

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/343971291>

HACIA EL DESARROLLO DE OFERTA DE HERRAMIENTAS PARA EL MODELO DE INDUSTRIA 4.0 EN ARGENTINA, ANÁLISIS DE LOS ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN Y LA CREACIÓN DE STARTUPS TECNOLÓGICAS.

Article · August 2020

CITATIONS

0

READS

30

2 authors:



Federico Walas Mateo

UNAJ. Universidad Nacional Arturo Jauretche

13 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

SEE PROFILE



Joel Joaquín Acosta

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Estudio del impacto de implementación de tecnología en la competitividad de Las cadenas de valor sectoriales en la Región de influencia de la UNAJ [View project](#)



Analysis of the approach in Local SMEs to Production 4.0 tools [View project](#)

HACIA EL DESARROLLO DE OFERTA DE HERRAMIENTAS PARA EL MODELO DE INDUSTRIA 4.0 EN ARGENTINA, ANÁLISIS DE LOS ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN Y LA CREACIÓN DE STARTUPS TECNOLÓGICAS

TOWARDS THE DEVELOPMENT OF TOOLS FOR THE INDUSTRY 4.0 MODEL IN ARGENTINA, ANALYSIS OF INNOVATION ECOSYSTEMS AND THE CREATION OF TECHNOLOGICAL STARTUPS

Federico Walas Mateo¹, Joel Joaquín Acosta²

fwalas@unaj.edu.ar, joelacosta92@gmail.com

^{1,2} Instituto de Ingeniería y Agronomía, Universidad Nacional Arturo Jauretche, Florencio Varela, Argentina.

Recibido 02/05/2020; Aceptado: 05/07/2020

Resumen: El trabajo que se presenta a continuación pretende avanzar sobre oportunidades para el desarrollo de empresas de base tecnológica (EBT), o startups tecnológicas en Argentina para enriquecer la oferta de productos y servicios orientados al paradigma de Industria 4.0 o Smart Manufacturing según se aplique en Europa o Estados Unidos. En este sentido según el “Reporte sobre Condiciones sistemáticas para el emprendimiento en América Latina: emprendimientos y digitalización: una agenda común de posibilidades”, aparece una oportunidad para desarrollar y fortalecer el tejido de empresas de base tecnológica locales teniendo en cuenta el avance de la digitalización en la industria, la drástica reducción de los costos de innovar y la facilidad de adopción de las nuevas tecnologías por parte de los usuarios. Por otro lado, resulta de interés indagar en cuanto a si las capacidades locales para el desarrollo de sistemas tecnológicos demandados por el nuevo modelo, y además si nivel de complejidad e integración al interior de cada sistema puede lograrse a nivel local o regional.

Una referencia de gran interés para este trabajo es el de Alemania y el ecosistema alrededor del paradigma de Industria 4.0. En particular cobra relevancia a partir del desarrollo de la llamada Estrategia Dual orientada al liderazgo en el mercado industrial y la oferta de tecnología para el modelo Industria 4.0, que desarrolla la publicación del Grupo de Promotores de Comunicación de la alianza de investigación Industria-Ciencia Alemana, Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Otro caso interesante es lo que ocurre en Estados Unidos y las startups tecnológicas que nutren al modelo Smart Manufacturing. En ambos casos un concepto que subyace alrededor del paradigma de Industria 4.0 y startups tecnológicas, es el de Ecosistema de Innovación.

Luego de desarrollar el concepto de ecosistema de Innovación y la creación de empresas de base tecnológica, y ecosistemas de innovación en el mundo, en este artículo se analizarán ecosistemas de innovación en Argentina y se analiza la situación frente a las hipótesis que plantean diversos autores y que se mencionan en el primer párrafo.

Palabras-clave: Innovación Abierta, startups, Industria 4.0, Ecosistema de Innovación, EBT.

Abstract: The work presented below aims to advance on opportunities for the development of Innovation Driven Enterprises (IDE), or technology startups in Argentina to enrich the offer of products and services oriented to the Industry 4.0 or Smart Manufacturing paradigm as applicable in Europe or the United States. In this sense, according to the “Report on Systematic Conditions for Entrepreneurship in Latin America: Entrepreneurship and Digitization: A Common Possibility Agenda”, an opportunity appears to develop and strengthen the fabric of local technology-based companies taking into account the progress of the digitization in the industry, the drastic reduction in the costs of innovating and the ease of adoption of new technologies by users. On the other hand, it is of interest to inquire as to whether the local capacities for the development of technological systems demanded by the new model, and also whether the level of complexity and integration within each system can be achieved at the local or regional level.

A reference of great interest for this work is that of Germany and the ecosystem around the Industry 4.0 paradigm. In particular, it becomes relevant from the development of the so-called Dual Strategy aimed at leadership in the industrial market and the offer of technology for the Industry 4.0 model, which is carried out by the publication of the Group of Communication Promoters of the German Industry-Science research alliance, Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Another interesting case is what happens in the United States and the technology startups that nurture the Smart Manufacturing model. In both cases, a concept that underlies the paradigm of Industry 4.0 and technology startups is that of the Innovation Ecosystem.

After developing the concepts of Innovation ecosystem and the creation of technology-based companies, and innovation ecosystems in the world, this article will analyse innovation ecosystems in Argentina and analyse the situation against the hypotheses put forward by various authors and that are mentioned in the first paragraph.

Keywords: *Open Innovation, Startups, Industry 4.0, Innovation Ecosystems, IDE.*

1. Introducción. Ecosistemas de innovación e Industria 4.0

Comenzaremos este trabajo presentando el concepto de Ecosistema de Innovación según Deborah Jackson (2015), investigadora de la National Science Foundation (NSF). De acuerdo a esta autora un ecosistema de innovación modela la dinámica económica de las complejas relaciones que se forman entre los actores o entidades cuyo objetivo funcional es permitir el desarrollo tecnológico y la innovación. En este contexto, los actores incluirían los recursos materiales (financiamiento, equipos, instalaciones, etc.) y el capital humano (estudiantes, académicos, investigadores, empresarios, etc.) que conforman las entidades que participan en el ecosistema (p. ej., universidades, escuelas de negocios, empresas, capitalistas de riesgo (VC), institutos de investigación, organizaciones de asistencia económica para el desarrollo local, agentes de financiamiento, formuladores de políticas, etc.).

Otra mirada sobre el concepto de Ecosistema de Innovación lo podemos encontrar en el modelo que desarrolla Kantis [et al.] (2019). Este modelo incorpora actores, factores y relaciones que influyen el territorio en términos de aparición de nuevas empresas. Describe a los actores y factores en tres ejes, el capital humano emprendedor y sus ámbitos formativos, el espacio de oportunidades y sus determinantes, y los factores que pueden promover o inhibir la creación y crecimiento de las empresas. El primero incluye todo lo referido a la formación, entorno social, y cultural, este último es el conjunto de valores y creencias dominantes en una sociedad que pueden promover o inhibir la adopción de conductas emprendedoras. El segundo refiere a capacidades del Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación, o plataforma CTI, factores económicos, y estructura empresarial. Por último, el espacio de oportunidades y determinantes se refiere al capital social, políticas y regulaciones, y oportunidades de financiamiento. A continuación, se muestra un esquema del modelo de Ecosistema de Innovación según Kantis [et al.] (2019).

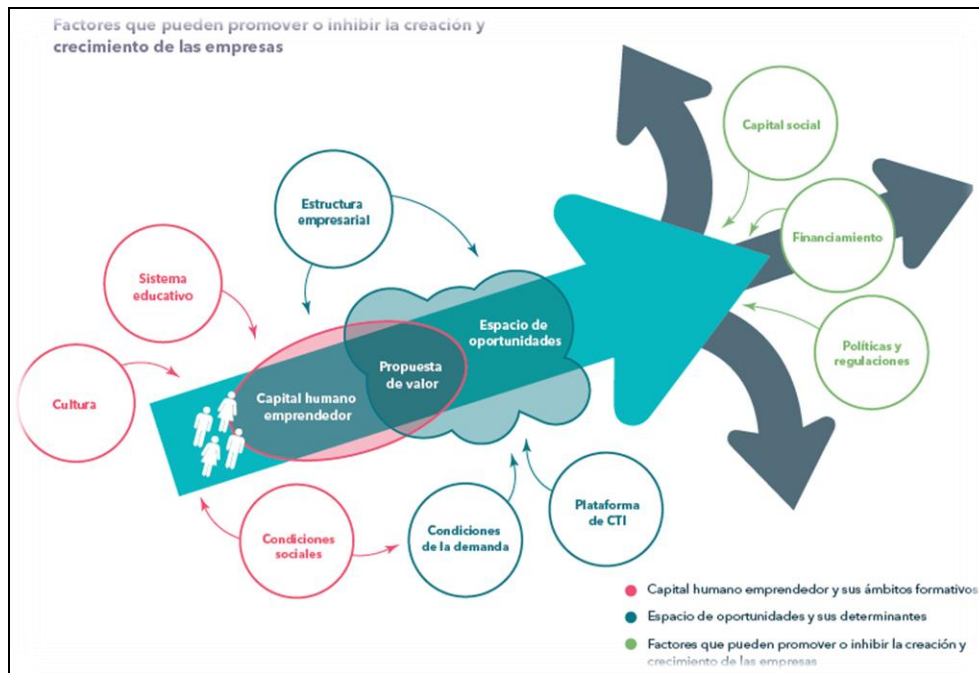


Figura 1. Enfoque Sistémico del Emprendimiento. Fuente: Hugo Kantis [et al.] (2019). Condiciones sistemáticas para el emprendimiento en América Latina.

Por último, es interesante citar la visión de ecosistema según el MIT que dan Phil Budden y Fiona Murray (2019), donde ellos identifican dos capacidades distintas, que impulsan o proporcionan los "motores gemelos" de innovación dentro de un ecosistema innovador. El primero, Capacidad de Innovación (I-Cap), es el más asociado con los insumos, como la inversión en investigación y desarrollo (I + D) o ciencia y tecnología (C&T). Según los autores, estos son insumos importantes y necesarios, pero no son suficientes para explicar el impacto de innovación que alcanzan varios países. Es decir, no es suficiente aumentar el gasto en I + D (o C&T) y esperar los resultados esperados en innovación. La segunda capacidad es la relacionada con el espíritu emprendedor (E-Cap). En algunos países, las reglas alrededor de la economía están optimizados para motivar la creación de start ups, su crecimiento y la expansión (por ejemplo, a través de exportaciones). Estos inputs claramente van más allá del aspecto de financiación de E-Cap (como "capital de riesgo", incluido el capital de riesgo formal (VC)), y también aprovechar otros aspectos, como el capital humano existente con una propensión e incentivos para convertirse en emprendedor. En tal sentido, una fuerte capacidad emprendedora (E-Cap) debería conducir a una mayor densidad de empresas, muchas de ellas pequeñas y medianas (PYME), en lugar de las de alto crecimiento y alto potencial que aprovechan innovación desde el lado I-Cap, y es probable que se conviertan, en el lenguaje del MIT, en "empresas impulsadas por la innovación" o Innovation Driven Enterprises (IDE).

A continuación, se muestra una figura que describe el concepto de Ecosistema de Innovación del MIT propuesto por Budden y Murray (2019) donde se destacan los impulsores de la Innovación definidos como Capacidad de Innovación (I-Cap), y el Espíritu Emprendedor (E-Cap). Estos motores o impulsores están sustentados sobre la base de las instituciones y regulaciones, o leyes. Por encima de los impulsores I-Cap y E-Cap aparecen la "ventaja comparativa" que significa que, en muchas

regiones y naciones, la economía de la innovación está especializada en temas clave o actividades de (que pueden definirse en términos de sectores, tecnologías o bienes). En el vértice de la pirámide se única el "impacto" de estos elementos (por ejemplo, económico, social, seguridad, etc.)

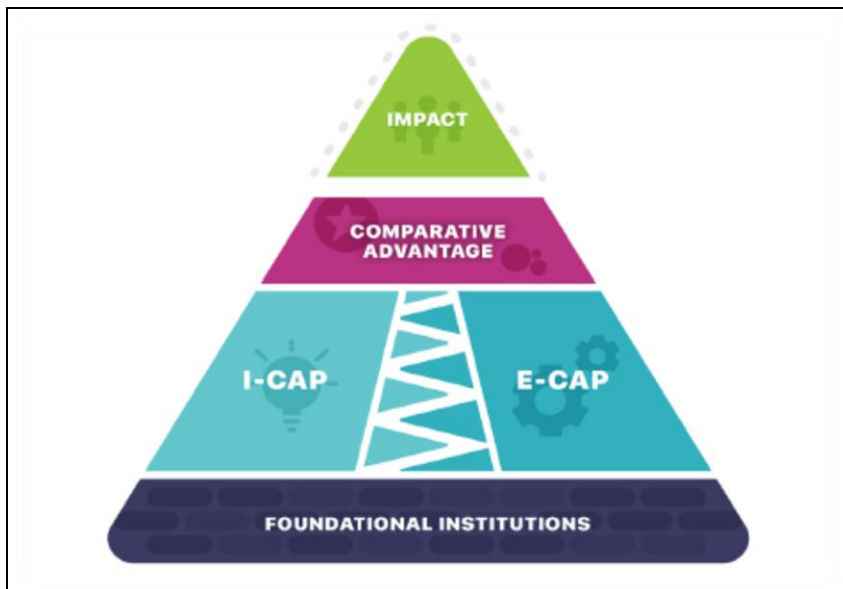


Fig. 2 Ecosistema de Innovación según el modelo del MIT, Fuente: Budden&Murray (2019).

El Director general de ESADECREAPOLIS Oriol Alcoba Malaespina (2019), comparte la conceptualización de Ecosistema de Innovación, y agrega que cada ecosistema es único y con una complejidad particular. Por ultimo postula que el ecosistema se va afianzando a la vez que se va complicando, y que del mismo modo que un ecosistema natural, el sistema científico y empresarial local evoluciona constantemente.

Con respecto a lo que significa el Ecosistema de Innovación y la Industria 4.0, el Dr. Wolfgang Schroeder (2018), investigador del Friedrich-Ebert-Stiftung (FES), cuando describe el caso alemán menciona la existencia de un ecosistema de Innovación en el caso de Alemania. De esta manera justifica la dinámica de la adopción del nuevo paradigma en ese país. Aunque no lo denomina precisamente así, menciona que coexisten diversas iniciativas procedentes de los sectores político y económico, así como de los grupos de interés y de la comunidad científica. Por un lado, estos actúan en parte de forma separada y compiten entre sí; pero, por otro, están estrechamente vinculados en algunos sectores. Muchas iniciativas son responsabilidad directa de la esfera política y del Estado, o bien son impulsadas o, incluso, desarrolladas de forma independiente por empresas con suficientes recursos para ello. Con todo, también en la industria tiene cierta importancia la relación entre el Estado y los grupos de interés, una relación que ya podía someterse a tensión en el anterior panorama corporativo de la industria alemana. Esto afecta, sobre todo, a la coordinación global de la innovación, la formulación de normas y la creación de las infraestructuras públicas necesarias, algo que es especialmente cierto cuando se trata de crear las condiciones y el marco más apropiados para el desarrollo de infraestructuras (por ejemplo, aumento de la banda ancha, normas industriales) e incentivos financieros (por ejemplo, impuestos, inversiones) favorables para la implantación de la estrategia de Industria 4.0.

Además, Schroeder (2018) destaca que el fomento específico de la innovación se basa en la promoción de las pymes intensivas en conocimiento y la necesidad de mejorar las condiciones marco para la innovación, mediante el fomento de los grupos de innovación en las universidades alemanas, así como a través de los centros de competencia y las plataformas de conocimiento. Dado que emana un elevado potencial de innovación tanto de las pymes ya existentes como de las emergentes (startups), deberían impulsarse sus condiciones marco (entre otros, mediante redes con empresas ya establecidas, provisión de capital riesgo, y desarrollo de incubadoras, y viveros de empresas).

La autora Mónica Casalet (2019) en su trabajo además de realizar una extensa y detallada referencia al caso alemán, donde se refiere al ecosistema como La plataforma de industria 4.0, también cita casos de ecosistemas en experiencias en Estados Unidos, País Vasco, China, y México.

Luego de las referencias a los trabajos de Jackson (2015), Kantis [et al.] (2019), Budden y Murray (2019), Alcoba Malaspina (2019), Schoeder (2018), y Casalet (2019) parecería que el ecosistema o plataforma es un elemento central para la generación de nuevas empresas, y además para la difusión del modelo de Industria 4.0 en las empresas industriales. Por lo tanto, profundizaremos en el desarrollo de concepto de ecosistema de innovación. Creemos que este elemento es central para la difusión de la estrategia de Industria 4.0. En esta línea aparecen mecanismos que faciliten la implantación del modelo en empresas industriales, dinamizando el desarrollo de la demanda de soluciones, como para la generación de la oferta tecnológica más densa y con mayor complejidad tecnológica. De esta manera el ecosistema de innovación participa nutriendo y enriqueciendo el nuevo paradigma.

Este trabajo pretende dar visibilidad y profundizar en lo que postula Kantis [et al.] (2019) sobre el potencial que genera la oportunidad para desarrollar y fortalecer el tejido de empresas de base tecnológica locales a partir de los avances en la digitalización en la Industria. Además, se puede considerar la observación que realiza Brixter [et al.] (2019) sobre las capacidades en Argentina en cuanto a desarrollo de sistemas tecnológicos para la demanda generada por el modelo Industria 4.0. En este sentido se tendrá en cuenta la evolución del sector de Software y Servicios Informáticos (SSI) de Argentina. Según datos del OPSSI, Observatorio del sector de Software y Servicios Informáticos de la Cámara de Software y Servicios informáticos (CESSI) (2019), el número de empresas registradas creció desde 1852 en el año 2003 a 4849 a finales del 2016. Por último, según diversos trabajos como los de Ramos y Starobinsky (2009), Kantis (2018), Zachman y Redchuk (2015), López (2018), Walas Mateo y Aranzabal (2013), entre otros manifiestan la aparición de nuevos ecosistemas de innovación con fuerte presencia de empresas y startups del sector software. Esto ocurre en todo el país y tienen en común la existencia de Universidades con carreras tecnológicas como parte central del ecosistema.

Un punto interesante sobre el aporte de los Ecosistemas de Innovación es el que hace Nthubu [et al.] (2019) en su trabajo sobre Ecosistemas de Innovación Disruptivos, y está dado por hecho que estos ecosistemas pueden ser tomados como una estrategia para promover innovaciones radicales.

Para dar cierre a la introducción, es interesante traer el trabajo de Faiña [et al.] (2016) donde exponen las oportunidades que genera el modelo de digitalización, ya sea en el modelo de Industria 4.0, que lidera Alemania o el modelo de Smart Manufacturing propiciado desde USA, para la creación de start ups. Aquí también hace referencia a las áreas con ecosistemas de innovación más desarrollados. Al tiempo que deslinda distintos estilos de innovación, el modelo de startups (paradigma de USA) y el modelo de innovación por transferencia a procesos y sectores

productivos en sectores industriales para desarrollar su productividad (paradigma europeo y especialmente alemán). Este último punto es una cuestión interesante que será tratada cuando desarrollemos el caso de los ecosistemas locales de innovación.

2. Algunos ecosistemas de innovación y desarrollo de startups referentes en el mundo

En este apartado se tratará de poner luz a la generación de oferta y capacidades tecnológicas desde ecosistemas de innovación maduros, mostrando el potencial y la importancia de estos ámbitos.

Para comenzar vale la pena mostrar es interesante hablar sobre el ecosistema de innovación en la región de Cambridge, Massachusetts, donde se ubican el MIT y Harvard, entre otras instituciones científicas y académicas de primer nivel. En este sentido Alcoba Malaspina (2019) en su artículo pone de manifiesto la dinámica de ese ámbito virtuoso para la generación y evolución de empresas disruptivas. En este ecosistema las startups y empresas (cita el caso de Novartis), se sienten atraídos por los mismos activos que motivan la generación de las nuevas startups de base científica, spin-off universitarias, atraen, a su vez, a multitud de inversores. Los modelos de colaboración corporativa y de inversión evolucionan con el tiempo, se especializan y polinizan nuevas iniciativas que germinan rápidamente.

En particular para este trabajo es interesante el caso del spin off universitario iRobot creada por el científico Rodney Brooks, que luego continuó fundando Rethink Robotics, y la evolución de esta start up hasta su adquisición por la empresa Alemana HAHN Robotics. En el artículo se destaca la complejidad para hacer realidad una tecnología disruptiva como la que desarrollo el Dr. Brooks y llevó al mercado a través de iRobot y luego a través de los cobots de Rethink Robotics. Se pone de manifiesto cómo tras un ciclo de sobre expectativas y de turbulencias propias de la difusión de cualquier innovación radical, la plataforma de software y hardware de Rethink Robotics habrá contribuido y seguirá contribuyendo al desarrollo de un nuevo sector, a escala global, y al avance de toda la industria a través de la sofisticación de sus procesos, en un nuevo paradigma de industria 4.0. Además, en este caso, tal vez de forma paradójica (o tal vez no), probablemente será la industria alemana la que podrá aplicar y convertir en un negocio sostenible el conocimiento originado en una institución académica norteamericana.

El potencial y las virtudes del ecosistema de Cambridge, Massachusetts, también quedan manifestadas en los trabajos de Gabriel Rissola [et al.] (2019), y el de Edward B. Roberts, Fiona Murray y Daniel Kim (2015). Este último más focalizado en los resultados desde el MIT, pero poniendo en evidencia la riqueza e importancia del ámbito alrededor de esa institución de excelencia científica y académica.

Otro caso interesante para citar es el del ecosistema alrededor del Instituto Fraunhofer en Alemania. En este caso se desarrolla una estrategia conjunta entre el estado, empresas, e instituciones académicas, donde se destaca el instituto Fraunhofer que es una institución fundada en 1949 con sedes distribuidas en todo el país. La autora Mónica Casalet (2019) presenta la plataforma existente en Alemania para potenciar el la industria 4.0, esta arquitectura de ecosistema de innovación, se constituye como una red abierta de transferencia de información y colaboración que agrupa a actores públicos como los ministerios de economía y energía; y de educación e investigación, grandes empresas, centrales sindicales y paulatinamente se extiende a las universidades y centros de investigación para hacer efectivos los diagnósticos y la investigación sobre el proceso, la implementación y evaluación del nuevo modelo. En ese marco surgen iniciativas de cooperación entre grandes empresas y startups, como la iniciativa Next47 de Siemens según Hilse y Susemihl

(2018) en su trabajo sobre Cooperación exitosa entre empresas y startups desarrollan el caso con amplitud. Se trata de una aceleradora de startups tecnológicas con productos y servicios para los sectores de automatización industrial, digitalización, y electrificación.

En el caso de Alemania es importante destacar el caso del Programa EXIST, Kulicke (2014), creado en 1998 por iniciativa del Ministerio Federal de Educación, Ciencia, Investigación y Tecnología de Alemania para promover la creación de empresas a partir de spin offs Universitarios, y facilitar una mayor transferencia de tecnología al medio productivo. Este programa que se ha sostenido en el tiempo tiene y se ha internacionalizado a partir de actividades de vinculación con otros ecosistemas como Silicon Valley, e Israel.

Sobre el caso alemán también es interesante repasar el trabajo de Lambertus [et al.] (2019) donde desarrolla casos de programas de promoción de spin offs desde el instituto Fraunhofer, donde cita entre otros el caso del programa EXIST, según el autor un muy buen ejemplo de innovaciones basadas en investigación y spin offs. Además, destaca la complementación de EXIST con el programa FDays®, un programa de financiamiento del Fraunhofer que es una de las más prominentes aceleradoras de alta tecnología en Alemania. Lambertus [et al.] (2019) destaca la importancia de la colaboración directa del Fraunhofer y la complementación entre los programas EXIST y FDays® entre los que se han acelerado más de 180 proyectos en 5 años.

Para tener en cuenta las diferencias entre el modelo de Ecosistema de Innovación de Estados Unidos y Alemania, es interesante observar los hallazgos de Geibel y Manickam (2015). En su trabajo donde comparan los ecosistemas de innovación de ambos países concluyen que los factores críticos de éxito para las start ups en ambos países son similares, la mayor diferencia radica en la facilidad para el desarrollo de start ups en Estados Unidos, mientras que en Alemania se requiere desarrollar una estructura de apoyo para impulsar a las nuevas empresas.

Por ultimo será interesante revisar el ecosistema de Israel, como caso de país emergente que logró posicionarse como referente en las exportaciones basadas en tecnología. En particular en la industria de software ha generado un mercado sofisticado especializado en sectores de seguridad y tecnología antivirus según Walas Mateo y Aranzabal (2013) destacándose tres Polos tecnológicos, Tel Aviv, Haifa y Jerusalén.

Además, Kantis (2018) hace una descripción muy clara de cómo evolucionó este ecosistema, categorizado como maduro según el autor. Algunas cuestiones centrales a considerar es el fuerte impulso desde el estado en la etapa inicial, el rol central de las universidades de Technion en Haifa, y la de Tel Aviv, entre otras. Sus centros de investigación y los antecedentes académicos de sus graduados. Según el autor los pioneros en la creación de empresas tecnológicas surgieron de una ingeniería económica y social que capitalizó la plataforma de conocimiento, y la capacidad emprendedora. Además del caso de Israel destaca el rol del ejército como educador y facilitador de competencias como liderazgo, resolución de problemas, trabajo en equipo entre otros. Por último, destaca la dinámica publico/privada generada a nivel país para el éxito de este ecosistema.

Un punto importante para observar en el ecosistema de innovación de Israel es el desarrollo de mecanismos de financiamiento a través de capital de riesgo. El caso del Programa Yozma que desarrolla Kantis (2018), muestra las posibilidades que se generan a partir de alianzas entre el sector público y privado. Esta exitosa iniciativa de financiamiento que atrajo financiamiento de riesgo del sector privado permitió

que el ecosistema de innovación madure hasta una etapa de adultez, multiplicando la oferta de recursos para un fondeo acorde a las necesidades de las startups tecnológicas.

Analizados algunos casos de éxito de ecosistemas de innovación de clase mundial, a continuación, nos dedicaremos a estudiar que sucede en Argentina.

3. Ecosistemas de innovación y el desarrollo de startups tecnológicas y capacidades orientadas a la Industria 4.0 en Argentina

En este apartado se describirán diversas experiencias de desarrollos locales orientados a la oferta de herramientas tecnológicas, y el potencial para generar una oferta local destinada a la Industria 4.0. Se considerarán sectores vinculados a la Informática y Electrónica, y se tendrán en cuenta las condiciones de borde que ofrece el ecosistema de innovación argentino en general, y con mayor atención a los ecosistemas regionales.

Para comenzar el tratamiento es interesante analizar la evolución del sector de software y servicios informáticos (SSI) de Argentina. En este sentido se puede afirmar con datos del Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Asociados –OPPSI- (2019), que ha existido un significativo crecimiento en el número de empresas y que permanecen activas, entre 2007 y 2016 (último dato actualizado por el Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial -OEDE- del Ministerio de Producción y Trabajo) el número de empresas creció un 37%, de 3534 empresas en el año 2007 a unas 4849 en el 2016. Según el informe, manifiesta que el año 2008 habría sido un punto de inflexión, ya que hasta entonces la cantidad de empresas SSI crecía a más de un 10% interanual.

En el informe del OPPSI además de observar el dinamismo en la creación de empresas citado en el párrafo anterior también se muestra en el aumento de la facturación. A pesar de la crisis de 2008-2009 y las recientes devaluaciones en Argentina de principios de 2014, fines de 2015 y 2018, las ventas del sector medidas en dólares aumentaron en los últimos diez años un 2,9% acumulativo anual. Por su parte, durante los últimos diez años los ingresos desde el exterior crecieron a una tasa anual del 7,2% en promedio.

Por último, del informe del OPPSI podemos ver que más allá de los aspectos positivos que muestra el desempeño del sector, también es posible observar algunas debilidades. Entre ellas se destaca el hecho que el 73% de las empresas tienen menos de 10 empleados y su facturación por empleado esta un 25 % por debajo de la media global, en números sería USD 23.958, la facturación por empleado en empresas de menos de 10 empleados, frente a USD 32.272 que es la media global indicada por el informe.

Por otro lado, debe observarse lo que se plantea en el capítulo VII La industria del software del libro Martín Abeles, Mario Cimoli, y Pablo Lavarello (eds.), Manufactura y cambio estructural: Aportes para pensar la política industrial en la Argentina editado por la CEPAL. En este trabajo donde se desarrolla la generación de capacidades tecnológicas y el desafío de elevar la productividad sistémica, destaca como debilidades para potenciar el sector y generar un escalamiento tecnológico (upgrading) para que Argentina se convierta en un jugador regional destacado en tecnología. Entre los puntos que destaca como debilidades están la vinculación del sector SSI con el de bienes de capital, y la necesidad de incentivar la demanda de software en el sector industrial. Según los autores la demanda actual es muy baja y tiene mucho potencial para crecer. Esto se puede validar de alguna manera cuando

analizamos la demanda de productos y servicios de Software que muestra el informe de OPPSSI. En ese documento se puede ver que la industria manufacturera consume solo el 5%, y si ampliamos a sectores asociados como transporte y logística, y agro y agroindustria so llegamos al 9% del total de la demanda.

Con respecto a la debilidad planteada en el párrafo anterior, el texto de López (2018) también cita una reunión convocada por el Ministerio de Producción (2016), bajo el paraguas de la Mesa Ejecutiva de Software y Servicios Informáticos donde uno de los temas destacados fue la baja vinculación de los Polos de desarrollo de software con las cadenas de valor regionales.

Por lo tanto, se considerarán las tres debilidades enunciados en los párrafos anteriores, la falta de vinculación entre sectores de software y la industria, la baja demanda por parte de sectores industriales, y la relativamente baja facturación de una importante porción de empresas del sector software para plantear la hipótesis de un escaso desarrollo de un ecosistema de innovación orientado al paradigma Industria 4.0 en Argentina. Este tema será tratado con mayor profundidad en futuros trabajos.

El proceso de desarrollo de nuevas empresas de software, tal como se destaca al principio de esta sección, está acompañado por el surgimiento de nuevos ecosistemas de innovación, tal como se comentó en la introducción. En particular se puede citar el trabajo de Zachman, Lopez y Redchuk (2015) que se focaliza en la generación de startups a través de spin-offs universitarios. En ese trabajo se describen muy bien los hitos que marcan la aparición y los comienzos del desarrollo de ecosistemas de innovación alrededor de las Universidades en Argentina desde la aparición del programa Columbus a comienzo de los años 90s.

Estos antecedentes son en general los que han dado origen a los distintos ecosistemas de innovación regionales, muchos de ellos aún en proceso de crecimiento, y que han germinado a lo largo y ancho de Argentina. Con respecto al desarrollo de software, en el trabajo de Andrés López (2018) se destaca la existencia de polos y clusters en diversas regiones del país. Identificando ese tipo de organizaciones en Corrientes, Formosa, Rafaela, Santa Fe, Rosario, Paraná, Tandil, Mar del Plata, Bahía Blanca, Jujuy, Salta, Tucumán, Córdoba, Río Cuarto, Mendoza, San Luis, Neuquén, Bariloche, Chaco, Junín y La Plata. Esto muestra que existen núcleos diseminados a lo largo de la mayor parte del territorio y que podrían servir como plataforma para una mayor diversificación geográfica de estas industrias.

En particular en este trabajo se hará foco en los ecosistemas de Innovación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), el más desarrollado y maduro, Córdoba, La Plata, Bariloche, y Rosario. Todos ellos poseen singularidades y estadios de maduración diferentes, pero sobre todo generan startups con productos y servicios para la Industria 4.0. Por ultimo también se estudiará el ecosistema de innovación alrededor de la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA), que se desarrolla desde el año 2012.

A continuación, se describen los hitos y aspectos más destacables de estos ecosistemas de innovación con respecto a los objetivos de este trabajo.

El caso de CABA es el que genera mayor actividad y oportunidades, según Andrés López (2018) este ecosistema concentra el 70 % de la producción de software y servicios informáticos de la Argentina. Por otro lado, citando el trabajo de Kantis (2018) podemos considerar algunas condiciones de borde como la diversidad

cultural una fuerte clase media, la existencia de la mayor universidad del país, la Universidad de Buenos Aires (UBA) con sus centros de investigación, muchos de ellos vinculados al CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), y varias universidades privadas reconocidas destacándose el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), la Universidad Austral y su Escuela de Negocios (IAE), entre otros. Se destacan algunos hitos como la radicación en los '90s de grandes empresas líderes en software como SAP, Oracle, Microsoft, entre otras. Además, destaca el desarrollo de algunas políticas públicas que impulsaron la creación de la incubadora de emprendimientos tecnológicos, BAITEC, y el Centro Metropolitano de Diseño (CMD). Como hitos del desarrollo de start ups tecnológicas Kantis (2018) menciona la aparición de Officenet y Patagon.com a fines de los '90s, y últimamente el desarrollo de empresas unicornios locales como Despegar, Mercado Libre, y Globant desde CABA. Además, debe considerarse la existencia de un agrupamiento de empresas de SSI, el Polo IT de Buenos Aires que agrupa alrededor de 160 empresas.

Andrés López y Daniela Ramos (2009) nos dan una primera aproximación a los casos de Córdoba y Rosario, que destacan como los más avanzados por el nivel de empresas, tamaño de la industria, y también por su mayor madurez institucional. En cuanto al ecosistema de innovación de Córdoba y su perfil orientado a productos y servicios de software, estos autores marcan que hacia el año 2009, este ecosistema cobro notoriedad por mostrar un gran dinamismo en algunos sectores de servicios, así como en la industria de servicios informáticos, desarrollo de software y electrónica. Este desarrollo se intensificó con el arribo a la ciudad de algunas grandes corporaciones internacionales del área TIC como Motorola, Intel y EDS. Según López (2018) la empresa INTEL tiene una filial en Córdoba dedicada al desarrollo de software para seguridad informática, la cual cuenta con 270 empleados, más del 30% de los cuáles tiene título de posgrado.

Otro hito remarcable sobre Córdoba es la creación en el año 2001 del Cluster Córdoba Tecnología (CCT), una institución que reúne una importante proporción de las empresas de software de la ciudad y constituye, sin lugar a dudas, una de las experiencias más interesantes dentro del sector TIC argentino de los últimos años, según López y Ramos (2009). El trabajo de Kantis (2009) pone sobre la mesa otros elementos diferenciales de este ecosistema, como el Instituto Tecnológico Córdoba (ITC). El ITC nació en abril de 2002 de la relación entre las empresas del cluster y las seis universidades localizadas en la ciudad, con el propósito principal de intervenir en la formación y desarrollo de los recursos humanos específicos para ese sector. A tal efecto, el ITC cuenta con 2 laboratorios donados por la corporación Intel y una serie de acuerdos de colaboración para el desarrollo de proyectos conjuntos con otras empresas multinacionales tales como IBM y Microsoft.

Sobre el caso de Rosario, López y Ramos (2009) destacan la existencia desde el año 2000 del Polo Tecnológico Rosario (PTR), producto de una alianza de firmas privadas, los gobiernos municipal y provincial, dos universidades y una fundación privada. Si bien esta institución no aglutina a la totalidad de las empresas tecnológicas de Rosario, es sin dudas el referente más importante y el emergente más interesante del movimiento que está sucediendo en la ciudad en el área TIC, en especial en la última década.

Siguiendo con los casos locales, el caso del ecosistema innovador de La Plata se desataca por un agrupamiento de empresas de software y su cadena de valor. La Plata es una región que cuenta con condiciones altamente propicias para el desarrollo de un sector de SSI, con la presencia de 3 Universidades con carreras de informática y

centros de Investigación del Sistema Científico Tecnológico Nacional y Provincial según Walas Mateo y Aranzabal (2013). Surgimiento de un agrupamiento de MiPyME del sector de SSI. A partir de la existencia de empresas PyMEs del sector, se generó un grupo de empresas que se asoció espontáneamente en un proceso que culminó en octubre de 2005. Este grupo asociativo que funciona como cluster de empresas, se denomina Distrito Informático del Gran La Plata, DILP, y actualmente cuenta con 32 empresas asociadas. Radicación de grandes empresas como las multinacionales Globant, Softtek, Despegar.com, Accenture, Globallogic, y Hexacta. Este proceso comenzó en el año 2007 y continúa en el presente. En el 2015 el DILP pasó a ser el Polo IT La Plata, con un mayor acercamiento con las grandes empresas y las Universidades locales.

En el caso de Bariloche sobresale la existencia del Centro Atómico Bariloche (CAB) y el Instituto Balseiro (IB), y el desarrollo de actividad Científica Tecnológica a partir de estas instituciones. Sobre todo, destaca el INVAP SE como spin-off del CAB. Por otro lado, el artículo de Kantis (2009) destaca la alta densidad de científicos en la ciudad con respecto a la media nacional ya que posee una relación de aproximadamente 14 investigadores cada 1.000 personas activas, una relación 8 veces superior al promedio nacional cercano a los 2 investigadores cada 1.000 persona activas.

El trabajo de Kantis (2009) destaca que el polo de empresas basadas en el conocimiento localizadas en Bariloche está compuesto por unas 30 empresas, creadas en su mayoría durante la década del 90. Estas empresas representan más del 70% de las empresas basadas en el conocimiento localizadas en la provincia de Río Negro, generando más del 90% de las ventas totales y absorbiendo el 80% del empleo total en estas firmas en la provincia. Sin embargo, es importante destacar que sólo una de estas empresas radicadas en Bariloche (INVAP S.E.) representa el 70% de la facturación total de las empresas basadas en el conocimiento de la provincia.

Por otro lado, Kantis (2009) afirma que en el entramado de empresas tecnológicas se destacan además de la mencionada INVAP SE, la empresa tecnológica de la provincia de Río Negro, ALTEC y Tecno Acción. Además, aparecen una veintena de nuevas micro y pequeñas empresas surgidas de los procesos de reducción (downsizing) de las primeras. Junto a ellas, aparecen otros actores que adquieren particular dinamismo hacia la mitad de la década –el grupo de empresas de la CEB– que si bien no se orientan al desarrollo de nuevas tecnologías constituyen un nuevo espacio de demanda y desarrollo de nuevos productos para el conjunto de pequeñas empresas.

Un último, dato saliente del caso de Bariloche es el surgimiento en el año 2010 de la empresa Satellogic especializada en satélites, construyeron los dos primeros CubeSat de Argentina, CubeBug-1 y CubeBug-2 Manolito, además de su constelación comercial Aleph-1, conformada por los satélites ÑuSat.

3.1 Caso de la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA)

Un caso interesante para estudiar con respecto a los ecosistemas de innovación e insumos para el modelo Industria 4.0, es el ecosistema alrededor de la Computadora Industrial Abierta Argentina, la CIAA, para aplicaciones de Alta Capacidad de Cómputo (ACC) nace de una necesidad detectada por la Asociación Civil de Sistemas Embebidos (ACSE) y la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL), con el objetivo de facilitar un salto tecnológico para las pequeñas y medianas empresas (PyMES) de la región, dedicadas al desarrollo de sistemas embebidos y la automatización de sistemas de producción.

El proyecto CIAA propone una metodología de trabajo abierta y colaborativa, donde el desarrollo lo realizan instituciones académicas y empresas privadas, oficiando como nexo entre estos dos pilares de la autonomía tecnológica. El trabajo resultante se publica y libera en la modalidad de Hardware y Software Libre. Desde el 2013 cuando se inicia el proyecto se han sumado más de 20 universidades.

Este desarrollo ha escalado y existen experiencias de resultados como el que presentan Valinoti y Melo (2019) desde el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), donde lograron crear una placa de circuito impreso que presenta las características necesarias para considerarse de alta capacidad de cómputo, también conocido como High Performance Computing (HPC), brindando a las PyMES argentinas y a la comunidad en general, una solución de alto valor agregado para incorporar en sus productos y/o proyectos de investigación de manera libre.

Este caso descrito en el trabajo de Luciana Guido (2016), investigadora del CONICET, se muestra la articulación desde el estado a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología, la participación del sector privado a través de CADDIEL, y el desarrollo en el INTI y 20 universidades. La CIAA comenzó a desarrollarse a mediados del año 2013 cuando la Secretaría de Planeamiento Estratégico Industrial del Ministerio de Industria de la Nación (SPEI) y la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) convocaron a la ACSE y a CADIEEL a participar de las “mesas de diálogo” para diseñar el PEI 2020. En el texto la autora destaca que el proyecto CIAA se trata de un proyecto donde se ensamblan elementos que no son solo “técnicos”. En esa línea, fomentar la participación de distintas instituciones públicas en la “cultura libre” de desarrollo tecnológico posibilitaría la promoción y generación de procesos de aprendizaje colaborativos. A su vez, que desde ese ámbito se promoció el uso de estándares tecnológicos abiertos es primordial y va en consonancia con modelos de negocio de innovación abierta.

4. Conclusiones

Luego de haber explorado las características de los ecosistemas de innovación en general, y lo que ocurre en Argentina con respecto a los ecosistemas con capacidades para generar productos y servicios para la Industria 4.0, podemos coincidir con lo que afirma López (2018) sobre la baja inserción de las firmas y/o filiales locales en las distintas cadenas de valor. Además, la inserción de las empresas tecnológicas es menor en aquellos eslabones que contienen las tareas más intensivas en conocimiento. No obstante eso, existen casos de “excelencia” (INVAP exporta ingeniería nuclear y tecnología satelital, INTEL tiene un laboratorio de seguridad informática en Córdoba, firmas locales de software que se han internacionalizado exitosamente gracias a sus capacidades creativas, entre otras cosas).

Por otro lado, López (2018) también resalta la elevada concentración geográfica que registra esta actividad en el país. Aún en los casos en donde existen polos o clusters ellos muestran en muchos casos relativamente pocas vinculaciones con las actividades productivas características de cada región.

Además, sobre el bajo nivel de desarrollo de los ecosistemas debe considerarse el bajo nivel de acceso al financiamiento. López (2018), se refiere en particular al capital de riesgo, donde además de existir muy poca oferta, aparece una baja valoración que parecen hacer las empresas locales del instrumento. Remarca en este sentido que, para estimular empresas de rápido crecimiento, “gacelas” e incluso “unicornios” de base tecnológica (yendo a la vez más allá de los sectores en donde hasta ahora se han producido casos de éxito en Argentina), queda claro que se trata de un instrumento clave. La experiencia internacional sugiere que los esfuerzos para

desarrollar la industria de capital de riesgo pueden no tener éxito sin buenos programas de incubación que proporcionen el flujo de proyectos requerido. A la vez, las incubadoras y/o aceleradoras no alcanzan su potencial sin una industria de capital de riesgo que ofrezca una salida a las empresas prometedora. En este aspecto la evaluación de Argentina con respecto al ecosistema emprendedor que realiza el estudio de Kantis (2019), el indicador referido a financiamiento es el peor del conjunto de atributos que define el modelo de ecosistema de innovación descrito en el primer punto de este trabajo.

Por otro lado, López (2018) se refiere al rol dominante de las empresas multinacionales en las cadenas de valor TICs, que según el autor deben fortalecerse, sino también generar acciones de atracción de IED en sectores que ayuden a diversificar (y escalar) el alcance de las tareas desarrolladas localmente, así como aquellas inversiones que tenga mayores posibilidades de generar derrames y encadenamientos locales.

Por último, el trabajo de Zachman, Lopez y Redchuk (2015) pone de manifiesto el bajo nivel de madurez que existe en el sistema Universitario Argentino para la generación de startups a partir de spin offs del sistema académico. Esto contrasta fuertemente con lo que sucede en los ecosistemas de innovación internacionales estudiados en este trabajo.

5. Futuras líneas de Investigación

A partir de este trabajo surgen algunas temáticas que se destacan como oportunidades a explotar por los ecosistemas de innovación. Entre ellas emergen las oportunidades que aparecen de la mano de los nuevos modelos de negocio basados en Innovación abierta como facilitadores para el desarrollo de startups tecnológicas y la adopción de herramientas de Industria 4.0.

En este sentido podemos citar dos debilidades del SSI que marca el trabajo de Motta, Morero y Borrastero (2017) en el capítulo que desarrollan en el libro *Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina*. Ellas son el fomento al uso y consumo de software de código abierto (Free Open Source Software, FOSS), que según los autores facilitaría el desarrollo de soluciones que permitan sustituir importaciones, y desarrollar soluciones a medida de las organizaciones necesidades locales. La segunda debilidad es la necesidad de fomentar el desarrollo de innovaciones de productos de mayor valor agregado para cubrir segmentos de demanda insatisfecha, sustituyendo importaciones y sobre todo comercializar productos de software integrales donde el diferencial deje de estar en los costos del servicio de programación, se encuentre en la aplicabilidad de los productos finales en nichos de mercado.

Por otro lado, un tema que surge del estudio de ecosistemas de innovación y ha generado gran interés con la evolución del modelo de innovación abierta es el de la co creación de valor en los mismos.

También será interesante retomar el planteo de Zachman, Lopez y Redchuk (2015) y estudiar el estado actual de condiciones y potencialidad para el surgimiento de startups tecnológicas desde las Universidades Argentinas, y retomar la propuesta que dejan en su trabajo sobre llevar a cabo un estudio tomando dos grupos de empresas: Spin-Off Universitarias IT y Empresas de Base Tecnológica. De esta forma extraer conclusiones sobre rasgos comunes y diferenciales de su comportamiento en

cuanto al desarrollo de actividades de I+D+i y el impacto económico derivados en cada caso.

Por ultimo un tema para tener en cuenta e investigar es el de la futura Ley de Economía del Conocimiento que está en tratamiento en el Congreso Argentino, sobre la que existe un importante consenso para dinamizar el sector de empresas de base tecnológica, y que cuenta con contenido particular para el sector de Industria 4.0.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Andrés Redchuk por su Dirección en la investigación y sus importantes aportes para avanzar y lograr el trabajo que se está presentando.

Referencias

Aproximación y relevancia de la creación de empresas de Base Tecnológica Universitarias en Argentina. **Zachman P., López W., Redchuk A. (2015)** Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación N°15 | ISSN 1850-9959 | Junio 2015|

An MIT Approach to Innovation: eco/systems, capacities & stakeholders. **MIT Innovation Initiative. Budden P., Murray F. (2019)** Working Paper. Published by MIT's Laboratory for Innovation Science & Policy.

Case study on programmes to promote spin-offs at Fraunhofer-Gesellschaft, Germany: Contribution to the OECD TIP Knowledge Transfer and Policies project **Lambertus T., Schmalenberg J., Keckl M. (2019).** Fraunhofer-Gesellschaft, Germany.

Clusters de software y servicios informáticos: los casos de Córdoba y Rosario a la luz de la experiencia internacional. **Lopez A., Ramos D, (2009).** CENIT. Documento de Trabajo.

Computadora Industrial Abierta Argentina para aplicaciones de Alta Capacidad de Cómputo. **Valinoti B., Melo R. A. (2019).** X Southern Programmable Logic Conference. Centro Cultural Borges, Buenos Aires, Argentina.

Condiciones sistemáticas para el emprendimiento en América Latina: emprendimientos y digitalización: una agenda común de posibilidades y desafíos. **Kantis H. (2019).** 1ª ed. - Rafaela: Asociación Civil Red Pymes Mercosur.

Disruptive Innovation Ecosystems: Reconceptualising Innovation Ecosystems. **Nthubu B.; Richards D. and Cruickshank L. (2019).** Academy for Design Innovation Management, London, 19-21 Junio 2019.

Entrepreneurship and Innovation at MIT: Continuing Global Growth and Impact. **Budden P., Murray F., Kim J. D. (2015),** Massachusetts Institute of Technology

Erfolgreiche Kooperationen von Corporates und Start-ups. **Hilse H., Susemihl I. (2018).** Organisations Entwicklung Nr. 1

*15 Years of EXIST "University-based start-up programmes" Development of the EXIST funding programme between 1998 and 2013. **Kulicke M. (2014)**. Working paper from the scientific research supporting the "EXIST – University-based start-up programmes". Karlsruhe. Alemania.*

*Industry 4.0. Directorate General for Internal Policies. **SMIT, Jan et al. (2016)**. European Parliament.*

*Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma tic o nuevo paradigma tecnoorganizacional? **Brixner C.[et al.] (2019)**. 1ª ed. CIECTI - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.*

*La Cadena de Valor del Sector de Software y Servicios Informáticos (SSI), el caso del cluster de empresas de software de La Plata, Argentina. **Walas Mateo F., Aranzábal E. (2013)**. III Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, Brasil. dic. 2013.*

*La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. **Casalet M. (2018)**. Estudios de casos, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).*

*Los ecosistemas empresariales innovadores. **Alcoba Malaspina O. (2019)**. Harvard Deusto Business Review (Núm. 289) · Mayo 2019.*

*Los Servicios Basados en Conocimiento: ¿Una Oportunidad para la Transformación Productiva en Argentina? **Lopez, A. (2018)**. Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires (IIEP-BAIRES). Serie Documentos de Trabajo del IIEP N° 31.*

*Manufactura y cambio estructural: aportes para pensar la política industrial en la Argentina. **Abeles M., Cimoli M., Lavarello P. (2017)**. Libros de la CEPAL, N° 149.*

*Mature and developing ecosystems: a comparative analysis from an evolutionary perspective. **Kantis H. (2018)**. Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/88453> MPRA Paper No. 88453, posted 24 October 2018 06:16 UTC.*

*Nuevos polos de empresas intensivas en conocimiento en Argentina: Elementos conceptuales y análisis de casos seleccionados. **Kantis H. (2009)**. 1a ed. Universidad Nacional de General Sarmiento.*

*Place-Based Innovation Ecosystems: Boston-Cambridge Innovation Districts (USA). **Rissola G. (editor), Bevilacqua C., Monardo B. and Trillo C.,(2019)**. EUR 29720 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-01950-3.*

Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Grupo de Promotores de Comunicación de la alianza de investigación Industria-Ciencia Alemana (2013).

*Tecnologías de Información y Comunicación, Territorio y Sociedad: El Caso Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA). **Guido L. (2016)**. IX Jornadas de Sociología de la UNLP, Ensenada. BA. Argentina.*

*The startup ecosystems in Germany and in the USA. Explorative analysis and comparison Manickam of the startup environments. **Geibel R., Manickam M. (2015).** 5th Annual International Conference on Innovation and Entrepreneurship, Singapore.*

Reporte anual sobre el Sector a de Software y Servicios Informáticos de República Argentina (Abril 2019) Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (OPSSI). Cámara de Software y Servicios Informáticos (CESSI). Argentina.

*What is an Innovation Ecosystem? **Jackson D. J. (2016).** National Science Foundation, Arlington, VA.*