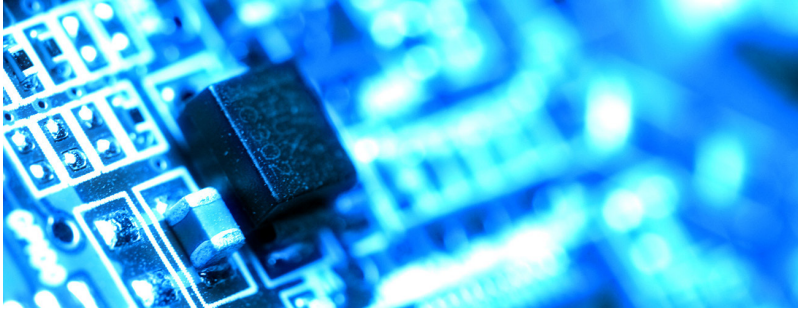


17. De Sadosky a Nasdaq: 30 años de instituciones de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en Argentina.*³⁰



Alejandro Artopoulos
(Profesor de la Universidad de San Andrés)

En 2014 se cumplieron 30 años ininterrumpidos de gestión de las instituciones de ciencia y tecnología por gobiernos democráticos en Argentina. En este año llegó a cotizar en Wall Street la segunda empresa de tecnología del país. Un logro importante para la Argentina, único país Latinoamericano en alcanzarlo. Nos preguntamos, ¿qué rol han jugado las instituciones de ciencia y la tecnología en la evolución de la industria? ¿qué pasó en la relación recíproca, de la industria con las instituciones? Es oportuno hacer un balance que ponga en perspectiva el aprendizaje institucional en el sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación del país y pensar críticamente cuáles son las claves para un desarrollo sustentable futuro.

³⁰ Una versión de este artículo fue preparado para el libro conmemorativo de la Cámara de Informática y Comunicaciones de la República Argentina, CICOMRA <http://www.cicomra.org.ar>

Introducción

Es difícil establecer un vínculo directo entre las empresas de tecnología y las capacidades acumuladas por las instituciones de ciencia y tecnología. La relación de de las empresas con las universidades y los institutos de investigación es difusa. La opacidad de sus conexiones aumenta cuando se observa este fenómeno en los países emergentes como la Argentina. Se explica mejor Google por Stanford que por cualquier empresa nacional por alguna universidad argentina.

Hay conexiones que son directas y están en el origen de la industria. Más allá del grado de internacionalización de las empresas es innegable que gran parte de los recursos humanos de las empresas argentinas se han formado en instituciones de educación superior que fueron moldeadas por las políticas y las economías de los últimos 30 años. Aun cuando no haya tesis doctorales, ni patentes, ni siquiera incubadoras o aceleradoras de negocios de por medio, en la mayoría de los casos las instituciones de educación superior son la fuente privilegiada del recurso clave de una industria de servicios informáticos, el talento humano.

Desde 1984 la Argentina ha transitado por etapas bien diferentes de evolución de las instituciones de la ciencia y la tecnología de la información y la comunicación. Entre 1984 y 1989 la refundación del campo de las ciencias de la computación, entre 1989 y 2001 la modernización sin informacionalización, y finalmente de 2002 a 2014 la internacionalización de la industria TIC. Cada una de ellas ha sedimentado capacidades producto de los distintos hitos de la historia de dichas instituciones.

Este artículo intenta contribuir a la discusión sobre el marco analítico necesario para pensar los procesos de construcción institucional de la innovación en Argentina en una de las industrias más dinámicas y de mayor crecimiento en el mundo, la de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Su importancia no solo radica en su pujanza sino que es la madre de las industrias basadas en el conocimiento y fuente de capa-

ciudades transversales para la economía en su conjunto. Por su condición de tecnologías habilitantes, son el motor del nuevo paradigma tecno-económico. En la industria TIC se encuentra entre otros sectores la explicación de procesos acelerados de desarrollo socioeconómico de los casos como Finlandia, Israel, Irlanda, Australia y Corea del Sur. (Perez, 1992)

Partimos del presupuesto básico de la obsolescencia de los modelos lineales de innovación. Aquellos que trazan una línea demarcatoria muy clara entre la investigación básica, la aplicada, la invención y la innovación, entre la academia, el gobierno y el mercado. Asumimos que nos enfrentamos al problema complejo de la gestión de la diversidad de los ecosistemas de innovación. En los cuales no está claro de donde parte la iniciativa emprendedora y como es su recorrido hasta arribar a la innovación. Como indica *Hughes* los pioneros de una nueva tecnología pueden ser empresarios, pero también líderes sociales, políticos, militares o científicos. En la medida que las tecnologías se complejizan son las alianzas entre dos o más de estos perfiles los que finalmente logran su cometido de introducir el producto tecnológico en la sociedad. El emprendedor no es una figura exclusiva del mercado. (Hughes 1987)

Ni el científico es el que detenta el monopolio de la producción de conocimiento. Stokes señala que el conocimiento ya no puede ser pensado como el producto exclusivo de la producción científica, sino que la evidencia muestra que existen diversas fuentes de producción de conocimiento, muchas de ellas sin formalización de métodos de investigación producto de la actividad económica basada en el conocimiento. Luego de la Segunda Guerra Mundial en forma creciente durante la modernidad tardía la distancia entre el conocimiento aplicado, o práctico y el conocimiento científico se achicó de tal forma que es difícil sino imposible distinguir uno del otro. Se trata de conocimiento científico cuya aplicación puede beneficiar a la sociedad. Conocimiento que se hibridiza en tanto las fuentes del mismo se combinan en forma interactiva entre ellas, sean estas científicas o no, creando complejas redes de conocimiento (Stokes 1997).

Nuestro argumento aquí es que los modelos complejos de innovación, como por ejemplo los *Sistemas Nacionales de Innovación* (Lundvall, 1992), explican el avance de los países mediante el concepto de *aprendizaje institucional* (Johnson, 1992). Entendemos *aprendizaje institucional* como aquel proceso por el cual las configuraciones de instituciones público-privadas de un país dedicadas a la formación, la investigación y la innovación acumulan las capacidades necesarias para afrontar el cambio técnico mediante “la adaptación y el cambio de sus marcos institucionales”, es decir autoreorganizándose y complejizándose. (Johnson 1992, 33)

Entendemos a las instituciones del desarrollo sociotécnico en un sentido “denso”. No solo incluimos a las instituciones consideradas por la economía institucionalista.³¹ Sino también aquellas que forman parte de un contexto concreto de una cultura determinada, como por ej. los emprendedores, que en el caso de Latinoamérica son una institución nueva. Nos preocupa cómo se crea nueva institucionalidad de una forma sustentable.

Nuestra metodología propone elaborar un marco analítico que contraste la relación de las instituciones existentes de investigación y de formación de recursos humanos con su entorno socio-económico a lo largo de la historia reciente de la industria de las tecnologías de la información y la comunicación, y pueda registrar la aparición de nuevas instituciones. El objetivo principal es identificar los *aprendizajes institucionales* por los cuales evolucionó la configuración institucional del sector TIC desde el modelo lineal de innovación hacia la aproximación a uno interactivo y cómo las representaciones de estos marcos institucionales en cada etapa determinaron diversas ideas sobre las actividades de ciencia y tecnología y por lo tanto marcaron diversos estilos de política científico-tecnológica para cada período.

³¹ Nos referimos a: hábitos, rutinas, costumbres, reglas, normas y leyes. “Toda forma de restricción que los seres humanos crean para dar forma a la interacción humana.” Como influencia externa sobre el comportamiento. Y las organizaciones que las corporizan: corporaciones y agencias estatales.

En primer lugar ejemplificaremos los conceptos de entramado sociotécnico (*sociotechnical seamless web*) y de aprendizaje institucional con casos de la historia reciente de países desarrollados. Luego repasaremos una propuesta de periodización de los acontecimientos destacados de la construcción de capacidades institucionales en los últimos 30 años en Argentina. Con una comparación analítica de las diferentes etapas, intentaremos reconocer los componentes estables de nuestro sistema de innovación de las tecnologías de la información. Para finalizar intentaremos identificar aquellos rasgos todavía están vacantes.

Hacia la interactividad institucional

La revolución digital de nuestro tiempo fue y está siendo construida por una incesante introducción al mercado de nuevos productos. El iPod (2001), Facebook (2004), YouTube (2005), Spotify (2006), el iPhone (2007), Google Chrome (2008). Estos productos dejan ocultos detrás de sus éxitos comerciales los aprendizajes institucionales que dieron lugar a las innovaciones técnicas que las precedieron. Detrás del iPod, Spotify y YouTube podemos encontrar el MP3, del Facebook y las redes sociales los grafos de los puentes de Königsberg, y detrás del Google Chrome el NCSA Mosaic. Las alquimias del nuevo milenio, entre las que encontramos la magia de la pantalla touch, la movilidad conectada, o la tecnología de vestir (*wearable technology*) parecen haber sido alumbradas por un olimpo de héroes, como la figura del inefable (y difunto) Steve Jobs, representados por primeros actores en películas de Hollywood. Las personas reales involucradas en los desarrollos que no llegan al teatro chino quedan en una zona gris que ocasionalmente son recuperadas por los medios en situaciones excepcionales. La mayor parte de las veces el sentido común actúa como Dolly (de Buscando a Nemo), borra toda la experiencia inmediatamente anterior al tiempo presente. Es decir no aprende. Por eso cuando pensamos en el desarrollo de la industria, nos preguntamos ¿porqué no tendremos un Steve Jobs

Argentino? Lamentablemente aún cuando contáramos con un “Maradona digital”, la pregunta está mal planteada, porque para ganar el equivalente informático de una copa mundial de fútbol se requiere además de personas talentosas un entramado institucional producto del aprendizaje acumulado. Si sondeamos la historia de la industria TIC encontramos detrás de la figura heroica del tecnoempresario, un valle profundo poblado por un ejército de anónimos investigadores, capitalistas de riesgo, políticos, tecnólogos, funcionarios públicos, militares, etc, etc, que experimentaron un sinnúmero de historias rotas de productos abandonados o discontinuados por su fracaso en el mercado, pero que jalonaron el eslabón necesario para sumar a un producto exitoso.

Si bien podríamos confundir este valle con el sitio geográfico característico de la industria TIC, el Silicon Valley, aquí estamos utilizando el término de una manera metafórica, que nos permite iluminar todas aquellas relaciones entre los actores que no están animadas por alcanzar los picos del afán de lucro ni por las máximas de la publicación académica e inclusive por los apremios de la acumulación del poder político. En el valle que separa la academia del mercado el ecosistema de instituciones de la innovación logra acumular capacidades que articuladas establecen puentes de relaciones de largo plazo.³² (*Hughes y Sheehan 1999, 33*)

³² Hughes y Sheehan (1999) luego de analizar los principales eventos de la innovación en TIC de los EEUU en un estudio del Computer Science and Telecommunications Board (CSTB) of the National Research Council encargado por National Science Foundation (NSF), junto a la ACM y el IEEE, afirman que “Muchos de los desarrollos que fueron impulsados por la competencia y la búsqueda del beneficio, hunden firmemente sus raíces en investigación financiada tanto por empresas privadas como por el estado. (...) A lo largo de los años, una particular mezcla de gobierno, industria y academia dieron origen a la innovación en informática.” En dicho estudio se examinan las innovaciones desde la Segunda Guerra Mundial en cinco áreas críticas: las bases de datos relacionales, Internet, teorías de la computación, inteligencia artificial y realidad virtual. En todos ellos, hitos determinantes de la historia de la innovación, se demuestran densas y continuas interacciones entre industria, universidades y gobierno en el desarrollo y la comercialización de las TIC.

Hughes identifica que las interacciones no son fruto del azar sino que son “*los esfuerzos gubernamentales de construcción de grandes sistemas tecnológicos (system-building) que hicieron avanzar la tecnología y crearon las comunidades de investigadores*”. Este esfuerzo tiene lugar en un laberinto de acciones emergentes de universidades, organismos estatales, y empresas que responden a estímulos de mercado, cambios en los campos del conocimiento y prioridades de políticas con iniciativas emergentes, o una fusión de ellos. Difícilmente se encuentre en EEUU una política homogénea y coherente que apoye la investigación precompetitiva, menos que estos esfuerzos sean anónimos. Siempre detrás de los esfuerzos institucionales hay emprendedores gubernamentales. Quizá el más destacado de la historia norteamericana haya sido Vannevar Bush, el fundador del Sistema Norteamericano de Innovación. (CSTB 1998, 8)

En Europa Continental, en el modelo interactivo de innovación de raíz re-nana, el rol del estado fue mucho más claro. Allí los estudios sociales de la innovación han identificado a este valle como el “valle de la muerte”. Ya que cuando no existe una infraestructura institucional densa y emergente producto de la iniciativa individual³³ que soporte a la investigación aplicada (como sucedió en el caso Norteamericano), los países sufren de muerte súbita de sus innovaciones. Por lo tanto si no se diseñan desde el Estado la soluciones para cubrir el hiato entre mercado y academia no hay posibilidad de sostener un *Sistema Nacional de Innovación*.

El término “valle de la muerte” se utiliza para describir el período en el desarrollo de un producto o servicio en que la innovación es precaria. Es

³³ Es común observar en los campus universitarios norteamericanos las huellas de estas iniciativas individuales de la inversión social en la innovación. Por ejemplo, en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign el industrial Arnold O. Beckman contribuyó con \$40 millones de dólares para la fundación del Instituto Beckman de Ciencia Avanzada y Tecnología dedicado a la investigación interdisciplinaria aplicada. Una innovación institucional que facilita el aprendizaje de las nuevas reglas de desarrollo tecnológico. Es difícil encontrar este tipo de fenómenos en países emergentes. www.beckman.illinois.edu consultado en 14.nov.2014

el hiato entre la investigación básica, en la cual se formula el prototipo, y la investigación aplicada, en la cual se obtiene un producto aceptado en el mercado. En este período es cuando se requiere una inversión de riesgo, que no aparece cuando se lo evalúa solo en términos comerciales estándar o con criterios de investigación académica, y por lo tanto se decreta su sentencia de muerte. (Frank et al. 1996)

Entre los países desarrollados de Europa, solo los que responden al patrón de desarrollo llamado “renano” han establecido políticas consistentes y explícitas de apoyo a institutos de gran escala como el Fraunhofer (Alemania), TNO (Holanda) o VTT (Finlandia). Estos institutos cuentan historias que bien nos pueden ayudar para entender los mecanismos más evolucionados y globalizados de la innovación. Una de ellas es la historia del iPod.

El 22 de octubre de 2001 fue presentado en sociedad el iPod, el reproductor de audio digital que con el iTunes Store, lanzado en 2003. iPod y iTunes Store constituyeron el tandem necesario para revolucionar no solo la industria de la música, sino también las telecomunicaciones y, con la computación en la nube, toda la industria de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

La experiencia iPod/iTunes fue fundamental para que Apple ganara experiencia en los dispositivos móviles y finalmente lanzara el primero de los modelos de teléfono inteligente del mercado en 2007, el iPhone. Como dijimos esta es la historia del escenario. Detrás del mismo, esta historia nos remonta aguas arriba a Napster, Napster al formato MP3 y él al Instituto Fraunhofer de Alemania.

Napster fue uno de los servicios de distribución de archivos de música en formato MP3 más populares de los tiempos del boom de Internet. Lanzado en 1999, ese mismo año varias empresas discográficas le iniciaron juicio. Cuando todavía la idea de la nube era solo una utopía, Napster fue la primera gran red P2P. En el pico de su popularidad en 2001 con más de 26 millones de usuarios, las discográficas ganaron el juicio, se cerró el sitio y

iTunes se consagró como la primer tienda de música digital legal.

Este cambio radical no hubiera sido posible sin las investigaciones en compresión digital de Karlheinz Brandenburg, director de tecnologías de medios electrónicos del Instituto Fraunhofer IIS. Brandenburg había comenzado la investigación de codificación de audio en la Universidad de Erlangen-Núremberg en 1981, y luego pasó al instituto. En 1992 el MPEG-1 layer 3, más conocido como MP3, se convierte en estándar internacional. En las raíces de cada cambio radical de la tecnología encontramos personajes “olvidados” que trabajaron en instituciones de tecnología como la Sociedad Fraunhofer.

Es una de las joyas de la alemania unificada. Emplea a 23.000 empleados distribuidos en 66 institutos esparcidos por toda Alemania, cada uno con una especialización en un campo diferente de las ciencias aplicadas.³⁴

La historia del Ipod no solo cuenta como la globalización de la tecnología amplía el proceso interactivo que hace a los países componentes discretos de un sistema de innovación global, pone también nuestra atención en formas institucionales evolucionadas como el Instituto Fraunhofer. La Sociedad Fraunhofer es la organización de investigación aplicada que a muchos países le gustaría tener. De hecho Obama ha lanzado una iniciativa para emularla en EEUU.³⁵ Su aporte radica en que actúa como facilitador de la inversión privada. Si bien es gestionado por el Estado Federal su

³⁴ La Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung, Sociedad Fraunhofer para el avance de la investigación aplicada, fue fundada por el gobierno federal en 1949 para cubrir el espacio vacío del “valle de la muerte”. Su nombre se eligió en honor a Joseph von Fraunhofer (1787-1626), el multifacético científico del campo de la óptica, que también demostró dotes de ingeniero y emprendedor, lo cual refleja el espíritu y visión de la Sociedad. Descubrió las “líneas de Fraunhofer” en el espectro óptico de la luz del sol, inventó un nuevo método de manufactura de lentes e inició un negocio de producción de vidrio para microscopios y telescopios. Gracias a los extraordinarios instrumentos ópticos que había desarrollado, Baviera sustituyó a Inglaterra como referencia en la industria óptica.

³⁵ <http://www.lanacion.com.ar/1697821-el-secreto-del-poderio-industrial-aleman> consultada en 3 de julio de 2014.

financiamiento sólo depende en un 30% del mismo, el resto se obtiene de contratos tanto con privados como con oficinas públicas.

Los países emergentes como la Argentina donde la inversión del Estado en I+D es de un 70% vs. 30% del sector privado, no disponen de 70% de inversión privada en I+D, ni tampoco de equivalentes locales del Instituto Fraunhofer (Chudnovsky et al 2000, 226). Este aprendizaje institucional avanzó hasta la fecha en muchos aspectos esenciales como el desarrollo de la educación superior y la investigación, la promoción de las exportaciones, la legitimación de los emprendedores domésticos y los exportadores. Pero no se evolucionó a los ecosistemas interactivos que incluyen los componentes demanda de investigación privada, financiamiento de riesgo, promoción de sectores específicos, sector público con proyectos ambiciosos que derramen en el sector privado, de universidades que sean el centro de regiones basadas en el conocimiento, e incluso una reforma de la educación media que la incorpore a la economía creativa basada en el conocimiento. (Arocena & Sutz 1999; Cassiolato & Lastres 2000)

El Proyecto de Sadosky

Los orígenes de las instituciones de la informática académica se remontan a 1960 cuando Manuel Sadosky funda del Instituto de Cálculo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y se constituye el primer programa en docencia e investigación de Ciencias de la Computación.³⁶ (Wachenchauser 2014, 71)

³⁶ En este período también se registra avances en el campo de la electrónica. La construcción de la primera computadora experimental de Latinoamérica, la Cefiba, por el grupo dirigido por Humberto Ciancaglini en la Facultad de Ingeniería de la UBA entre 1958 y 1962; el avanzado proyecto de construcción de la computadora Ceuns en la Universidad Nacional del Sur bajo la dirección de Jorge Santos entre 1960 y 1962. (Jacovkis 2006) Este período se cierra con la llamada “Noche de los bastones largos”, en la cual casi todos los investigadores del Instituto de Cálculo junto con las autoridades de la Universidad renunciaron. Algunos que no marcharon al exilio se refugiaron en los pocos espacios que dejó el sector privado. La experiencia de la División Fate Electrónica a comienzos en la década del '70 que incluyó el diseño y construcción de las calculadoras Cifra, fue truncada por la política de apertura económica del gobierno

Luego de su exilio, Raúl Alfonsín, lo nombró en el cargo de Secretario de Ciencia y Tecnología, que podemos considerar la refundación del campo de las Ciencias de la Computación en la Argentina. Su nombramiento fue uno de los actos más innovadores de la política científica-tecnológica de Latinoamérica. Nunca más, ni antes ni después de Sadosky, un informático llegó a la máxima responsabilidad de la Ciencia y la Tecnología de la Argentina. Durante toda la historia la cartera de Ciencia y la Tecnología estuvo dominada por los profesionales e investigadores de las Ciencias de la Vida. (Artopoulos 2013)

Sadosky se comportó como un constructor de sistemas tecnológicos (*system-builder*) dirigiendo la mejora de calidad de la formación en el sector TIC mediante la creación de la infraestructura de soporte para la investigación en el área. (Hughes 1987). Dado que no había casi investigadores en el área entrenados en aquel momento elaboró un plan en el cual se actualizaron los planes de estudio, se ofreció un programa de becas de investigación y la convocatoria de investigadores visitantes. (Wachenchauzer 2014, 72) Es pertinente también mencionar que muchos investigadores, que como Sadosky se habían tenido que exiliar, volvieron al país en los años subsiguientes a 1983. La apertura democrática fue un momento de inyección de talento intelectual de la diáspora política en muchos campos del conocimiento. Las universidades recibieron miles de investigadores y docentes formados en las mejores universidades del mundo o que lideraron sus campos de estudio en otros países hispanoparlantes. (Nemirovsky & Yoguel 2004)

En este contexto de nuevo impulso a las ciencias de la computación se creó en 1985 la *Escuela Superior Latinoamericana de Informática (ESLAI)*. Constituyó el primer establecimiento de estudios superiores en el área de informática con la misión de formar investigadores con currículas actua-

militar. (Queijo, 2008)

lizadas. Este programa de tres años fue financiado principalmente por la Oficina Intergubernamental para la Informática (IBI) organización intergubernamental para la Informática de las Naciones Unidas.³⁷ (Aguirre 1993) Cuando la ESLAI cerró sus puertas en 1990 dejó un legado que influyó en los planes de estudio de muchos programas de Ciencias de la Computación de Argentina y en otros países de América Latina, particularmente en Uruguay. En particular su influencia se pudo encontrar en la Universidades de Río Cuarto, Córdoba, Buenos Aires y Tecnológica Nacional. Y dejó sentadas las bases para alcanzar la autonomía tecnológica, mediante la formación de doctores, el primero se doctora en 1994, y la generación capacidades propias para evaluar y transferir tecnologías de la mano del modelo de transferencia del LIFIA (Wachenchauser 2014, 72)

Por otro lado en la década del ochenta aparecen los emprendedores domésticos capaces de crear productos de software en base al dominio de las nuevas tecnologías disponibles bajo los nuevos paradigmas de la computación personal y las bases de datos relacionales para sistemas operativos UNIX. Emprendedores como Carlos Pallotti o Félix Racca con formación universitaria y una visión de negocios propia dan cuenta del origen de una nueva institucionalidad de emprendedor tecnológico típico de la sociedad de la información. (Portes, 2008)

Aquí la transferencia de tecnología de la industrialización por sustitución de importaciones³⁸ fue superada ya que además de utilizar tecnologías

³⁷ El diseño de la ESLAI siguió la idea que habían aplicado los físicos nucleares argentinos para lograr rápidamente una formación de grado de excelencia a través del Instituto Balseiro creado en 1955 mediante un convenio entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Universidad Nacional de Cuyo. En este caso se trataba también de crear una escuela de grado que otorgara becas a un limitado número de estudiantes para realizar los tres últimos años de su carrera como estudiantes con dedicación exclusiva, en un ambiente de excelencia. Los egresados podrían satisfacer las necesidades más inmediatas, alcanzar formación de posgrado y por un proceso de difusión calificar al sistema académico en general. (Aguirre 1993)

³⁸ La sustitución de importaciones siguió funcionando solo en la electrónica local que se enfrentó a un mayor grado de globalización y penetración de importaciones. En estos años se registra la aparición de productos como las microcomputadoras MSX-Ta-

desarrolladas en economías avanzadas su adaptación mediante del desarrollo de nuevos conocimientos aplicados a innovaciones incrementales, encontramos el desarrollo de productos propios. (Katz, Kosacoff, 1998: pp. 488). Katz y Kosacoff señalan que uno de los pilares del régimen de innovación sustitutivo fueron fue las asimetrías de información respecto de una gran cantidad de conocimiento tácito de los procesos productivos. (Katz, Kosacoff, 1998: pp. 492) El nuevo paradigma informacional supera esta barrera al acceder a información clave explícita. Ambas ventajas se empiezan a diluir gracias justamente a la masificación del uso de las tecnologías de la información. La difusión de las tecnologías de la información y la comunicación, permitió acceder a la información faltante. Los casos de emprendedores altamente dinámicos y bien formados que mencionamos son un nuevo fenómeno para la Argentina. Como diría Hughes, este nuevo *sistema tecnológico* requiere de un nuevo tipo de *constructor de sistemas (system builder)*. (Hughes 1987)

En este período fueron dominantes las ideas del físico argentino Jorge A. Sábato, que proponían el estímulo de un “círculo virtuoso” capaz de poner a la ciencia y la tecnología al servicio del desarrollo. (Sábato & Botana 1968) El “triángulo de Sábato” imaginaba romper la ausencia de demanda de investigación y desarrollo, mediante la sinergia entre empresas estatales, gobierno y academia. Esta ecuación no excluía al sector privado nacional pero consideraba que no era lo suficientemente grande como para ser un actor con peso propio. Sin embargo las empresas estatales TIC como ENTEL y otras con I+D en el área como CNEA, Fabricaciones Militares e YPF no tuvieron la capacidad de alcanzar la sinergia que el Triángulo de Sábato pretendía. (Arocena & Sutz 1999).

lent, Commodore, Texas Instrument (marcas para la memoria) (Queipo 2008).

La Era de la Información

La década del noventa se caracterizó por la apertura de la economía, la ausencia de políticas activas de promoción industrial y la discontinuidad de los proyectos públicos de Investigación y Desarrollo. La modernización de la infraestructura de tecnologías de la información y la comunicación via privatizaciones e inversión extranjera directa, provocó una explosión de consumo de tecnología y por lo tanto el estímulo para el desarrollo de una industria TIC local pensada para la adaptación tecnológica y la integración a las cadenas de valor TIC globales.

Se trata del período de la apertura del mercado de telefonía celular, la instalación y expansión de internet, y la introducción masiva a la computación personal. La modernización de las grandes empresas del estado privatizadas, constituyeron una tracción de demanda para grandes proyectos tecnológicos. En particular en el mercado de la energía y la exportación de commodities. Este mercado dio lugar a una proliferación de Pymes tecnológicas de cuño local. Este período registra una segunda generación de empresas nacionales destacadas que desarrollaron sus ERP nacionales con perspectiva regional o bien fueron representantes líderes regionales de ERP de clase mundial.

En este contexto el 30 de julio de 1990, tras la fusión de Cámara de Empresas de Software (CES 1980) con la Cámara Empresaria de Servicios de Computación (CAESCO), surge la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos (CESSI), que nuclea a grandes, medianas y pequeñas empresas del sector informático. Este período se caracteriza por el ingreso a la era de la información de la estructura productiva y financiera y la instalación de la infraestructura para la masificación del uso de las TIC. El servicio de Internet iniciado por la CNEA en 1991, fue continuado por Startel en 1993, la primera empresa comercial. En 1998 llegó el NAP (Network access point) al país. (Guillén & Suárez 2001)

El espíritu emprendedor de Internet en Argentina se encendió con el boom

.com. Algunas estimaciones indicaron que alrededor de 350 de las 600 empresas de Internet de América Latina se fundaron en Argentina. Las nuevas empresas exitosas en su mayoría fueron adquiridas por grandes actores multinacionales dada la ausencia de una masa crítica de capitalistas de riesgo estable y maduro, muchos startups exitosos terminaron siendo fusionados con grandes empresas extranjeras. (Guillén & Suárez 2001)

La aparición de nuevos emprendedores .com como Santiago Billinkis o Marcos Galperín van a legitimar un nuevo tipo de emprendedor tecnológico que son la evidencia de un proceso virtuoso de estabilización de la nueva industria basada en el conocimiento. Estos emprendedores también marcan la diferencia con los típicos emprendedores de la etapa sustitutiva. Sus modelos de negocios no dependen del mercado interno, y son generadores de grandes cantidades de empleo de calidad. Observamos aquí el patrón de una nueva institucionalidad de un tipo de emprendedor global e informacional. (Portes, 2008)

Modernización del Estado

Bajo la lógica de la transferencia directa de tecnología desde los países avanzados tanto como importadores como proveedores de insumos para las cadenas de valor globales, el crecimiento vegetativo de los cuerpos académicos no hayan sufrido stress. Las universidades que siguieron los pasos pudieron aprovechar la oportunidad del programa FOMECA, Fondo de MEjora de la Calidad de la enseñanza de grado, de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, para ganar impulso. El FOMECA contribuyó a que varias universidades nacionales graduaran, comenzando prácticamente desde cero. Los egresados de carreras de grado en Informática pasaron de 1,74% del total en 1984 a 5% en 1998.

Durante este período fue cuando se recogieron los frutos de los esfuerzos de la refundación democrática del campo. Entre 1995 y 2005 se graduaron 80 doctores en ciencias de la computación, elevando sensiblemente el nivel

de numerosas carreras y consolidando una comunidad académica en la disciplina.

Este período se caracteriza por la construcción institucional *laissez faire*. La informacionalización quedó sometida a la iniciativa del sector privado. Aspecto que quedará en evidencia con la explosión de actividad en cámaras y foros sectoriales durante el período posterior a la crisis del 2001. La modernización de la estructura productiva y el sector público si bien estimuló el consumo de tecnología no trajo consigo la oportunidad de inserción en el modo de producción informacional. (Castells 2006, 7)

El Estado reformó sectores operativos claves como la AFIP o el ANSES, dejando sin modificar sustancialmente el aparato estatal en su modo racional y burocrático de la era industrial. Sectores estratégicos como el Educativo, el de la Investigación Aplicada y el de la Promoción de la Internacionalización de Empresas fueron retocados con reformas cosméticas.

La creación de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica que abrió la puerta a la financiación de los proyectos de innovación de las empresas, tuvo un impacto limitado ya que no tuvo una agenda dedicada al sector TIC, ni estuvo dedicada a promover a investigadores aplicados.

Caso LIFIA: El valle en reversa

El caso a destacar de este período es el Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA) de la Universidad Nacional de La Plata. Respondiendo a las necesidades y las exigencias de la época, recorrieron el valle de la investigación aplicada en sentido inverso. Es decir, en vez de sufrir los embates y sinsabores del tecnólogo que no consigue apoyo para sus ideas, en este caso se trata de científicos que ante la necesidad de subsistir en un sistema universitario expuesto a la mercantilización de servicios, desplegó servicios de investigación aplicada ofreciéndolos a una industria TIC ávida de actualización tecnológica en áreas especi-

ficas: Ingeniería Web, Computación Móvil y Ubicua, Teoría y Métodos Formales, Ambientes Colaborativos y Web Semántica.

Logró mantenerse como una “*isla de excelencia*”, manteniendo líneas de investigación originales, publicaciones en *journals* de primer nivel e intercambio y colaboración con otros laboratorios alrededor del mundo, desarrollando formación de grado y de postgrado en forma consistente y, al vez, consolidado una relación sólida con el sector productivo. (Lopez et al 2002)

Inicialmente fueron las limitaciones de financiamiento para el desarrollo de programas de investigación en informática las que los condujeron a buscar ingresos mediante prestaciones de servicios. La capacidad de los investigadores de apropiarse y aprender rápidamente de las tecnologías de frontera aún no incorporadas por el mercado, ni aun por quienes en ese momento, a principios de los noventa, aparecían en la vanguardia de la industria del software. Por ejemplo la tecnología orientada *a objetos* en la programación³⁹. En este sentido el LIFIA actuaba como *probadora (early adopter)* en un mercado periférico como el argentino y cumplía con una función específica en los procesos de difusión, transferencia y adaptación de tecnologías.

Si en los ochenta se recuperó la construcción del campo de las ciencias de la computación pero no se pudo poner en marcha el mercado local de

³⁹ La Programación Orientada a Objetos (**POO** u **OOB** según siglas en inglés) es un paradigma de programación que define los programas en términos de “clases de objetos”, entidades que combinan *estado* (es decir, datos), *comportamiento* (esto es, procedimientos o *métodos*) e identidad (propiedad del objeto que lo diferencia del resto). La programación orientada a objetos expresa un programa como un conjunto de estos objetos, que colaboran entre ellos para realizar tareas. Esto permite hacer los programas y módulos más fáciles de escribir, mantener y reutilizar. Difiere de la programación estructurada tradicional, en la que los datos y los procedimientos están separados y sin relación, ya que lo único que se busca es el procesamiento de unos datos de entrada para obtener otros de salida. http://es.wikipedia.org/wiki/Programaci%C3%B3n_orientada_a_objetos, consultado el 16 /1/06.

tecnología, en los noventa registró un crecimiento de la formación de recursos humanos capaces de sofisticar la gestión de las tecnologías importadas mediante la investigación aplicada y el desarrollo de proyectos, el I+D. El caso del LIFIA muestra como de hecho cuando las instituciones académicas se hacen sensibles a las necesidades de la sociedad, el estado y la economía todos salen beneficiados. Desde 1988 desarrollo proyectos de modernización en diversas áreas del Estado. En 2010 el LIFIA va a ser el responsable del desarrollo del Ginga.ar, la plataforma de software de la Televisión Digital Abierta (TDA).

El LIFIA recorrió el modelo lineal de innovación contracorriente o como decimos en el título el valle de la muerte en reversa. Ya que lo hizo no como resultado de una planificación estatal al estilo Fraunhofer sino producto de una estrategia emergente de supervivencia. Siendo el semillero de reconocidas consultoras spin-off del LIFIA

Una mejora sustancial en la academia de la formación de recursos humanos tanto en cantidad como calidad. En particular en la actualidad de los contenidos de su formación. Sin embargo esta mejora no pudo ser aprovechada “aguas abajo” porque contrariamente a esta tendencia durante el mismo período se desarticuló el sistema de enseñanza técnica en el nivel medio. (Baum et al. 2008).

Movimiento y Estado

El aprendizaje institucional en este período posterior a la crisis del 2001 se registra en tres frentes relacionados. Por primera vez emergió un consenso acerca de la importancia debatir el futuro del sector mediante un movimiento de la sociedad civil que nació en el seno del colectivo empresario y luego se extendió a otros actores. En segundo lugar, y como consecuencia de lo anterior, el despliegue de políticas públicas destinadas al sector, que ganó protagonismo en la agenda pública. Y por último el descubrimiento del costado global de la industria para todos los actores de las configuraciones de las instituciones TIC.

La característica saliente del *aprendizaje institucional* luego de la crisis del 2001 fue la necesidad de poner en la agenda pública el desarrollo de la industria TIC. Gracias a esta “militancia” de empresarios, académicos y políticos se cambiaron marcos de la representación del sector en los espacios públicos en donde se gestan las políticas del sector. Entre ellos podemos mencionar a los Foros de Competitividad Sectorial en Economía, el Programa PNUD de Cancillería⁴⁰, las leyes 25.856, de Declaración como Industria a la producción de Software, y la Ley 25.922, de Promoción de la Industria del Software. Leyes que dotaron al sector de un marco normativo y referencial que no sólo generó ventajas de orden impositivo, sino que lo han identificado como una de las áreas económicas más dinámicas del país y con mayor proyección. Por lo cual se creó en FONSOFT, Fondo Sectorial del Software, y la Fundación Sadosky, una nueva institución dedicada a promover proyectos estratégicos de investigación aplicada.

En el nuevo contexto post-devaluación la industria TIC, beneficiada por el nuevo tipo de cambio, creció en un promedio anual superior al 20%. Hasta el punto de temer por una “guerra de talentos” por el agotamiento de los recursos humanos formados disponibles. Lo cual generó iniciativas de estudios, como el trabajo de Prince para Cicomra (2007). Finalmente

⁴⁰ Como resultado de este movimiento se desarrollaron los Foros de Competitividad TIC en el ámbito de la Secretaría de Industria del Ministerio de Economía a fines de 2003, que logró convocar a los principales actores empresarios, gubernamentales y académicos y, luego de 9 meses de debate, publicó el “Libro Azul y Blanco” en el cual se propuso un Plan Estratégico sectorial de diez años y un Plan de Acción 2004-2007 que se encuentra en ejecución, aunque de manera parcial. También se creó un Programa PNUD de Apoyo a las exportaciones de Software y Servicios Informáticos en el ámbito de la Cancillería y Fundación Exportar.

^{Por} otra parte el Fondo para la Mejora de la Enseñanza de la Informática (FOMENI) cuya actividad principal fue la coordinación, planificación y evaluación de la actividad de los distintos organismos públicos y el sector privado, vinculados a la formación y perfeccionamiento de los recursos humanos en un amplio espectro de niveles de capacitación, incluyendo la enseñanza media, la formación profesional, hasta la educación de posgrado. Participaron del mismo la Secretaría de Políticas Universitarias, el Instituto Nacional de Educación Técnica, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Secretaría de Empleo del Ministerio de Trabajo, la Secretaría de Industria y la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos.

este conato de conflicto entre empresas no tuvo lugar debido al aumento en dólares de los costos laborales y el retiro de muchos proyectos de exportación de servicios. Pero dieron lugar a la fundación de nuevos órganos de representación empresaria como ARGENCON, la Cámara de Empresas Exportadoras de Servicios basados en el Conocimiento. (Artopoulos 2003a, b, c)

El proceso de globalización desde Argentina, que se inició en la década del noventa con las masivas inversiones producto de las privatizaciones y los proyectos de infraestructura, se escaló en el nuevo milenio con un aumento considerable de las exportaciones de servicios TIC, la inversión extranjera directa en I+D, la aparición de empresas nacidas globales “born-global” y cambios en la estructura de representación del empresariado.

Se instalaron en Córdoba centros de desarrollo de las compañías multinacionales Motorola e Intel son contribuciones pero no han cambiado las líneas generales del tradicional relación universidad - empresa. Este fenómeno no estuvo circunscripto solo a las empresas del sector TIC. También podemos encontrar el caso de referencia el sector de Oil & Gas, la industria vitivinícola, la industria de medios, entre otros. Que también actuaron en el mercado interno elevando las exigencias de los estándares de calidad de los proveedores TIC. (Artopoulos 2009, 2012; Artopoulos et al 2013)

Las empresas nacidas globales “born-global” del sector TIC aprovecharon las ventajas que presentaba Argentina en cuanto al acceso a recursos humanos formados y con capacidad de interactuar en entornos de negocios internacional, un mercado doméstico que sirvió como trampolín para proyectos de internacionalización, cuando la devaluación del peso del 2002 redujo dramáticamente los costos medidos en dólares. Por lo tanto cambiaron el patrón especialización sustitutiva de la previa generación de emprendedores dedicados al desarrollo e implementación de ERPs gracias a la protección natural del conocimiento doméstico sobre regulaciones contables y los requerimientos de gestión local, por un nuevo patrón de competitividad global que requirió nuevos estándares de calidad y diseño

continuo y renovado de servicios. (Chudnovsky & López, 2005)

Resuelta la fórmula del nuevo modelo de negocios enfrentaron tres tipos de dificultades 1) la financiación del proceso de crecimiento acelerado, 2) el acceso las redes de contacto y las oportunidades de negocios, 3) la provisión constante de recursos humanos calificados.

Dada la escasa presencia local de medios de financiamiento de la inversión de riesgo tecnológica, ni de una diáspora capaz de dar soporte a la extensión de lazos de arraigo internacional, las dos primeras dificultades encontraron solución en socios e instituciones internacionales de soporte a emprendedores, como *Endeavour*. Esta ONG de origen norteamericano fue un actor relevante en muchos de los casos. Otra forma de solucionar estas dificultades fueron las propias capacidades de los emprendedores o constructores de sistemas (*system-builders*).

Conclusiones

A treinta años de la puesta en marcha del Proyecto de Sadosky podemos decir que fue determinante la constitución del campo de conocimiento autónomo basado en la investigación y la expansión de la formación en el nivel superior. El proceso de *aprendizaje institucional* entre 1984 y 1994 permitió disponer de un sistema de formación profesional basado en currículos actualizadas y el norte de una agenda de investigación, pasando de 400 egresados en 1984 a más de 4.000 anuales en la actualidad. No habría sido posible que empresas argentinas hubieran llegado a cotizar en Wall Street sin una provisión de profesionales en cantidad de nivel internacional. En cuanto a la relación recíproca de la industria con las instituciones públicas podemos también observar una evolución positiva. Desde posiciones típicas de las estrategias sustitutivas con ausencia de demanda de investigación y conocimientos específicos, tres generaciones de emprendedores, doméstica, regional e global, pasaron de sofisticar la oferta sustitutiva, escalear la montaña .com, a dominar mercados internacionales.

Este otro aprendizaje institucional de legitimar al actor privado ante la sociedad es otro aspecto destacable. El actor empresario ha pasado de ser un anónimo entre la población de sectores económicos a tener lugares de privilegio en la agenda pública de las políticas industriales. Esto se logró porque emprendedores de nueva generación dejaron atrás el “no te metás” constituyeron una nueva institucionalidad de ser emprender, los Pioneros Informacionales en Argentina. Pequeños Steve Job que ascendieron en la escala del prestigio social. En cada caso tenemos un *system-builder* de algún segmento del mercado TIC. De ahí que podamos registrar una cierta interactividad entre el Estado y el sector privado en relación a proyectos estratégicos.⁴¹ Sin embargo, posiblemente debido al poco recorrido de este aprendizaje, no podemos afirmar ya la existencia de un ecosistema de innovación.

El aprendizaje institucional avanzó hasta la fecha en muchos aspectos esenciales como el desarrollo de la educación superior y la investigación, la promoción de las exportaciones, la legitimación de los emprendedores domésticos y los exportadores. Pero no se evolucionó hacia una demanda de investigación aplicada público-privada, el establecimiento de un sistema financiero de riesgo, la promoción de sectores específicos, sector público con proyectos ambiciosos que derramen en el sector privado, de universidades que sean el centro de regiones basadas en el conocimiento, e incluso una reforma de la educación media que la incorpore a la economía creativa basada en el conocimiento. (Arocena & Sutz 1999; Cassiolato & Lastres 2000)

El rol de las instituciones hasta la fecha fue difuso porque la acumulación sedimentaria de capacidades no alcanzó para superar el modelo lineal de innovación. El sistema de ciencia y tecnología sigue privilegiando la investigación básica, sin una agenda consistente de investigación aplicada TIC,

⁴¹ Por ejemplo la IED como resultado de una política pública provincial en Córdoba. O la investigación aplicada planificada en la Fundación Sadosky, la Fundación Argentina de Nanotecnología, el Proyecto de TDA con Ginga.ar, la Tecnópolis del Sur en Bahía Blanca o YPF Tecnología S.A.

es decir, fundar un Instituto Fraunhofer TIC en Argentina. Es por eso que pese a una efervescente actividad emprendedora el valor de las empresas generadas es capturado inmediatamente por sistema de capitalismo de riesgo global. La brecha existente entre una idea o prototipo y el desarrollo de un negocio sustentable cuando no hay capacidad de financiamiento doméstico corre el riesgo de perderse en forma sistémica.

Un aspecto a señalar y tener en cuenta fue el ritmo del *aprendizaje institucional*. Diez años le tomó a Sadosky reconstruir el campo de investigación TIC. En tanto otros diez años tomó el ascenso de la generación de emprendedores-pioneros globales. Por lo tanto es dable esperar que las dificultades de hoy, como la necesidad de un cluster de capital de riesgo, de institutos de investigación aplicada, o una reforma profunda de escuela media tengan un período de incubación similar.

Bibliografía

Aguirre, Jorge (1993): *La ESLAI: advenimiento, muerte prematura y proyección*. SADIO, WP Nro 8.

Arocena, R., & Sutz, J. (1999): “Mirando los sistemas nacionales de innovación desde el sur”, Ponencia presentada en la Conferencia ‘*Sistemas Nacionales de Innovación, Dinámica Industrial y Políticas de Innovación*’. Danish Research Unit Industrial Dynamics en Rebild, Dinamarca.

Artopoulos, A. (2009). *Sociedad del conocimiento en Argentina: el caso de una empresa-red*, TENARIS. Redes, 15(29), 241-276.

Alejandro Artopoulos (comp.) (2012) *La Sociedad de las Cuatro Pantallas*. Fundación Telefónica / Universidad de San Andrés / Editorial Ariel.

Artopoulos, A (2012) “Capítulo 6: Cuando el desarrollo crea conocimiento: EL CASO TECNA”. Ernesto Gore. *El próximo management*. Buenos Aires: Granica. 2012. p145 - 182. isbn 978-950-641-639-3

Artopoulos, A (2013a) “Globant: la reticulación como oportunidad en Innovar en Argentina”, en Hernán Thomas, Guillermo Santos y Mariano Fressoli (comps.): *Seis trayectorias empresariales basadas en estrategias intensivas en conocimiento*. Editorial Lenguaje Claro. Carapachay.

- Artopoulos, A. (2013c). *Vías de internacionalización de la Industria Argentina de Software: El caso de Core Security Technologies*. H-industri@, (8).
- Artopoulos, A., Friel, D., & Hallak, J. C. (2013). "Export emergence of differentiated goods from developing countries: Export pioneers and business practices in argentina". *Journal of Development Economics*, 105, 19-35.
- Barr, S. H., Baker, T. E. D., Markham, S. K., & Kingon, A. I. (2009). Bridging the valley of death: Lessons learned from 14 years of commercialization of technology education. *Academy of Management Learning & Education*, 8(3), 370-388.
- Baum, G., Nemirovsky, A., & Sabelli, N. (2008). La educación en ciencia y tecnología como derecho social en la economía del conocimiento. Propuestas interpretativas para una economía basada en el conocimiento. Argentina, Colombia, México, Estados Unidos, Canadá, 133-146.
- Borello, J. (2006). Estructura y evolución de la informática en Argentina. *Revista de la CEPAL*, Diciembre 2005, 87, 132.
- Cassiolato, J. E., & Lastres, H. M. M. (2000). Local systems of innovation in Mercosur countries. *Industry and innovation*, 7(1), 33-53.
- Castells, M. (2000a) *The rise of the network society*. 2nd ed. Oxford: Blackwell.
- Castells, M. (2000b) "Materials for an exploratory theory of the network society" *British Journal of Sociology* 51, no. 1: 5-24.
- Castells, M. 2011. "A Network Theory of Power" *International Journal of Communication* 5: 773-87.
- Castells, M., & Cardoso, G. (Eds.). (2006). *The network society: From knowledge to policy* (pp. 3-23). Center for Transatlantic Relations, Paul H. Nitze School of Advanced International Studies, Johns Hopkins University.
- Ceria, S., & Pallotti, C. (2010). Argentina's Offshore Software Industry—Opportunities and Challenges. In *Software Engineering Approaches for Offshore and Outsourced Development* (pp. 23-36). Springer Berlin Heidelberg.
- Chudnovsky, D., & López, A. (2005). The software and information services sector in Argentina: the pros and cons of an inward-oriented development strategy. *Information Technology for Development*, 11(1), 59-75.
- Chudnovsky, D., Niosi, J., & Bercovich, N. (2000). Sistemas Nacionales de Innovación, procesos de aprendizaje y política tecnológica: Una comparación de Canada y la Argentina. *Desarrollo Económico*, 213-252.
- Committee on Innovations in Computing and Communications: Lessons from History, National Research Council, Computer Science and

- Telecommunications Board. *Funding a Revolution*. (1999). National Academies Press.
- Frank, C., Sink, C., Mynatt, L., Rogers, R., & Rappazzo, A. (1996). Surviving the “valley of death”: A comparative analysis. *The Journal of Technology Transfer*, 21(1-2), 61-69.
- Guillén, M. F., & Suárez, S. L. (2001). Developing the Internet: entrepreneurship and public policy in Ireland, Singapore, Argentina, and Spain. *Telecommunications policy*, 25(5), 349-371.
- Hughes, T. P. (1987). The evolution of large technological systems. The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology, 51-82.
- Hughes, Thomas P. y Jerry R. Sheehan. (1999). What Has Influenced Computing Innovation?. *IEEE Computer*, 32(2).
- Jacovkis, P. M. (2006). The first decade of computer science in Argentina. In *History of Computing and Education 2 (HCE2)* (pp. 181-191). Springer US.
- López, A., Ramos, D., & Torre, I. (2009). Las exportaciones de servicios de América Latina y su integración en las cadenas globales de valor. Documento de Proyecto LC/W, 240. CEPAL.
- Lopez, Andrés et al (2002) Nuevas Actividades Exportadoras Actividades Exportadoras: La Industria del Software. Disponible en: <http://www.cepal.org/argentina/noticias/noticias/7/11857/Presentacionides.pdf>
- Moguillansky, G. (2003). La innovación: el talón de Aquiles de la inserción global de América Latina. En F. Calderón (Ed.), *¿Es sostenible la globalización en América Latina? Debates con Manuel Castells (Vol. I)*. Santiago, Chile: PNUD-Bolivia - FCE
- Nemirovsky, A., & Yoguel, G. (2004). Renacimiento de Argentina a través de una economía basada en el conocimiento, el rol de los profesionales argentinos en el exterior, Documento electrónico de trabajo. Littec.
- Pérez, C. (1992). Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. *El trimestre económico*, 23-64.
- Portes, A. (2006). Instituciones y desarrollo: una revisión conceptual. *Cuadernos de economía (Santafé de Bogotá)*, 25(45), 13-52.
- Queipo, G. (2008). *Industria electrónica en Argentina: Situación actual y perspectivas*. Buenos Aires, Área de Economía Industrial, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (inti).
- Sábato, J., & Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, 1(3), 15-36.
- Stokes, D. (1997) *Pasteur’s Quadrant*. Brookings

Sutz, J. (2003). Transformaciones tecnológicas y sociedad miradas desde el Sur. En F. Calderón (Ed.), ¿Es sostenible la globalización en América Latina? Debates con Manuel Castells (Vol. I). Santiago, Chile: PNUD-Bolivia - FCE

Wachenchauzer, R. (2014). The evolution of computer education in Latin America: the case of Argentina. *ACM Inroads*, 5(1), 70-76.