el liderazgo y la participación directa de las agencias gubernamentales de los Estados Unidos. Además, en la misma referencia se demuestra que las agencias del gobierno estadounidense están presentes en todas las etapas de los procesos de IT, desde la investigación básica hasta el despliegue tecnológico final.

En Mazzucato (2011) también se menciona que incluso Google, generalmente considerado como un prototipo de emprendimiento privado “de garaje”, se desarrolló sobre la base de una subvención de la NSE.

En Wade (2014), el autor comenta:

En el período previo a la Segunda Guerra Mundial, el complejo militar-industrial existente se fortaleció (se llama más exactamente el complejo gobierno-militar-industrial). En décadas posteriores, este complejo lanzó una serie de innovaciones fundamentales, que incluyen la bomba atómica, la bomba de hidrógeno, la tecnología de misiles, la energía nuclear civil, las computadoras, el transistor, el trabajo preparatorio en el láser y los satélites. El enfoque dominante de la política industrial selectiva tomó la forma de apoyo del gobierno para la investigación básica en una gran cantidad de laboratorios militares. De ahí la ironía: Estados Unidos ha tenido tres tipos de política industrial. Primero, la Segunda Guerra Mundial; segundo, la Guerra de Corea; y tercero, la Guerra de Vietnam. El enfoque en lo “básico” y “militar” evitó los problemas ideológicos en torno a la política industrial, porque incluso los fundamentalistas del mercado aceptaron que el gobierno debería financiar el desarrollo de nuevas armas y sistemas de inteligencia.

Además, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa de Estados Unidos (DARPA, por sus siglas en inglés) desempeñó un rol fundamental en la transformación de Silicon Valley, en el centro planetario de innovación en informática y semiconductores.

Es posible afirmar que Silicon Valley, en California, y el sector de la biotecnología alrededor del MIT, en Cambridge-Massachusetts, en lugar de ser ejemplos del emprendedurismo privado lo son del liderazgo estatal en los procesos de IT.

Con respecto al papel del Estado en Europa, de German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (2019) obtenemos la siguiente declaración del ministro de Asuntos Económicos y Energía de Alemania:

Nuestro Estado ha asumido directamente la responsabilidad de la creación y el mantenimiento de la prosperidad desde los tiempos de Ludwig Erhard. Su enfoque programático de “prosperidad para todos” formula una promesa política de gran alcance para todos los ciudadanos en todos los estratos de la sociedad y, en Alemania, el Estado ha intervenido una y otra vez en el sector económico con su política industrial: desde el establecimiento de Airbus en 1969 a través de los “intentos de rescate” para empresas individuales (Salzgitter, Holzmann, Opel, Quelle) al asentamiento de empresas fotovoltaicas o la producción de semiconductores y microchips. Algunas intervenciones fallaron porque se quedaron cortas y el Estado no es, en principio, el mejor emprendedor; y porque, a diferencia del caso de Airbus, por ejemplo, estaban dirigidos a efectos aislados, desencadenaban asignaciones erróneas, pero no satisfacían ninguna función estratégica.

Y también:

En algunos casos, estamos descubriendo que la totalidad de las decisiones comerciales individuales tomadas por las compañías en un país no es suficiente para equilibrar y prevenir cambios en las fuerzas y la prosperidad. Esto se debe a que una empresa tiene la vista puesta en su propio avance y no en el de todo el país. Es en estos casos, y solo en estos casos, que la activación, promoción y protección de la política industrial encuentra su justificación. Si las fuerzas del mercado dentro de la economía de un país no pueden mantener su fuerza innovadora y su competitividad, entonces es responsabilidad y tarea del Estado intervenir.

Hay una paradoja interesante: en los casos discutidos de Estados Unidos y Alemania, es bastante evidente que el fuerte rol del Estado sobre la IT se basa en argumentos pragmáticos más que en argumentos ideológicos: lograr el liderazgo mundial en IT es parte de los objetivos nacionales de esos países, incluso al precio de contradecir su ideología hegemónica.

En el caso de Japón, el Estado asume abiertamente el papel principal en el proceso de IT y fomenta a través del Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MITI, por sus siglas en inglés) una cooperación muy estrecha entre la industria, la universidad y el Estado (Harayama, 2001).

China, por su parte, es una sociedad donde se ha impuesto una combinación muy exitosa de centralismo socialista y emprendedurismo capitalista, en Institute for Security and Development Policy (2018) se discute un resumen de la planificación china de IT y es bastante evidente que el rol del Estado es fundamental.

Por lo tanto, en los cuatro casos analizados de países altamente industrializados (Estados Unidos, Alemania, Japón y China) podemos afirmar que los procesos de IT fueron y son impulsados por el Estado.

Países en desarrollo

Para ilustrar el papel del Estado en los países en desarrollo, nos centraremos en Argentina.

La historia argentina muestra cortos períodos de administraciones que apoyaron la participación del Estado en el desarrollo local de la IT. Los más importantes fueron durante las presidencias de Juan Perón (1946-1952 / 1952-1955), Néstor Kirchner (2003-2007), y Cristina Fernández de Kirchner (2007-2011 / 2011-2015). Entre esos cuatro mandatos presidenciales hubo largos períodos de administraciones que se opusieron a la participación del Estado en el desarrollo de IT local.

Entre 1946 y 1955, muchos proyectos importantes de IT se emprendieron bajo el liderazgo del Estado. Quizás el más importante fue el establecimiento, en 1950, de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) que ha liderado desde entonces el desarrollo de aplicaciones nucleares en campos como la medicina, la generación de energía y otros. También desempeñó un papel fundamental en el apoyo tecnológico de las PYMEs locales en muchas áreas; por ejemplo, con respecto a la metalurgia y la soldadura, la industria argentina desarrolló su *expertise* tecnológico moderno impulsada por la CNEA, de propiedad estatal, que hizo uso de su poder de compra para hacer avanzar proveedores de alto nivel. La primera y más importante acería argentina, SOMISA, se estableció también durante esos años.

Durante el período 2003-2015, el Gobierno desarrolló varios proyectos de tecnología avanzada: diseño local y fabricación de radares, diseño local y fabricación de satélites geostacionarios de comunicaciones, diseño local y fabricación de pequeñas instalaciones nucleares para fines experimentales y médicos, diseño local y fabricación de aviones militares, diseño local y fabricación de equipos ferroviarios, etc. Para todos estos casos, el estilo tecnológico se basó en una versión específica del triángulo de Sabato; es decir, en la interacción de las empresas tecnológicas del sector público, el sector científico y las PYMEs bajo el sistema de compra estatal.

Para los períodos restantes, con gobiernos que se oponían a la intervención estatal en IT, no podemos hablar de un sistema nacional de IT.

3. El modelo Varsavsky - Sabato (VS)

En esta sección, proponemos un modelo simple que puede proporcionar una hoja de ruta para el análisis de diferentes sistemas nacionales de IT. Este modelo incorpora los siguientes ingredientes:

Los objetivos nacionales: son conjuntos de objetivos y políticas específicas que, en un período de tiempo determinado, guían las acciones de la administración gubernamental. Éste es, al mismo tiempo, un concepto ideológico y muy práctico (Varsavsky, 1974/2013).

El estilo tecnológico (ET): llamaremos así al “conjunto de características cualitativas generales, comunes a todas las ramas de la tecnología (y la ciencia), deseables porque son directamente deducibles de los objetivos nacionales, y prácticas, en el sentido de que ayudan a tomar decisiones porque no son compatibles con otras propuestas” (Varsavsky, 1974/2013).

También tenemos que incorporar al modelo los siguientes tres agentes que están incluidos en el triángulo de Sabato original (Sabato & Botana, 1975/2011): *el sector científico, las empresas tecnológicas del sector público y la industria privada*.

Los modelos existentes

En lo que sigue revisamos brevemente los modelos existentes para explicar los procesos de IT y para todos ellos podemos hacer la misma observación, que es que no responden la pregunta fundamental: ¿quién lidera los procesos de IT?

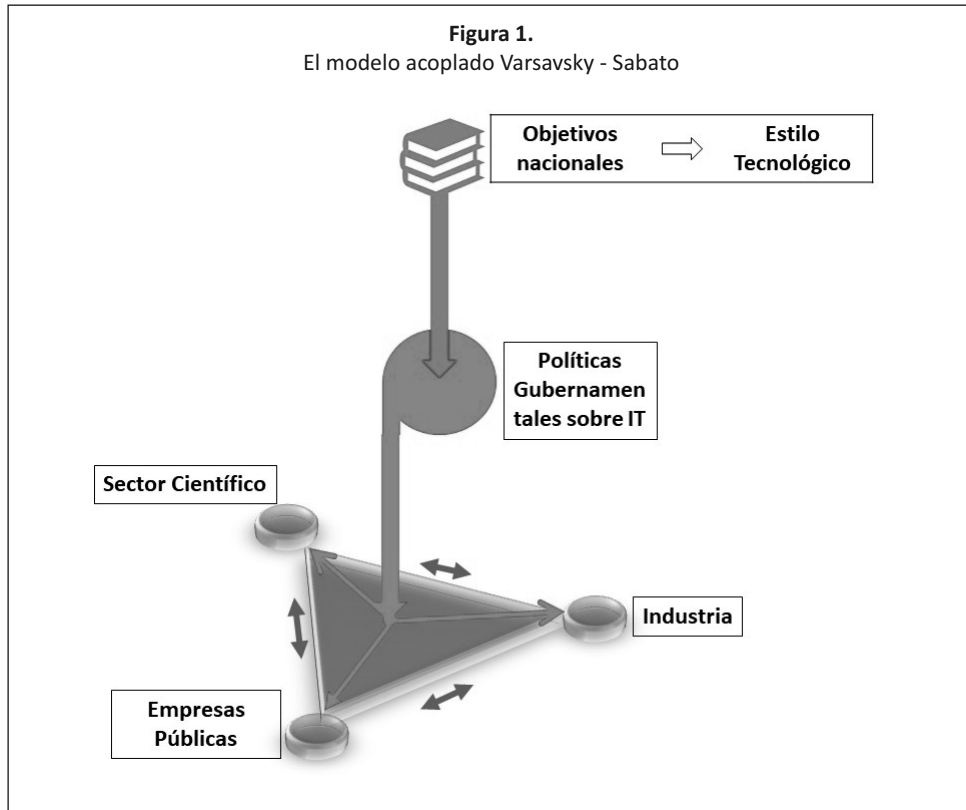
El triángulo de Sabato: los tres agentes –la administración gubernamental, el sector científico y la industria privada– están al mismo nivel, no hay jerarquía entre ellos.

La triple hélice: este modelo se desarrolla en referencias (Leydersdorff & Etzkowitz, 1996 y 2000; entre otras). Los tres agentes utilizados en el triángulo de Sabato ahora interactúan entre sí y se modifican a sí mismos debido a la interacción. No hay agente líder.

Innovación abierta: este modelo incorpora los mismos tres agentes, pero el líder es el sector de la industria privada (Leydersdorff & Ivanova, 2016). Está más orientado al análisis de los procesos de IT dentro de una empresa que al análisis de los procesos nacionales de IT.

El modelo acoplado

El modelo que hemos ensamblado se esquematiza en la **figura 1**.



En el modelo acoplado Varsavsky - Sabato (VS), las decisiones fundamentales de IT se generan aplicando los objetivos nacionales con sus ET asociados. Luego, esas decisiones se transforman en políticas gubernamentales de IT que se “bombear” a cada nodo del triángulo inferior en un proceso de arriba hacia abajo; cada uno de los nodos triangulares interactúa con los otros dos nodos. Con este modelo reconocemos que la administración del gobierno tiene el papel principal en la definición de los procesos de IT. Este criterio, como se discutió anteriormente, es compatible con el papel de los gobiernos actuales, ya sea en países altamente industrializados como en países en desarrollo.

Comentarios

1. Para los países altamente industrializados, en el nodo “industria” podemos ubicar GEMs y PYMEs. Sin embargo, en los países en desarrollo, este nodo normalmente está asociado a las PYMEs porque las GEMs operan recurriendo a la IT que desarrollan en el extranjero en su sede; por lo tanto, no son parte del sistema nacional de IT. También es importante notar que para los países en desarrollo el uso de tecnología no local por parte del sector privado de producción implica un flujo saliente de divisas debido al intercambio de bienes y dinero entre las sucursales de las empresas locales y no locales y también entre la sucursal local y los proveedores desarrollados en el extranjero y distribuidos por todo el mundo (no localización de las cadenas productivas en el país). Este comercio entre empresas es muy difícil de controlar por los Estados nacionales. También hay flujos salientes de divisas debido al pago de regalías (por lo general, las sucursales pagan regalías a la sede, independientemente de que sean la misma empresa) y también debido a los dividendos pagados por las sucursales locales a la sede (Dvorkin, 2017; Grondona, 2014).

2. Debemos señalar la relevancia de la interacción entre los nodos del triángulo. Por ejemplo, el desarrollo de la tecnología incorpora investigación científica pero excede largamente la investigación científica; tiene que incorporar el conocimiento pragmático acumulado en la “industria”, el conocimiento sobre la disponibilidad de materia prima y energía, sobre las especificaciones de la materia prima y su control de calidad, sobre la maquinaria de producción específica que se utilizará, sobre el sistema de calidad que puede asegurar repetitividad de las producciones de la serie, sobre la disponibilidad de energía y sobre los aspectos financieros del desarrollo.

4. Medición de los resultados de los sistemas de IT

En los casos en que el resultado del proceso de IT es un producto que representa una innovación absoluta, las patentes se pueden utilizar como una métrica para medir el aporte del sistema de desarrollo tecnológico, ya sea para el país completo o para una empresa específica. Sin embargo, con respecto al desarrollo de nuevos procesos, patentar no es siempre la opción preferida y en muchos casos se utiliza

la política de secreto industrial en lugar de registrar una patente; es decir, los desarrolladores solo evitan la difusión del conocimiento necesario para reproducir el proceso. En estos casos, la métrica a utilizar tiene que incorporar un balance ponderado de los recursos requeridos por el nuevo proceso en comparación con los procesos previamente existentes, del desperdicio de materias primas que produce el nuevo proceso (*scrap*), de las tolerancias de producción en la nueva salida del proceso, de los nuevos efectos ambientales del proceso, etc.

En casos de innovación local –por ejemplo, sustitución de importaciones en los países en desarrollo–, dado que no existen patentes para medir la producción del sistema IT, se deben considerar diferentes parámetros: por lo general, el más importante es el ahorro en divisas que a mediano y largo plazo producirá la innovación local (las de corto plazo generalmente requieren una inversión inicial importante en divisas [Ferrer, 2015]). También se deben considerar los nuevos trabajos desarrollados por la innovación local, etc.

5. Conclusiones

Se discutió un nuevo modelo desarrollado para describir los sistemas nacionales de IT; El nuevo modelo se basa en las contribuciones de Varsavsky junto con el conocido triángulo de Sabato e incorpora la acción de la administración gubernamental como la principal fuerza impulsora de los procesos de IT. El nuevo modelo es aplicable tanto a los países industrializados como a los países en desarrollo.

También se discute la medición de los resultados del sistema nacional de IT.

Referencias

Branscomb, L. M. (1993). *Empowering echnology - Implementing a U.S. Strategy*. Cambridge, MA: The MIT Press.

- Dvorkin, E. (2017). *¿Qué Ciencia Quiere el País? Los estilos tecnológicos y los proyectos nacionales*. Buenos Aires: Colihue.
- Etzkowitz, H., & Leydersdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from national systems and “Mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29, 109-123.
- Ferrer, A. (2015). *La economía argentina en el siglo XXI*. Buenos Aires: Capital Intelectual.
- German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy. (2019). *National Industrial Strategy 2030 - Strategic guidelines for a German and European Industrial policy*. Berlín.
- Gronдона, V. (2014). *Fuga de capitales IV Argentina, 2014. La manipulación de los precios de transferencia*. Cefid-AR.
- Harayama, Y. (2001). *Japanese Technology Policy: history and a new perspective*. RIETI.
- Herrera, A. (1973). La creación de tecnología como expresión cultural. *Nueva Sociedad*(6-9), 58-70.
- Institute for Security and Development Policy. (2018). *Made in China 2025*.
- Leydersdorff, L., & Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a triple helix of university-industry-government relations. *Science and Public Policy*, 23(5), 279-286.
- Leydersdorff, L., & Ivanova, I. (2016). “Open innovation” and “Triple helix” models of innovation: can synergy in innovation system be measured? *Journal of Open Innovations: Technology, market and Complexity*, 2(1), 1-12.
- Mazzucato. (2011). *The entrepreneurial state*. Demos. Recuperado de <https://www.demos.co.uk>.

Mazzucato, M., & Semieniuk, G. (2017). Public financing of innovation: new questions. *Oxford Review of Economic Policy*, 33(1).

Sabato, J. A., & Botana, N. (1975/2011). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América latina. En J. Sábato, *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires: Ediciones Biblioteca Nacional.

The Break Through Institute. (10 de diciembre de 2010). *Where good technologies come from: case studies in American innovation*. Recuperado de https://thebreakthrough.org/archive/american_innovation.

Varsavsky, O. (1974/2013). *Estilos Tecnológicos - Propuestas para la selección de tecnologías bajo racionalidad socialista*. Buenos Aires: MinCyT.

Wade, R. (2014). The paradox of US industrial policy: the developmental state in disguise. En *Transforming Economies. Making industrial policy work for growth, jobs and development* (págs. 379-400). Geneva: International labour Office.