



Master en Dirección Empresarial desde la Innovación y la Internacionalización

Curso 1

TRABAJO FIN DE MASTER

Utilización del Modelo de Triple Hélice para el desarrollo de nuevos sectores productivos en el contexto de la Industria 4.0

Autor: David Fernando Franco

Directores: Jon Barrutia Güenaga

Arturo Rodríguez Castellanos

Eva Arrilucea Solachi

En Bilbao, a 11 de Septiembre de 2015

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO

La innovación, como último fin, es el concepto central de este estudio, pues se busca su desarrollo mediante la creación e impulso de los sistemas de innovación. La innovación se caracteriza por ser una novedad aislada y normalmente imprevisible, aunque ello no significa que no se puedan hacer esfuerzos para organizar y controlar la producción de innovaciones relevantes desde el punto de vista económico o social. Por ello, el interés no se centra en el concepto aislado de la innovación en sí, sino en los sistemas de innovación (Cárdenas y Ríos, s.f.).

Generalmente, muchos de los países pequeños, al contar con poco presupuesto público de investigación y pocas empresas grandes, tienen dificultades para invertir en una amplia gama de áreas tecnológicas, por lo que deben ser cuidadosos y selectivos a la hora de elegir qué áreas de innovación quieren fortalecer con dicho presupuesto (aunque podemos encontrar excepciones como Singapur, Luxemburgo, Islandia o Israel que son líderes mundiales en innovación). En el caso del País Vasco, se ha conseguido desarrollar un territorio con un fuerte poder económico, incluyendo la capacidad de financiar instrumentos para el apoyo a la innovación en diferentes sectores y negociar directamente con la Comisión Europea la financiación de la innovación (Cooke, Gomez, y Etxebarria, 1997).

La CAPV es considerada un verdadero Sistema Regional de Innovación (SRI) (Cooke, Boekholt, y Tödting, 2000). En este contexto, las instituciones sociales canalizan la acción económica en general y los procesos de innovación en particular (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997).

El sistema vasco de innovación se ha caracterizado por procesos locales para el intercambio de conocimientos basados en la proximidad geográfica, social y cultural, sin una relación intensa con organizaciones productoras de conocimiento (Lavía, Otero, Olazaran y Albizu, 2011). A partir del siglo XXI, las políticas regionales se han dirigido a estimular la relación entre Pymes y centros tecnológicos mediante políticas combinadas de creación de oferta y demanda y mediante la financiación de proyectos de cooperación entre ambos agentes. Esto se ha conseguido en buena medida (desde entonces la red de centros tecnológicos no ha parado de crecer), aunque se espera que estas organizaciones productoras de conocimiento consigan todavía una mayor relevancia en las colaboraciones en los próximos años (Orkestra, 2009).

El hecho de que el País Vasco esté mayoritariamente compuesto por Pymes y que las colaboraciones de éstas se limiten a agentes dentro de su cadena de valor (Freel, 2000, 2003; Doloreux, 2003), podría explicar este fenómeno. La CAPV es un territorio con alta tradición en estas colaboraciones entre industrias, también conocidas como *clusters*.

Los clusters vascos, a pesar de que algunos incluyen centros formativos, centros tecnológicos e instituciones públicas, están principalmente formados por empresas (Aranguren, Larrea, y Navarro, 2006) y muestran un débil grado de complementariedad entre las distintas instituciones implicadas (Ahedo, 2004). Dentro del sistema vasco de innovación, las empresas participan con más del 80% del gasto interno en I+D el porcentaje más elevado de todos los países de la OCDE (Navarro y Zubiaurre, 2003). En este porcentaje se incluyen los centros sectoriales y tecnológicos, que tienen un peso importante en los altos niveles de I+D que presenta la economía vasca (Buesa, 2001).

La red de centros tecnológicos del País Vasco está considerada como uno de los sistemas de transferencia tecnológica más desarrollados del Estado, sobresaliendo con colaboraciones en proyectos de innovación con las empresas locales más innovadoras (Buesa, 1996). Por esto, consideramos que es el agente tecnológico de mayor importancia en las distintas colaboraciones entre agentes.

Distintos autores sostienen que fuera de la cadena de valor, los vínculos de las empresas con universidades y agentes de I+D son menos frecuentes e intensos (Grotz y Braun, 1997; Hassink, 1997; Koschatzky y Sternberg, 2000; Freel 2000; Kaufmann y Tödtling, 2002; Doloreux 2003, 2004; Gebauer, Woon y Parsche 2005). Además, el carácter reactivo y cortoplacista de las innovaciones en Pymes dificulta la colaboración con agentes de I+D, que poseen una actitud investigadora más proactiva y orientada al largo plazo (Lavía et al., 2011).

Debido a esto, consideramos que una mayor participación de los centros tecnológicos y de las universidades en los sistemas de colaboración triple hélice puede resultar de vital importancia para impulsar la innovación en la CAPV. A continuación expondremos las razones por las cuales consideramos que estos agentes deberían jugar un papel más relevante en estas colaboraciones triple hélice.

Por un lado, la política tecnológica vasca lleva centrando sus esfuerzos en la creación de centros tecnológicos de investigación aplicada desde los años 80, lo cual ha convertido a la CAPV en el territorio con la red más potente de centros tecnológicos de España (Magro y Navarro, 2012). Además, con la creación de Tecnalia, corporación de investigación privada que nace de una alianza estratégica entre algunos de los centros tecnológicos de mayor tamaño de la CAPV, se ha hecho frente al problema de tamaño indicado anteriormente.

Por otro lado, las universidades pueden contribuir al desarrollo económico y social, así como desempeñar nuevas funciones y generar instituciones diferenciadas (González De La Fe, 2009). Según Castillo (2010, p.86) “La noción de universidad emprendedora se ha desarrollado con mucha más importancia, utilizando avances para el desarrollo socio-económico, actividades de patentes, y licencias e institucionalización de actividades *spin-off*”. Por lo tanto, estas universidades emprendedoras asumen la creación de empresas o de nidos empresariales en sus laboratorios e instalaciones.

Aún así, se necesita una mayor unión entre las universidades y los centros tecnológicos en el País Vasco, ya que esta ligazón es relativamente débil en comparación con otros países con centros tecnológicos más consolidados (como son los casos de Holanda, Noruega o Finlandia).

Además, la investigación conjunta entre industria y universidad se ha expandido a pesar de los costes de transacción, lo que sugiere que las políticas han tenido un efecto crucial en la colaboración entre estas dos esferas institucionales (Adams, Chiang y Starkey, 2001). Etzkowitz y Leydesdorff (2000) se atreven a decir que este nuevo papel que está tomando la universidad se presenta como la tercera revolución académica.

El alto nivel de competitividad y la necesidad de colaborar con otras instituciones para lograr una mayor presencia, tanto en el mercado como en la creación de fuentes de innovación, provoca una nueva proyección de la misma universidad para la investigación y desarrollo de un país (Castillo, 2010). Es así que la vinculación entre la universidad, la empresa y centros tecnológicos plantea un nuevo paradigma, en el cual tanto la universidad, como agente garante de un conocimiento de excelencia que sirva de base para la generación de futuras innovaciones, como los centros tecnológicos, como responsables de la parte básica de la cadena de valor de I+D y de la salida al mercado y emprendimiento, deben tomar un papel emprendedor: el modelo de la “triple hélice”. En este trabajo trataremos de investigar este modelo en el contexto de la “Industria 4.0”, es decir, la cuarta revolución industrial.

La “Industria 4.0”, también denominada “manufactura avanzada”, se presenta como la evolución tecnológica de los sistemas integrados a los sistemas ciber-físicos. Significa la llegada de la cuarta revolución industrial en camino hacia el Internet de las cosas, datos y servicios. La inteligencia descentralizada ayuda a crear redes de objetos inteligentes y permite la gestión de procesos independientes, con la interacción entre el mundo real y el virtual (Baheti y Gill, 2011), representando así un nuevo aspecto crucial en los productos y en los procesos de producción. En un territorio donde la economía se sostiene en una fuerte base industrial, como es el caso del País Vasco, consideramos que la implantación de la “Industria 4.0” es un factor clave para el desarrollo y para evitar el estancamiento tecnológico.

De esta manera, se da un cambio de paradigma de la producción centralizada a la producción descentralizada, que ha sido posible gracias a los avances tecnológicos que constituyen un cambio radical de la producción convencional. En pocas palabras, esto significa que la maquinaria industrial de producción ya no simplemente -procesa- el producto, sino que el producto se comunica con la maquinaria para decirle exactamente lo que debe hacer.

Esta revolución industrial va a cambiar el modelo de producción industrial actual tal y como lo conocemos; en este nuevo paradigma, las cadenas de valor se transforman en *redes de valor*, y aparecen un sinnúmero de nuevos mercados y oportunidades de mercado.

En este contexto, se conectan las tecnologías de sistemas de producción integrados y los procesos de producción inteligentes, para dar paso a una nueva era tecnológica que va a transformar radicalmente la industria, las cadenas de producción y modelos de negocio (un ejemplo de esto sería la *smart factory*).

En el futuro cercano, las fábricas tendrán que hacer frente a este nuevo paradigma, que implica la necesidad de un rápido desarrollo del producto, producción flexible, y adaptarse a ambientes complejos (Vyatkin, Salcic, Roop y Fitzgerald, 2007). Estas fábricas inteligentes, también denominadas *smart factories*, se basarán en los sistemas ciber-físicos que permitirán la comunicación entre humanos, máquinas y productos. Estos sistemas son capaces de adquirir y procesar datos, y por lo tanto, pueden controlar por sí solos ciertas tareas e interactuar con los seres humanos. De esta manera, las estructuras y especificaciones de los procesos de producción son reemplazadas por reglas configuradas que son capaces de dar una solución de forma automática para cada caso específico.

La industria 4.0 se basa en tres aspectos fundamentales: *individualización*, *descentralización* y *creación de redes*.

En primer lugar, la *individualización* y la consideración del ciclo de vida del producto van dirigidas a optimizar el producto. La producción industrial de alta tecnología tiene que satisfacer a un rango de clientes muy heterogéneo a través de la individualización y a la vez conseguir economías de escala a lo largo de la cadena de valor (Brettel, Friederichsen, Keller y Rosenberg, 2014). Este problema se puede resolver mediante la aplicación del concepto de “personalización masiva” o *mass customization* que ya ha sido discutido (Fogliatto, da Silveira y Borenstein, 2012) y exitosamente aplicado (da Cunha, Adard y Kusiak, 2010). La individualización o personalización masiva es una estrategia de producción que se centra en la producción en masa de productos personalizados, en su mayoría a través de procesos flexibles, y la integración entre los miembros de la cadena de suministro a lo largo de la cadena de valor (Pine, 1993).

En segundo lugar, la *descentralización* productiva consiste en un modo de organización de la producción en virtud del cual se hace un encargo a terceros de determinadas partes u operaciones del proceso productivo (Ermida Uriarte y Colotuzzo, 2009). Este sistema es vital para la implantación de este modelo, ya que según expertos entrevistados por Brettel et al. (2014), los sistemas descentralizados tienen un alto potencial para hacer frente a un entorno altamente complejo y adaptarse a la producción de productos personalizados. Además, los beneficios esperados de la “Industria 4.0” sólo podrán lograrse con un adecuado desarrollo e implementación de un plan de producción descentralizada (Bochmann, Gehrke, Böckenkamp, Weichert, Albersman, Prasse, Mertens, Motta y Wegener, 2015).

En último lugar, la *creación de redes* será el aspecto en el que centraremos nuestro estudio y donde se juntan los dos aspectos fundamentales que queremos tratar: el modelo de la triple hélice y la industria 4.0.

Por ello, entendemos que la investigación sobre las posibilidades del modelo de Triple Hélice de la Industria 4.0 en el contexto del País Vasco es de enorme interés tanto para ampliar las fronteras del conocimiento sobre esos temas, como para guiar el diseño de políticas públicas, como para facilitar la interacción entre empresas, universidades y administraciones públicas de cara a la implantación de modelos de manufactura avanzada.

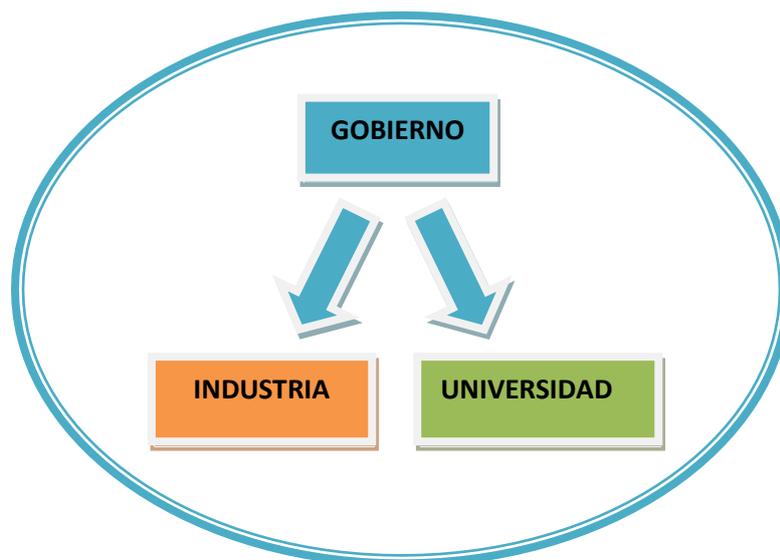
ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La interacción a nivel regional entre universidad, industria y gobierno no es algo nuevo, ya que se ha dado a lo largo del siglo XX. La novedad de este modelo reside en la extensión de la política tecnológica a prácticamente todas las regiones, ya sean de innovación o industriales (Etzkowitz, 2002a).

Etzkowitz y Leydesdorff (1995, 2000), desarrollaron el modelo de la Triple Hélice en el cual se plantean múltiples esquemas de interacción para sus integrantes, conocidos también como “actores” o “esferas institucionales”, representados por las universidades, gobierno y empresas. Estos autores presentan tres diferentes etapas del modelo:

- En la Etapa I, la administración general del gobierno abarca el mundo académico y la industria y regula las relaciones entre ellos (Figura 1).

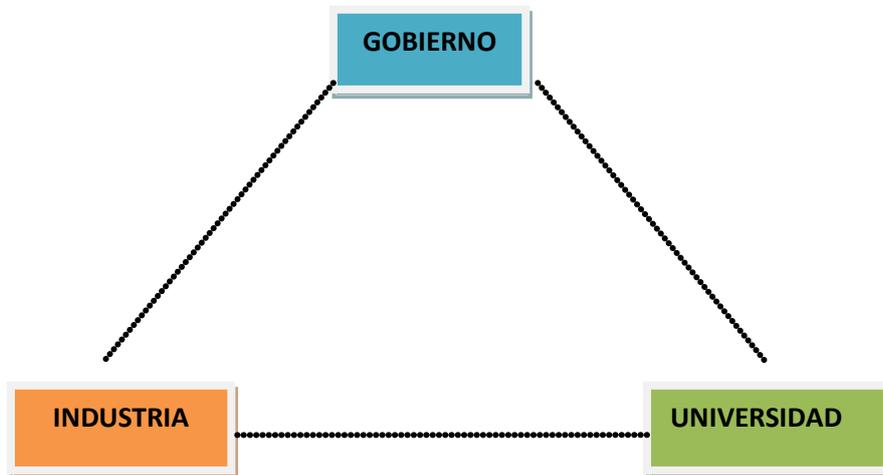
Figura 1



Fuente: Etzkowitz & Leydesdorff (2000)

- En la Etapa II, existe una separación de estos actores con una fuerte división de fronteras (Figura 2).

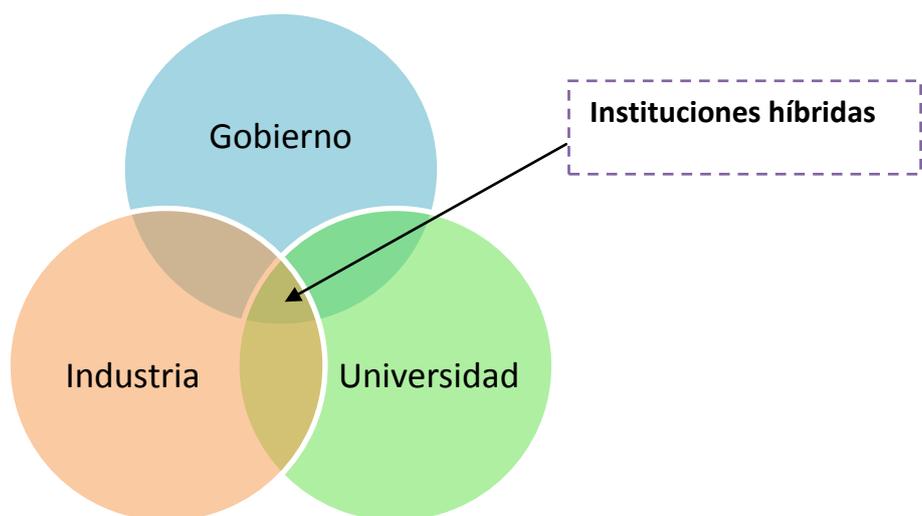
Figura 2



Fuente: Etzkowitz & Leydesdorff (2000)

- Por último, la Etapa III refleja un paradigma donde las distintas esferas institucionales se interrelacionan, tomando cada uno el papel de los otros y creando nuevas organizaciones híbridas para generar una infraestructura de conocimientos (Figura 3).

Figura 3



Fuente: Etzkowitz & Leydesdorff (2000)

En los últimos años se está desarrollando la Etapa III en muchos países desarrollados. Como se ha mencionado, esto trae consigo la aparición de nuevos actores híbridos. Se trata de pequeñas y medianas agencias emprendedoras que no pertenecen estrictamente a ninguna de las esferas institucionales nombradas, pero que tienen estrecha vinculación con agentes de estas tres esferas.

En un principio, y en términos generales, podemos encontrar tres tipos de estas entidades híbridas, que se diferencian por la manera en que son creadas y se desarrollan: *spin offs*¹, *spin outs*² y *start ups*³ (Koster, 2004; Castillo, 2010). Adicionalmente, y con respecto al País Vasco, Magro y Navarro (2012) proponen la figura de los Centros de Investigación Cooperativa (CIC) como entes híbridos conformados con la finalidad de fomentar y gestionar la cooperación entre las tres esferas institucionales, mediante actividades de investigación colaborativas. Desde finales de los años 90 se han creado varios de estos centros en la CAPV, con los objetivos de elevar el nivel de excelencia de la investigación de carácter básico, atraer talento extranjero, y posicionar la investigación vasca en las redes internacionales.

El modelo de la triple hélice ya ha sido utilizado como estrategia operativa para el desarrollo regional a través de innovación y para fomentar la economía basada en el conocimiento en varios países y, por lo general, se puede decir que el modelo funciona en los territorios desarrollados (Leydesdorff, 2012).

Cada vez es más la importancia que se le da a la transferencia tecnológica para impulsar los sectores productivos. La prueba de ello se da en la mayoría de países desarrollados, que no pueden plantearse una economía sin centros de investigación ni gobiernos que promuevan políticas públicas eficientes para promover acciones conjuntas.

No obstante, hay pocos casos en los que se haya aplicado la TH de una manera óptima o con la suficiente transparencia como para que se disponga de suficientes conocimientos que permitan mejores aplicaciones del concepto en otras áreas territoriales. Además, como se verá más adelante en el planteamiento de los objetivos este trabajo busca dar cabida en el modelo a nuevos sectores productivos. Por ello, consideramos que este

¹ Creación de nuevas iniciativas económicas desarrolladas en el sector empresarial, universitario o gubernamental que basan su actividad en la explotación de nuevos procesos, productos o servicios. Buscan la innovación y resultados aplicables al mercado con la ayuda de un grupo de expertos investigadores. Se desarrollan con recursos de sus entidades madre de donde han nacido.

² Son emprendimientos que tienen por finalidad la independencia de algunos de los departamentos o divisiones de la empresa y que llevan su *know how* a la apertura de nuevos negocios propios. Este proceso suele ser producto de una racionalización de procesos o de un plan de externalización de algunas actividades de la empresa, que le permita centrarse en los aspectos relevantes del proceso productivo, modificando, en suma, la cadena de valor de la empresa.

³ Son empresas emergentes apoyadas en la tecnología que se conforman con recursos que generalmente provienen de emprendedores, individuos que no pertenecen al sector laboral y que no cuentan con experiencia empresarial.

proyecto puede ayudar a esclarecer algunas de las lagunas mostradas hasta ahora por este modelo.

Por otro lado, el término “Industria 4.0” o *Industrie 4.0* es relativamente nuevo, ya que se dio a conocer públicamente en 2011, cuando una iniciativa llamada *Industrie 4.0*, una asociación de representantes de negocios, políticos, y académicos; presentó la idea como un enfoque para el fortalecimiento de la competitividad en la industria de fabricación alemana (Kagermann, Lukas y Wahlster, 2011). El gobierno federal alemán apoyó la idea al anunciar que *Industrie 4.0* será una parte integral de su iniciativa *High-Tech Strategy 2020 for Germany*, con el objetivo de colocar al país como líder en innovación tecnológica. Las primeras recomendaciones para su implementación fueron publicadas en abril de 2013 por el *Industrie 4.0 Working group* (Kagermann, Wahlster y Helbig, 2013). Por otro lado, también se ha trabajado para su implementación desde Holanda, con la estrategia “*smart industry: dutch industry fit for the future*”.

Este término hace referencia a la “cuarta revolución industrial” que está a punto de comenzar. Este planteamiento parte de que en el pasado se produjeron otras tres revoluciones industriales:

- La primera se produjo con la introducción de instalaciones de producción mecánica, comenzó en la segunda mitad del siglo XVIII en Gran Bretaña y fue desarrollándose a lo largo de todo el siglo XIX. Esta revolución contribuyó a crear la mayor parte de las desigualdades que existen actualmente en el mundo entre países.
- A partir de 1870, la electrificación y la división del trabajo (es decir, el taylorismo) provocaron la segunda revolución industrial.
- La tercera revolución industrial, también llamada “la revolución digital”, situada en torno a la década de 1970, trajo consigo la automatización de los procesos de producción gracias al desarrollo de la tecnología de la información y de la electrónica avanzada.

Como ya se ha indicado, esta cuarta revolución industrial se basa en, por una parte, la *individualización* mediante la “personalización masiva” y la “fabricación inteligente”, por otra la *descentralización* productiva, y por último la *creación de redes*. Todo apunta a que Alemania será el país mejor preparado para albergarla.

Por tanto, este estudio trata de responder a tres preguntas clave:

- (1) ¿Cómo se comporta cada organización dentro de los sistemas de colaboración entre las diferentes esferas del ecosistema (universidad, industria y gobierno)?
- (2) ¿Qué factores clave e intereses empujan a estas organizaciones a utilizar estas herramientas de colaboración?
- (3) ¿Cómo ayuda este modelo a implementar la “Industria 4.0”?

OBJETIVOS

Para lograr las metas fijadas en el desarrollo del proyecto hemos planteado los siguientes objetivos de trabajo:

Objetivo general (Finalidad)

Analizar un caso de éxito en la aplicación de herramientas de colaboración entre estos agentes e identificar las principales claves de actuación en estas asociaciones. Asimismo, se propone valorar las posibilidades de adopción de estos mecanismos en nuevos sectores productivos orientados a la “Industria 4.0”.

Objetivos específicos

1. Generar nuevo conocimiento sobre los instrumentos de integración entre estos agentes dentro del contexto de la “Industria 4.0”.
2. Identificar los conflictos de intereses y tensiones que el modelo de la “triple hélice” implica así como la posición en la que opera cada agente.
3. Comprobar la idoneidad de estas herramientas para la transferencia de conocimiento y tecnología.
4. Establecer el papel de la Industria 4.0 en el modelo de “triple hélice”, y a su vez determinar cómo este modelo puede afectar al desarrollo de la “Industria 4.0”.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Consideremos que la investigación a realizar posee tanto un carácter básico, ya que busca conocer un aspecto de la realidad (un caso de éxito en la aplicación de la triple hélice), como aplicado, pues busca la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos (aplicación del modelo en nuevos sectores). De esta manera, podemos decir que la investigación tiene la finalidad de incrementar los conocimientos pero con propósitos prácticos, es decir, la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

Por otra parte, como hemos indicado, la investigación tiene como objetivo aproximarse a un aspecto de la realidad social; por lo tanto, se trata de una investigación básicamente descriptiva. Consiste fundamentalmente en detallar un fenómeno o situación concreta, indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores (Ander-Egg, 1995). No obstante, en este caso pretendemos también anticipar desarrollos futuros.

METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos planteados, en primer lugar se aplicará el método analítico-sintético, en concreto a través de una revisión de la bibliografía, analizando la literatura previa existente en este campo de estudio con las herramientas que la universidad pone al alcance del alumnado investigador (Web of Science, Scopus...), y posteriormente proponiendo una síntesis de las respuestas a nuestras preguntas de investigación que se han encontrado en dicho análisis bibliográfico, así como las proposiciones que se pretende verificar por medio del análisis de casos.

En cuanto a la parte empírica, consideramos el método inductivo como el más apropiado para cumplir con los objetivos finales de este estudio. Este método trata de llegar a unos supuestos de carácter general a partir de supuestos particulares (los casos de éxito en la aplicación de la triple hélice), es decir, podemos obtener ciertos resultados, más o menos generalizables, a partir de los hechos observables.

La obtención y análisis de información se realizarán mediante un estudio de casos, en este caso los agentes en un caso de éxito en la aplicación de la triple hélice. Esta metodología de investigación empírica permite analizar el fenómeno en su contexto real, utilizando múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente (Villarreal y Landeta, 2010) con un enfoque científico esencialmente inductivo y, parcialmente, deductivo (Yin, 1994). Ello se materializará mediante entrevistas a personas clave de cada organización. En este caso se plantea realizar entrevistas en profundidad a los gerentes de los agentes participantes en proyectos de este tipo como medio para obtener información sobre distintas variables del modelo de la “triple hélice”.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo se estructura de la siguiente manera: En primer lugar, el marco conceptual se abre con un breve resumen de cómo se crean las redes, los requisitos para su creación, las ventajas que ofrece y como se gestionan y administran. Después se explica cómo funciona la vinculación empresa-centros de investigación-gobierno, el papel de la sociedad y los obstáculos que dificultan esta vinculación. A continuación, se describe el proceso de generación de conocimiento en este modelo y se señalan los agentes generadores y receptores de conocimiento. Para terminar con el marco conceptual, se explica cómo se da la transferencia del conocimiento, las barreras que impiden esta transferencia y las actividades o mecanismos que se utilizan para la transferirlo.

En segundo lugar, se indica la metodología a utilizar para el estudio empírico, se ilustra una tabla con el diseño metodológico del estudio, como se realizan las entrevistas y se muestran los resultados de éstas divididos en tres puntos fundamentales: relaciones,

intereses y conflictos de la colaboración; generación y transferencia del conocimiento; y la adopción de la Industria 4.0.

En tercer lugar, se muestran las conclusiones y las limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones.

Por último, se muestra toda la bibliografía utilizada para la realización del trabajo.

MARCO CONCEPTUAL

LA CREACIÓN DE REDES

Los agentes por separado rara vez poseen los recursos y conocimiento necesarios para resolver problemas por su cuenta. En ocasiones consideran que pueden resolverlos por su cuenta, pero se suele deber a una subestimación de la dependencia externa que tienen y una comprensión defectuosa de la naturaleza del problema. Así, como los agentes no pueden completar sus objetivos sin los medios que poseen, otros tienen que dirigirse en busca de la ayuda de esos otros agentes, creando así patrones de interacción. Con el tiempo, estas interacciones ganan robustez. De esta forma se da un proceso de construcción y solidificación de redes hasta que se forma una red madura (Koppenjan y Klijn, 2004).

Requisitos para su creación y correcto funcionamiento

La “Industria 4.0” incluye aspectos en los que se requiere un alto nivel de dinamismo, como por ejemplo, la fabricación en red. Esto requerirá modelos de negocio integrados en una red dinámica de organizaciones, en lugar de empresas que trabajan por separado. Como consecuencia, se suscita un número de cuestiones relacionadas con la financiación, el desarrollo, la fiabilidad, el riesgo, la responsabilidad y la protección de la propiedad intelectual y el *know-how*.

En lo que a la organización de la red y a la diferenciación de sus servicios se refiere, será fundamental asegurar que las responsabilidades están bien asignadas dentro de la red y respaldadas por la documentación obligatoria correspondiente (Kagermann et al., 2013). Además, los agentes de estas redes, especialmente cuando pertenecen a diferentes territorios y/o ámbitos de actuación, en ocasiones tienen diferentes prioridades, como pueden ser la rentabilidad, el crecimiento, el desarrollo económico, etc. (Henderson, Dicken, Hess, Coe, y Yeung, 2002); por lo tanto, estas prioridades también tienen que quedar claras en el momento en que se forma la red.

Asimismo, para una mayor productividad en comparación con las organizaciones tradicionales, las empresas y sus empleados deberán comunicarse con los demás departamentos del resto de las empresas de forma muy eficiente. Por ello, en esta investigación se estudiarán tanto las herramientas de comunicación utilizadas como la frecuencia con la que se comunican los miembros de estas redes en un caso real, así como el reparto de tareas, riesgos, financiación y otros aspectos.

La frecuencia con la que se comunican los miembros es de vital importancia por tres motivos. En primer lugar, facilita la transferencia de conocimientos tanto explícitos como tácitos a través de intercambios de conocimiento especializado. En segundo lugar, establece las bases para una buena relación a lo largo del tiempo, lo cual permite el uso de mecanismos sociales para coordinar los intercambios que se vayan dando. Y, por último, permite una mayor eficiencia en término de costes, ya que se usan estructuras de red especializadas (Williamson, 1985).

La falta de confianza es uno de los mayores obstáculos para el establecimiento de estas redes, ya que los gerentes no se sienten cómodos con la idea de compartir información importante con la competencia (Msanjila y Afsarmanesh, 2008). Según estudios anteriores (Bouncken y Kraus, 2013; Larsson, Bengtson, Henrikson y Sparks, 1998), compartir información entre Pymes puede dar lugar a innovaciones, pero también puede llevar a asimetrías en el aprendizaje, debido a actitudes oportunistas de los agentes participantes. La confianza también afecta a la profundidad y la riqueza de las relaciones de intercambio, sobre todo en el intercambio de información (Lorenzoni y Lipparini, 1999). Por estos motivos, también es de suma importancia idear formas o herramientas que aumenten la confianza entre los agentes de la red, para reducir el miedo a compartir información relevante de las organizaciones.

La disponibilidad de datos sobre el producto a lo largo de toda la red es un prerrequisito que permite la optimización de los procesos de producción. Como ya hemos comentado anteriormente, para crear una ventaja competitiva las empresas tendrán que externalizar algunas de sus actividades a los colaboradores de la red para que puedan centrarse en sus competencias básicas (Christopher, 2000).

Un problema habitual es que estas redes suelen tener programas fuertemente establecidos, los cuales pueden chocar con la resistencia de algunas empresas a cambiar. Por eso, estas cooperaciones sólo se pueden dar entre miembros que tengan unos sentimientos de identidad colectiva y unas motivaciones similares; sólo así se creará un clima de confianza mutua entre los miembros (Pérez, Barroso y Romero, 2003). Por otra parte, West (2007) considera que entre los miembros de un equipo, tanto en casos de alta integración (puntos de vista altamente consistentes) o de alta diferenciación (constantemente identificando diferentes opciones y alternativas), el rendimiento se ve afectado adversamente. Por lo tanto, conviene que haya un equilibrio y que los miembros de la colaboración no sean ni muy parecidos ni muy distintos en lo que a ideas y puntos de vista se refiere.

Provan y Milward (2001) sostienen que para que una red pueda trabajar con eficacia, las necesidades e intereses de las personas que trabajan para y apoyan a estas organizaciones deben ser satisfechas. Esto permitirá la construcción de una red de cooperación entre las distintas instituciones, que ofrecerán en conjunto servicios de manera más eficaz y eficiente que un sistema que funciona de manera fragmentada.

Para explotar la flexibilidad que pueden ofrecer las colaboraciones, la cadena de suministro tiene que ser diseñada para adaptarse a distintos horarios y rutas. Además,

los niveles de inventario y los tiempos dentro de la cadena de valor tienen que ser disminuidos para conseguir una mayor agilidad. Es necesario que haya un alto nivel de sincronización entre las organizaciones para que las necesidades de los clientes puedan ser satisfechas con fiabilidad. Por todo lo cual, el intercambio de información es de suma importancia. De esta forma, en estas colaboraciones es crucial que los datos adquiridos sean repartidos a lo largo de toda la cadena de valor para su completo aprovechamiento (Brettel et al., 2014).

Ventajas de la colaboración en redes

Por otro lado, la creación de redes aporta una serie de ventajas a las instituciones que las constituyen. En primer lugar, cuando una empresa comienza a colaborar, se desarrolla experiencia en la interacción, y esto proporciona un terreno fértil para nuevas interacciones innovadoras. Con el tiempo, el desarrollo de la capacidad para relacionarse permite a los administradores reducir los costes de intercambio, optimizar la estructura de gobernanza, e interiorizar conocimientos especializados a través de toda la red (Lorenzoni et al., 1999).

En segundo lugar, cuando estas redes cuentan con presencia del sector público (como es el caso de la triple hélice) suelen dar lugar a otro beneficio: muchos de los individuos que son empleados por organizaciones de la red son funcionarios o trabajadores en puestos públicos, con unos valores más comprometidos con los clientes y el bien público que con programas u organizaciones específicas, lo cual permite que los criterios de eficacia y metas de la organización pueden ser cumplidas con mayor facilidad, al centrarse en objetivos comunitarios. Asimismo, los agentes que persiguen el interés general a menudo serán innovadores importantes en la sociedad, ya que toman iniciativas para solucionar problemas sociales (Kickert, Klijn y Koppenjan, 1997).

En tercer lugar, las empresas que colaboran en un mismo territorio (caso que generalmente se da en el modelo de la triple hélice), habitualmente comparten una cultura e identidad territorial que impulsa el proceso de aprendizaje social. La gestión del conocimiento tiene dos dimensiones: el conocimiento explícito, que puede ser codificado y comunicado fácilmente con palabras, números, gráficos o dibujos, y el conocimiento tácito, que se incrusta en los sentidos, las percepciones individuales, la experiencia, la intuición y las reglas generales (Saint-Onge y Armstrong, 2004). Así, el conocimiento transmitido entre estas instituciones locales suele ser de carácter tácito más que explícito, por lo que sólo los actores pertenecientes a estas redes territoriales pueden beneficiarse del mismo (Albuquerque, 2006). Además, la proximidad territorial normalmente suele anular los problemas de inteligibilidad y comprensión en el lenguaje, especialmente los derivados del idioma.

En cuarto lugar, cuando hay confianza mutua entre los miembros, ambas partes asumen que cada parte obrará de forma predecible y aceptable para todos (Das y Teng, 1998).

Estas expectativas generadas por la confianza reducen los costes de transacción (por ejemplo, en el seguimiento de proyectos y renegociaciones), especialmente en tareas complejas y de larga duración (Hoang y Antoncic, 2003).

En quinto lugar, estas colaboraciones ofrecen a las organizaciones una oportunidad para adaptarse al entorno y lidiar con la incertidumbre ambiental, uno de los mayores problemas de la organización económica. Estas organizaciones estarán dispuestas a incurrir en costos para reducir el riesgo y la imprevisibilidad del entorno (Sulbrandt, Lira e Ibarra, 2001).

Por último, dentro de estas redes de colaboración los riesgos pueden repartirse y la combinación de recursos puede ampliar la gama de oportunidades de mercado (Chien y Kuo, 2013). La organización en red multiplica las capacidades disponibles sin la necesidad de nuevas inversiones. Por lo tanto, las empresas en redes de colaboración pueden adaptarse a los mercados volátiles y acortar los ciclos de vida de sus productos con gran agilidad.

Gestión y administración en redes

Como ya hemos comentado anteriormente, para un mejor funcionamiento de la red es recomendable que antes de su creación se asignen las posiciones en las que actuará cada agente. Esto sugiere que debería haber un agente principal encargado de la gestión y dirección de la red y sus miembros (aunque esto no suele ser así), pero esto no quiere decir que el resto de agentes no mantenga un cierto margen de libertad. Por lo tanto, sería muy optimista esperar que cualquier idea propuesta por uno de los agentes vaya a ser implementada por los otros fácilmente y sin poner trabas. Por ello, la dirección de la red no sólo tendrá que lidiar con un entorno incierto y dinámico, sino que también tendrá que lidiar con la imprevisibilidad en los comportamientos de los agentes de la propia red (Kickert et al., 1997).

Esto no es extraño, ya que en las redes cada agente trabaja estratégicamente con diferentes objetivos y percepciones. Este factor, combinado con la ausencia de un actor central con suficiente importancia como para imponerse sin objeciones de los otros miembros, hace que la gestión de una red sea sumamente complicada. De hecho, como las redes no son jerárquicas, la mayoría de decisiones son discutidas y decididas por consenso, los recursos provienen de múltiples fuentes y el castigo por retirarse de la red es relativamente pequeño, lo cual dificulta aún más la gestión de estas colaboraciones.

Así, la autoridad en la red se comparte con los muchos *stakeholders*: otros administradores, especialistas, científicos de investigación, investigadores de políticas y funcionarios. Entre los socios, es poco probable que un solo organismo tenga la autoridad legal o recursos financieros suficientes para abordar completamente un problema. Por lo tanto, el potencial que posee la red para la solución de la mayoría de

los problemas no radica en la propia red o en cualquier agencia o programa, sino en la combinación de unos cuantos dentro del sistema (Agranoff, 2006).

En estas redes, la intención y los objetivos de la investigación de cada miembro son solicitados regularmente para que se puedan formar nuevos subgrupos en función de sus intereses y de los temas actuales de interés. Las actividades y las reuniones deben ser coordinadas para garantizar que se den sinergias entre los temas de desarrollo y que se realicen los proyectos de investigación entre todos los participantes. Esto conduce continuamente a nuevos enfoques para proyectos que se perseguirán internamente o servirá de base para la solicitud de la financiación pública de ayudas a la investigación (Zuehlke, 2010).

En el proceso, la red está siempre abierta a nuevos socios, que puedan traer innovaciones en productos o procesos de producción, proyectos o ideas y/o tener un deseo de unirse activamente en los trabajos que se están desarrollando dentro de la red.

A pesar del espíritu de cooperación y el aura de confort que ofrecen estas colaboraciones, las redes no están exentas de conflictos y problemas de poder. Numerosos mini-conflictos ocurren en estas colaboraciones: la contribución de los recursos, el tiempo que dedica cada miembro a la red, la ubicación de las reuniones y conferencias, y lo más importante, las amenazas de retirada debido a la frustración por el tiempo y el esfuerzo invertido para lograr resultados.

La literatura sobre las redes hasta ahora sugiere que la gestión y dirección de éstas es una labor intensiva y nada fácil. Esto requiere mucha habilidad, conocimiento tácito sobre la red y dotes para negociar, ya que las estrategias adoptadas son implementadas en una situación sin relaciones jerárquicas. El papel del director de la red debe ser más de mediador y de estimulador de la interacción que de director ejecutivo. *A priori*, este rol no se le suele dar a un único agente, sino que suele ser desempeñado por varios agentes, más de uno al mismo tiempo, ya sean públicos o privados (Koppenjan et al., 2004).

A continuación pasaremos a analizar el papel de cada agente dentro de estos modelos de colaboración, así como los puntos de mejora y obstáculos que se presentan para entender mejor como se deberían de gestionar las colaboraciones triple hélice.

LA VINCULACIÓN EMPRESA-CENTROS DE INVESTIGACIÓN-GOBIERNO

Los principales agentes de una vinculación triple hélice son la universidad, la industria y el gobierno, cada uno de los cuales desempeña un papel exclusivo y, como hemos comentado, hay ocasiones en las que uno desempeña el papel de otro (por ejemplo,

mediante la creación de *spin-offs* universitarias⁴. En este trabajo vamos a considerar tanto a los participantes principales en estas vinculaciones, es decir, el sector productivo y la universidad, como al gobierno, que desempeña un papel más específico en el desempeño de cada organización mediante la regulación del marco legislativo y trata de facilitar y apoyar la vinculación mediante sus acciones y medidas.

Centros de Investigación

El campo académico ha ganado mucho interés como fuente de innovación y desarrollo científico en los últimos años y, por tanto, se ha convertido en un ente integrador de políticas públicas para el gobierno y las empresas. Tanto es así que la Universidad está pasando por una doble transformación: por un lado, una expansión de sus misiones, pues a las dos tradicionales ~~de docencia e investigación~~ de conocimientos para contribuir al desarrollo económico y social de su entorno; por otro, un gran impulso al mayor desarrollo de la segunda misión, esto es, la investigación (Etzkowitz, 2002b).

A pesar de estos cambios, la actividad investigadora en la Universidad tradicionalmente ha sido de tipo básico y realizada por un número relativamente reducido de investigadores; por ello, más adelante la investigación se ha desarrollado en instituciones públicas de grandes dimensiones (Acuña, 1993).

Por otro lado, Naidorf (2002) sostiene que muchas de las nuevas actividades que la Universidad está comenzando a desarrollar están enmarcadas en contratos de investigación con empresas que, en ocasiones, llevan a un cambio en los temas de investigación, en los criterios de selección y evaluación del personal investigador y, en síntesis, repercuten en el desarrollo de la actividad investigadora.

En los últimos años la Universidad está experimentando un cambio en la forma en la que investiga, pues se está pasando de una investigación básica subvencionada, con posibles resultados a largo plazo, a una investigación más aplicable y práctica, por medio de patentes y de organismo híbridos (por ejemplo, empresas *spin-off* y *start-up*). Dentro de la Universidad se está viviendo una transición continua del campo

⁴ Nuevas empresas basadas en el conocimiento procedente de la actividad universitaria, en la que participa personal de la universidad y en la que ésta participa en el capital de la empresa (Beraza y Rodríguez, 2012a). La utilización de estos mecanismos de transferencia de conocimiento depende de los siguientes factores: el interés del investigador, el sistema de incentivos existente en la universidad, las características de la tecnología explotada, el área académica origen de la invención, las características del sector industrial en el que se va a explotar la tecnología, la posible mayor rentabilidad a obtener con este mecanismo de transferencia y las características de las unidades de transferencia de conocimiento universitario (Beraza y Rodríguez, 2010). Así pues, se pueden distinguir varios tipos de *spin-offs* universitarias basándose en: la actitud de la universidad, el status de las personas que han dado origen a la idea, si el investigador se convierte en emprendedor, si se transfiere conocimiento patentado, si se recibe capital externo, su tipo de actividad y el modelo de desarrollo seguido (Beraza y Rodríguez, 2012b)

investigador hacia el campo práctico, con lo cual las relaciones Universidad-Empresa ganan cada vez más relevancia (Cortés, 2006).

De esta manera, la Universidad está creando vínculos más estrechos con la sociedad en campos específicos que tienen una mayor relación con el desarrollo económico. Esto se puede lograr mediante la búsqueda de contactos con el sector productivo, que servirán como una manera de contribuir al fortalecimiento de la investigación universitaria por un lado, y al desarrollo económico del país por otro.

Además de jugar un papel muy importante en las actividades socioeconómicas de un territorio, la Universidad puede ser el punto de partida para que las organizaciones híbridas – *spin offs*, *spin outs*, *start ups* y CIC, por ejemplo–, puedan formarse mediante la creación de estrategias y acciones que estimulen la investigación y el desarrollo.

Igualmente, las universidades que cuenten con un centro o instituto que dirija la vinculación con el sector productivo y que impulse la innovación tecnológica, estarán en una mejor posición para contribuir al fortalecimiento de la capacidad tecnológica de las empresas y, por lo tanto, para colaborar con el sector productivo.

La colaboración con el sector productivo trae consigo varios aspectos con los cuales la Universidad puede salir beneficiada. A continuación enumeraremos algunas de esas ventajas:

- Lograr una mejor formación de sus estudiantes.
- Mejorar su capacidad tecnológica.
- Formar recursos humanos que puedan incorporarse, bien al sector productivo, bien a la propia Universidad.
- Lograr la participación de los alumnos en proyectos con empresas, que les permitan la aplicación de sus conocimientos adquiridos en la universidad.
- Recibir conocimientos técnicos industriales.
- Obtener ingresos propios derivados de estas colaboraciones.
- Contar con conocimiento específico del sector productivo que podrá ser utilizado para futuras investigaciones de la Universidad.
- Estancias de estudiantes en empresas.
- Creación de nuevas carreras y campos de investigación.

La universidad tiene un papel fundamental a la hora de contribuir en la innovación empresarial. De hecho, en los últimos años el 20% de las innovaciones del sector privado provienen de investigaciones planteadas en las universidades públicas (Luengo y Obeso, 2013).

Por otro lado, los centros tecnológicos no se dedican simplemente a investigar y a proveer tecnología, sino que son los principales colaboradores de las empresas, con las cuales mantienen una intensa relación. Es así que los centros tecnológicos serán los

encargados de dar el último paso (además de varios pasos intermedios) para la obtención de ventajas competitivas que, preferentemente, puedan dar lugar a nuevas actividades productivas y/o a nuevas iniciativas empresariales (García, 1992).

De esta manera, los centros tecnológicos hacen posible que exista una relación entre la investigación y el mundo empresarial, de lo contrario la investigación no iría más allá de su carácter básico. Esto es de vital importancia en la CAPV, sobre todo teniendo en cuenta nuestra dependencia industrial y la dependencia de ésta a las innovaciones tecnológicas que permita a las empresas industriales mantener una posición competitiva en el mercado.

Además, la extrema rapidez con la que se producen los cambios tecnológicos en el entorno de la industria dificulta a algunas empresas, sobre todo PYMEs, llevar adelante el desarrollo tecnológico necesario para seguir siendo competitivas sin la ayuda de los centros tecnológicos.

Asimismo, queremos destacar la dependencia de los agentes científico-tecnológicos respecto de la industria a la hora de crear nuevos negocios, ya que sin la ayuda de las empresas estos agentes poseen un escaso potencial para conseguirlo (Bozeman, 2000).

Por último, queremos resaltar el carácter dinámico de la Universidad, avalado por las continuas transformaciones que ha sufrido a lo largo de su historia. Por esto y porque son los centros de investigación los que cuentan con las mejores condiciones e infraestructuras de investigación en la mayoría de los países (Acuña, 1993), creemos que se debe dar una colaboración mucho más intensa entre la Universidad y los centros tecnológicos, y de ambos dos con las empresas.

La Empresa

En los últimos años, las empresas se han encontrado inmersas en un entorno turbulento, caracterizado principalmente por presentar incertidumbre, dinamismo y complejidad. En este ambiente reinan los frecuentes cambios tecnológicos y la constante generación de nuevos conocimientos. Este entorno estimula la cooperación entre las empresas, los agentes tecnológicos y las universidades, ya que estas colaboraciones impulsan el desarrollo tecnológico de las empresas y evitan el estancamiento tecnológico en un entorno donde quedarse obsoleto significa dejar de existir.

En un territorio industrializado, como es el caso de la CAPV, y donde más del 90% de las empresas son Pymes, el desarrollo tecnológico de las mismas es especialmente importante para la generación de riqueza del país. Estas pequeñas y medianas empresas son exitosas en la medida que incorporan elementos tecnológicos innovadores, tanto en los procesos productivos como en sus productos, para lo cual necesitan un sistema que impulse el desarrollo tecnológico (Durán, 1992).

En la CAPV, como hemos indicado anteriormente, tenemos nuestro propio SRI (Sistema Regional de Innovación) que favorece la labor innovadora de las organizaciones e intenta facilitar la cooperación entre estas. Asimismo, de acuerdo con estudios anteriores sobre este tema, la existencia de un entorno regional que impulse la actividad innovadora es de vital importancia para las Pymes, debido a que se encuentran más conectadas con el entorno regional que las empresas de mayores dimensiones (Lavía et al., 2011).

Las universidades y centros tecnológicos están preparados para implantar nuevas formas de crear fuentes de innovación para el desarrollo de altas tecnologías en las empresas. Según Castillo (2010, pp. 92) "...Esto se puede lograr a través de incubadoras de empresas, oficinas universitarias de transferencia tecnológica, e institutos tecnológicos que coordinadamente establezcan vínculos para el desarrollo de las nuevas tecnologías". Por lo tanto, existe una clara oportunidad para que las empresas estrechen su relación con las universidades y centros tecnológicos y puedan conseguir un desarrollo tecnológico que de otra manera no podrían alcanzar con sus propios medios.

En resumen, es fundamental impulsar la relación y cooperación de las empresas con universidades y centros tecnológicos para lograr un mayor acercamiento entre estas instituciones con el objetivo de desarrollar los siguientes aspectos (Borrego, 2009):

- La investigación básica y aplicada orientada a solucionar problemas de la realidad y a generar conocimiento.
- El desarrollo socioeconómico de la región.
- Una mayor difusión de los resultados de la investigación académica.

Por otro lado, el sector productivo podrá conseguir los siguientes beneficios (Borrego, 2009):

- Promoción y capacitación de sus empleados.
- Innovaciones en procesos y productos.
- Reducción de costes.
- Consolidación de mercados.
- Penetración en nuevos mercados.
- Incremento de ventas.

El Gobierno

Dentro del modelo de triple hélice el gobierno se establece como el director de las condiciones políticas y marco regulador enfocado a generar entornos de crecimiento para las organizaciones. Para el correcto funcionamiento de este modelo, el gobierno debe de tomar un papel activo a través de la legislación, instrumentos e incentivos

fiscales que fomenten y dinamicen las relaciones entre la universidad y la empresa (Castillo, 2010).

El gobierno tiene un papel elemental en este modelo pues se encargará de (Borrego, 2009):

- Mejorar la competitividad de la educación y universidades a través del marco legal.
- Incentivar a empresas y personas para que sean más propicias a participar en estas colaboraciones.
- Definir e implantar políticas públicas que faciliten la existencia de un ecosistema donde los agentes puedan interactuar.
- Simplificar la legislación para facilitar su difusión e implantación.
- Crear estrategias de financiamiento para acciones de colaboración.
- Desarrollar una legislación que impulse el desarrollo de empresas en el interior de las universidades y el intraemprendizaje, es decir, iniciativas empresariales que surgen de personas que ya trabajan en empresas.
- Tener una estrategia, definir apuestas, crear instrumentos, e intentar facilitar, en definitiva, las condiciones de entorno y los incentivos donde los agentes puedan desarrollar su actividad con garantías

La sociedad

En los últimos años, se ha añadido una cuarta hélice que representa a las organizaciones y a personas representativas de la sociedad civil, nos referiremos a ella como "sociedad". Se trata de reconocer el papel que determinadas personas o grupos sociales, más allá de su representación institucional, desempeñan en la dinámica económica y en el impulso de proyectos relevantes para el futuro económico de un territorio.

Esto conduce a una comprensión más amplia de la producción del conocimiento y a la integración del público en los sistemas de innovación avanzados. El público utiliza y aplica el conocimiento, por lo que los usuarios públicos también forman parte del sistema de innovación. Este nuevo modelo asegura un punto de vista más completo de la realidad, al incorporar los factores socioeconómicos y sociopolíticos.

Las actividades de innovación derivadas de la "Cuádruple Hélice" permiten mayor variedad de innovaciones que el modelo de la "Triple Hélice". Las actividades de innovación derivadas de la "Triple Hélice" se centran en la producción de innovación de alta tecnología basada en la última tecnología y en el conocimiento de la investigación. Debido a esto el modelo de la "Triple Hélice" se considera mejor para las empresas de alta tecnología basadas en la ciencia que para otros tipos de empresas (MacGregor, Marques-Gou y Simon-Villar, 2010). Las actividades de innovación derivadas de la

"Cuádruple Hélice", en cambio, pueden centrarse en la producción de otro tipo de innovaciones, y en la aplicación de la tecnología existente e investigación del conocimiento (Arnkil, Järvensivu, Koski y Piirainen, 2010).

Este modelo es, en resumen, el nexo o el eje del nuevo Ecosistema de Innovación del siglo XXI, donde la gente, la cultura y la tecnología se encuentran e interactúan para catalizar la creatividad, provocar la invención, y acelerar la innovación en todas las disciplinas científicas y tecnológicas y los sectores público y privado (gobierno, universidad, industria y la producción del conocimiento no gubernamental, así como otras entidades de la sociedad civil, instituciones y grupos de interés) (Carayannis y Campbell, 2012).

Pero también se están abordando otros aspectos: la cultura y la cultura de la innovación, el conocimiento de la cultura y la cultura del conocimiento, los valores y estilos de vida; el multiculturalismo y la creatividad; los medios de comunicación; el arte, los sistemas multinivel de innovación (locales, nacionales y globales), con universidades de las ciencias y universidades de las artes (Carayannis y Campbell, 2012).

Estos diversos y heterogéneos factores culturales deben ayudar a fomentar la creatividad, que es tan necesaria y esencial para la creación y la producción de nuevos conocimientos y nuevas innovaciones.

En los sistemas de innovación multinivel, que están siendo llevados y conducidos por la producción de conocimientos avanzados en el contexto del modelo de innovación de la "Cuádruple Hélice", las actividades de investigación de las universidades de las ciencias (ciencias naturales, la vida ciencias, ciencias sociales y humanidades) son esenciales.

Sin embargo, lo que cuenta aquí, no son sólo las ciencias, sino también las artes. Las ciencias son una manifestación de conocimientos, pero también el arte, al menos parcialmente, puede ser entendido como una manifestación del conocimiento. En el contexto de la educación superior y las universidades, que casi siempre se inclinan a hablar de "la investigación científica", existen también importantes formas de "investigación artística". "La investigación artística" es una nueva práctica en las artes, en la cual los propios artistas actúan como investigadores y presentan sus hallazgos en forma de obras de arte (Carayannis y Campbell, 2012).

Estos mismo autores (Carayannis y Campbell, 2012) mencionan también la "Quíntuple Hélice", la cual incluye también el factor de impacto ecológico y medioambiental. Este modelo aporta la perspectiva de los ambientes naturales a la sociedad y la economía de la producción de conocimiento y los sistemas de innovación.

Por otra parte, uno puede desear ir más allá de las tres dimensiones del modelo de la "Triple Hélice", pero una cuarta o quinta dimensión requeriría más especificación, operacionalización en términos de datos potencialmente relevantes, y el desarrollo de indicadores relevantes. Teniendo en cuenta la dificultad que entraña poner en práctica y mostrar el desarrollo del relativamente simple modelo de la "Triple Hélice", se debería

de tener cuidado al plantear modelos más allá del modelo “Triple Hélice”, como la cuádruple o quíntuple hélice (Leydersdorff, 2012).

Por esto mismo, en este trabajo no queremos ir más allá del modelo de la “Triple Hélice” y hemos decidido simplemente nombrar y explicar brevemente los conceptos de la “Cuádruple Hélice” y “Quíntuple Hélice”.

Obstáculos y barreras para la vinculación Empresa-Centros de Investigación-Gobierno

Aunque el gobierno trate de facilitar la vinculación entre Empresa y Universidad a través de la legislación siguen existiendo obstáculos que dificultan que estos agentes colaboren conjuntamente en un proyecto:

- Las universidades pequeñas o de carácter regional necesitan más oportunidades para trabajar en proyectos con el sector productivo.
- La lentitud de los procesos administrativos dentro de la universidad puede entorpecer cualquier colaboración que se quiera llevar a cabo. El exceso de burocracia y papeleo pueden generar importantes obstáculos, tanto para los agentes internos de la Universidad como para las empresas.
- Decidir quién obtendrá el resultado del desarrollo de la investigación también supone un gran problema, ya que ambos agentes están interesados en los altos rendimientos que se podrían generar al obtener la patente o titularidad de la investigación.
- La diferencia en la naturaleza de los objetivos. La universidad quiere desarrollar actividades académicas con el objetivo de generar fuentes de financiamiento para sus investigadores y proyectos; la empresa, sin embargo, se interesa por el rendimiento que el resultado del proyecto pueda generar.
- La dificultad de las empresas para encontrar profesionales suficientemente capacitados en la universidad para el desarrollo de nuevas formas de investigación, al ser muchos los investigadores inexpertos en los sectores productivos o carentes de experiencia laboral.
- Diferencias en las formas de trabajar: los investigadores universitarios están inclinados a realizar estudios minuciosos en periodos largos de tiempo, mientras que las empresas requieren soluciones rápidas.
- Las exigencias de confidencialidad exigidas en muchos casos por las empresas, lo cual implica falta de difusión de las investigaciones universitarias, puede representar un problema para la Universidad,

ya que los proyectos desarrollados no consiguen alcanzar el impacto esperado mediante publicaciones.

- Recortes en educación o políticas públicas que van en detrimento de estas acciones pueden suponer una carga para el desarrollo de estas vinculaciones. Por ello se resalta la importancia de que el gobierno, más como gestor en estas vinculaciones que como actor principal, pueda establecer leyes a nivel interno en un territorio o país que apoyen la educación superior.
- La Universidad tiene dificultad para orientar sus investigaciones a resultados capaces de acceder al mercado. Por eso es importante la actividad de los centros tecnológicos para incorporar las innovaciones al mercado.
- Las empresas, especialmente las más pequeñas, suelen tener problemas para entender el lenguaje científico y para comprender los beneficios de aplicar innovaciones cuyo resultado en muchas ocasiones es todavía incierto.

GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA TRIPLE HÉLICE

Agentes generadores del conocimiento

A lo largo de su trayectoria, las empresas han ido acudiendo a diferentes profesionales que les ayudasen con la generación del conocimiento. Los perfiles de actuación de estos agentes dependen directamente del uso e interpretación de la información. Estos profesionales utilizan la información para solucionar problemas o generar ideas que podrán dar lugar a nuevas tecnologías y conceptos que, a su vez, proporcionarán ventajas competitivas (Rezende, 2001).

Como se ha ido indicando a lo largo del documento, los centros tecnológicos y las universidades se encargan principalmente de la generación del conocimiento y de la tecnología, aunque estos dos agentes son muy diferentes el uno del otro en algunos aspectos. Crow y Bozeman (1998), aportan varios datos que muestran las diferencias entre la Universidad y los centros tecnológicos:

- El 51% de los centros tecnológicos consideran el desarrollo tecnológico como su principal objetivo, comparado con el 23% en las universidades.
- El 70% de las universidades ve la investigación básica como su principal objetivo, comparado con el 42% de los centros tecnológicos.
- El 40% de las universidades están involucradas en la transferencia de tecnología, mientras que el 52% de los centros tecnológicos lo hacen.

- Las universidades dedican el 44% de su actividad a la publicación de la investigación científica, en comparación con el 36% en los centros tecnológicos.

Una importante ventaja que poseen los centros tecnológicos es que, por lo general, suelen disponer de una infraestructura y equipamiento científico fuera del alcance de la universidad por su elevado coste. Aunque esto depende bastante del entorno y en épocas de crisis económica hay centros tecnológicos que están disponiendo de problemas serios para tener un equipamiento a la altura ya que su financiación es mayoritariamente privada.

Por otro lado, la más obvia ventaja de la universidad en comparación con los centros tecnológicos son sus estudiantes. La presencia de los estudiantes marca una notable diferencia en la salida, cultura y utilidad de la investigación. Los estudiantes sirven de gran ayuda para la investigación universitaria y son un recurso de bajo coste para la universidad. Además los propios estudiantes son un medio de transferencia tecnológica a las empresas a las que se dirigen al finalizar el grado, y que a menudo ofrecen vínculos perdurables entre la universidad y las empresas (Bozeman, 2000).

Rahm, Bozeman y Crow (1988) investigaron sobre las actividades de transferencia tecnológica en las universidades y en los centros tecnológicos y llegaron a la conclusión de que estos dos agentes participaban menos en la transferencia de tecnología cuando su prioridad es la investigación básica. Sin embargo, aquellos centros que centraban su actividad en el desarrollo tecnológico tenían más posibilidades de participar en actividades de transferencia tecnológica.

Lee (1996) señala que las actividades comerciales universitarias no suelen tener el rendimiento esperado y, a menudo, implican riesgos considerables. Además, no es recomendable que los investigadores universitarios se impliquen en problemas específicos de la industria ya que estos investigadores están generalmente poco preparados para conocer las particularidades de los mercados de productos (Rosenberg y Nelson, 1994).

Teniendo en cuenta que la Universidad está más centrada en investigación genérica, y los centros tecnológicos en la investigación aplicada, con una infraestructura y personal más preparados para enfrentarse a problemas específicos de la industria; consideramos que estos dos agentes en conjunto deben ser los principales encargados de generar conocimiento y tecnología relacionados con la “Industria 4.0”. Por eso, cada uno de ellos debe posicionarse en nichos donde puedan aportar más valor (la Universidad en investigación de carácter más básico, y los centros tecnológicos en investigación más aplicada y desarrollo tecnológico); y ambos deben coordinarse conjuntamente en torno a estrategias de focalización supra-agentes (a nivel de región o de país).

Dicho esto, podría parecer que la Universidad toma un papel secundario o de escasa importancia en la generación del conocimiento, pero nada más lejos de la realidad. Este agente seguirá siendo el principal encargado de la investigación básica, más enfocada al

largo plazo y fundamental para que en un futuro puedan volver a darse revoluciones como la “Industria 4.0”. Nelson (2004) señala el peligro de visualizar la investigación al servicio del sector productivo como la única de interés, pues se corre el riesgo de que se dé un estancamiento científico, y por lo tanto, se paralice la generación de conocimiento.

En el caso de Alemania, el conocimiento de la “Industrie 4.0” se ha desarrollado especialmente en centros de investigación (como DFKI “German Research Center for Artificial Intelligence” o Fraunhofer, con diferentes institutos especializados en distintos campos de las ciencias aplicadas). DFKI se centra en la investigación de inteligencia artificial y trabaja campos como la tecnología de software comercial y las tecnologías de la información y comunicación. Su actividad está subvencionada mayormente por el gobierno alemán pero también reciben fondos para la investigación de la Unión Europea. Fraunhofer ofrece soluciones de utilidad práctica y su principal objetivo es el desarrollo económico del territorio y el beneficio social. Muchos de los trabajadores de estos centros tecnológicos también trabajan como profesores o investigadores en otras universidades alemanas o extranjeras.

Por otra parte, el gobierno (mediante Acatech “the National Academy of Science and Engineering”), asociaciones clusters e iniciativas conjuntas (como “Plattform Industrie 4.0”, iniciativa conjunta entre organizaciones industriales e “it’s OWL”, red de tecnología científica e industrial) y asociaciones público-privadas (como “SmartFactoryKL”) también son piezas clave en la generación del conocimiento.

It’s OWL es un cluster, formado por una red tecnológica que integra 174 compañías y centros de investigación, que está ayudando allanar el camino a la cuarta revolución industrial y hace una contribución significativa a la competitividad de fabricación y producción en Alemania. Es considerado por Alemania uno de sus cluster más competitivos y uno de los principales generadores de conocimiento para la “Industrie 4.0”, en el que las empresas toman un papel importante en la generación del conocimiento.

Agentes receptores del conocimiento

Las asociaciones creadas hasta ahora para establecer la “Industria 4.0” o para implantar la “Smart Factory” cuentan con miembros de diversos sectores de la economía y la investigación. Los agentes fundadores de estas colaboraciones participan en el sector secundario (sector industrial y energético), en el sector terciario (sector de comunicaciones) y, especialmente, en el sector cuaternario (industria de alta tecnología, tecnologías de la información, telecomunicaciones, industria de la información...).

Sus objetivos comunes son el desarrollo, la aplicación y distribución de innovadoras tecnologías industriales y crear las bases para su uso generalizado en la investigación y en la práctica.

Aunque la Industria 4.0 esté en su etapa inicial, ya se empieza a observar en qué campos y sectores tendrá su mayor impacto. En Alemania, esta revolución se está desarrollando en los campos de la ingeniería mecánica, industria automotriz, tecnologías de comunicación, ingeniería eléctrica, ingeniería médica y tecnologías de automatización entre otros.

Las empresas, además de ser partícipes en su creación, serán las responsables de recibir el conocimiento y aplicarlo a su cadena de valor, una vez éste sea aplicable gracias al trabajo de los agentes tecnológicos y empresariales. En el caso alemán, importantes multinacionales como Bosch, Festo, Sap, Trumpf o Wittenstein son las principales receptoras de conocimiento y tecnología sobre la “Industrie 4.0”.

Bosch opera en las áreas de tecnología automotriz e industrial, bienes de consumo y tecnología de construcción. Festo desarrolla la tecnología de la automatización mediante tecnología neumática, electrónica y redes para todo tipo de procesos y actividades industriales. Busca la fusión entre la informática moderna y las tecnologías de comunicación con los procesos clásicos de la industria.

Sap se encarga del diseño de productos informáticos de gestión empresarial, por lo que ayuda a todas las empresas a funcionar mejor y Trumpf desarrolla su actividad en los campos de la tecnología laser, electrónica, máquina-herramienta y tecnología médica. Por último, Wittenstein abarca campos como la nanotecnología, construcción de máquinas o tecnología de la medicina.

Por otra parte, en Holanda también están acogiendo esta revolución en campos como la industria automotriz (VDL Nedcar), el sector metalúrgico (Tailorsteel o PM-Group), el sector tecnológico (Brainport Industries), el sector de servicios (Sitech Services) o el sector aeronáutico (Fokker Aerostructures). Incluso se está desarrollando en el sector primario (sector ganadero) por parte de empresas como Lely.

Como se puede observar, muchos de los sectores en los que participan estas empresas presentan un alto grado de madurez tecnológica (industrial, electrónica, máquina-herramienta...). Aunque otras tecnologías que están desarrollando se encuentran en una fase inicial o media de madurez (tecnología médica y laser, nanotecnología, automatización...). En general, cuanto mayor grado de madurez posean las tecnologías que se utilizan menor será el riesgo y también menor el grado de desarrollo tecnológico, y cuanto menor grado de madurez posean las tecnologías que se utilizan, mayor grado de desarrollo tecnológico propio y mayor riesgo tecnológico existirán.

Debido a que esta revolución industrial se encuentra en su etapa inicial es lógico pensar que muchos de los sectores donde se va a desarrollar y tecnologías que se van a utilizar estén todavía en desarrollo y tengan un gran margen de mejora.

LA TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

En este trabajo entendemos la transferencia del conocimiento como el proceso mediante el cual el sector productivo obtiene acceso a los avances tecnológicos desarrollados por los investigadores de la Universidad y los centros tecnológicos, a través del traslado de dicha tecnología al sector privado para que éste se ocupe de transformarla en bienes, procesos y servicios aprovechables comercialmente. Así, la transferencia del conocimiento crea un nexo entre los agentes científicos y las empresas (López, Mejía y Schmal, 2006).

Tradicionalmente, la revisión de la literatura y la inspección de revistas de disciplinas específicas ha sido la forma predominante de obtener información científica. Pero, a través de la transferencia del conocimiento han surgido nuevas formas de obtener información como acuerdos de investigación, licencias, patentes o la transferencia informal de *know-how*. Por ello, los mecanismos de transferencia del conocimiento han cobrado más importancia en los últimos años.

Aunque en este trabajo nos vamos a centrar especialmente en cómo se transfiere el conocimiento desde la universidad y los centros tecnológicos a las empresas, hay que recordar que para que se puedan dar otro tipo de innovaciones como “la innovación social y cultural” es necesario que los agentes científicos no sólo transfieran el conocimiento a las empresas, sino al conjunto de la sociedad también (Echeverría Ezponda, 2008).

El modelo de la triple hélice integra este proceso de transferencia del conocimiento como parte del proceso de innovación y toma en cuenta al gobierno como agente condicionante en este proceso (Etzkowitz y Leydesdorff, 1998). A continuación, vamos a analizar los incentivos que proponen varios autores para mejorar la transferencia de conocimiento entre los centros de investigación y la industria.

Por ejemplo, Kitagawa y Woolgar (2008) analizan cómo las regulaciones y políticas que subvencionan la investigación y el desarrollo tienen un impacto positivo en la creación de nuevos negocios en Japón. Por otro lado, Bauer y Flagg (2010) proponen evitar dar subvenciones a las universidades para la transferencia tecnológica a no ser que se comprometan a transmitir la propiedad intelectual generada a la industria.

La proximidad geográfica entre universidades, centros tecnológicos e industrias promueve las relaciones entre estos agentes y hace que se produzca más conocimiento de sus interacciones (Ponds, Van Oort y Frenken, 2007). Por eso presentamos los parques científicos como una buena oportunidad para estos agentes de colaborar y de tener un entorno ideal para la transferencia tecnológica. Los parques científicos son una excelente herramienta para estos agentes, pues proporcionan asesoramiento, una infraestructura adecuada para relaciones empresariales y una imagen de credibilidad, especialmente, para las pequeñas empresas (Bengtsson y Lowegren, 2001).

Además, Malairaja y Zawdie (2008) señalan que las empresas localizadas dentro de los parques científicos presentan un mayor desarrollo de I+D que las empresas fuera de estos parques, aparentemente por su cercana interacción con los agentes científicos locales. Esto le da a las empresas el poder de explotar el excedente de conocimiento generado por las universidades y los centros tecnológicos.

Los consorcios de laboratorios o los centros de laboratorios y servicios industriales como el que hay en Madrid⁵, presentan otra gran oportunidad para las empresas ya que pueden ofrecer a la industria soluciones para problemas tecnológicos y consejo sobre qué tecnologías deben desarrollar para alcanzar sus objetivos. Estos centros promotores de tecnología necesitan ser muy flexibles y estar especializados en varias disciplinas (Luna y Velasco, 2003; Santoro y Bierly III, 2006).

Barreras para la transferencia de conocimiento

Existen varios obstáculos o barreras que impiden que la transferencia de conocimiento entre los agentes de este modelo sea óptima. Por ejemplo, falta de entendimiento sobre las necesidades de los demás agentes, recompensas insuficientes para los investigadores o la burocracia administrativa (Siegel, Waldman, Atwater y Link, 2003; Luna y Velasco, 2003; Santoro y Bierly III, 2006).

Como solución, estos mismos autores proponen desarrollar redes lo suficientemente fuertes para superar los conflictos que se pueden esperar. Como hemos indicado anteriormente, esto se puede solucionar dejando claras las prioridades y objetivos de cada agente en el momento que se crea la red. Esto abre la necesidad de iniciativas políticas para eliminar las restricciones, tales como el exceso de burocracia, que dificultan el desarrollo de colaboraciones entre universidades y/o centros tecnológicos con empresas (Saad y Zawdie, 2005).

Algunos autores sugieren que, al contrario de la idea convencional, la escasa capacidad de asimilación del receptor, y la difícil relación entre éste y su fuente son elementos significativamente más importantes que los factores de motivación (Szulanski, 1996; Gupta y Govindarajan, 2000).

Otros sostienen que la mayor barrera es el riesgo que perciben las organizaciones cuando transfieren conocimiento de que los receptores utilicen la información recibida para otras competencias o la divulguen a otras organizaciones (Beeby y Booth, 2000; Jarillo y Stevenson, 1991).

Por otro lado, Larsson et al. (1998) sostienen que una organización involucrada en una alianza estratégica tiene dos opciones: ser más o menos “transparente” y más o menos “receptiva”. “Transparente” es el alcance de la difusión del conocimiento que posee la

⁵Centro de Laboratorios de Madrid (CLM). <http://www.clysim.es/>

organización al resto de miembros, mientras que “receptivo” es el nivel de absorción de información de la organización. Así proponen 5 tipos de comportamientos en una interacción:

1. Evitación (baja “transparencia”, baja “receptividad”)
2. Acomodación (alta “transparencia”, baja “receptividad”)
3. Competición (baja “transparencia”, alta “receptividad”)
4. Colaboración (alta “transparencia”, alta “receptividad”)
5. Compromiso (“transparencia” moderada, “receptividad” moderada)

Estas interacciones pueden determinar el clima entre estas organizaciones, determinar las relaciones entre organizaciones y la forma de los sistemas y estructuras interinstitucionales para compartir información. A menos que la interacción sea altamente colaborativa, se generarán barreras para la transferencia de conocimiento.

Actividades o mecanismos de transferencia de conocimiento

Inicialmente, la transferencia de conocimiento se realizaba a través de mecanismos de comunicación informal. Se transmitía de una generación a otra mediante el boca a boca, la experimentación o los consejos, pero sus técnicas no se formalizaban por escrito.

En la actualidad, el conocimiento tácito se puede transferir mediante la creación de relaciones basadas en las interacciones personales y/o sociales o a través de la creación de organizaciones que permitan que el conocimiento pueda ser compartido (Zapata Cantú y Veciana, 2005).

El conocimiento puede ser transmitido mediante mecanismos de comunicación formales, como documentos, libros o reuniones programadas, o medios informales como relaciones interpersonales (conversaciones en la cafetería de las empresas o pequeños consejos que se transmiten entre colegas).

A continuación, mostraremos algunas de las actividades de las que se compone el proceso de transferencia del conocimiento entre organizaciones:

- Los propios eventos que se dan en las redes, en las que varios agentes pueden compartir ideas y conocimientos entre otras cosas. Permite a los miembros verse y charlar, por lo que se dan actividades de transferencia de conocimiento (como reuniones, conversaciones...).
- Venta, donación o licencia de productos de desarrollo tecnológico mediante la disseminación de productos desarrollados durante el proceso de investigación: software, prototipos, etc. (Acevedo, González, Zamudio, Abello, Camacho, Gutiérrez, Barreto, Ochoa, Torres, Quintero y Baeza, 2005).

- Capacitación a empresas y otros agentes. Se trata de la transferencia del conocimiento generado mediante la investigación, de manera sistemática e intencional, a otro agente, que puede ser una empresa u otro tipo de institución (Acevedo et al., 2005).
- Productos o procesos de divulgación. Los cuales, dependiendo del público, pueden ser publicaciones para la comunidad académica, CD'S, etc.; también podrían ser eventos académicos o actividades de difusión mediática (Acevedo et al., 2005).
- Investigación colaborativa. Proyectos de investigación en los que las universidades y/o los centros tecnológicos con dos o más agentes, los cuales se marcan un objetivo y trabajan de forma conjunta para lograrlo (Holi, Wickramasinghe, y Van Leeuwen, 2008).
- Spin-offs. Desde una perspectiva empresarial, se definiría como la formación de una nueva empresa que se produce cuando una división de una empresa u organización se convierte en un negocio independiente. La nueva compañía generalmente obtiene el patrimonio, la propiedad intelectual, tecnología, y/o los productos existentes de la organización madre. Desde el punto de vista de la Universidad, las definimos como empresas que son creadas para explotar las patentes de propiedad de las universidades (Holi et al., 2008)

Además, en la Tabla 1 se muestra el papel del gobierno, además de otros mecanismos de transferencia de conocimiento que se dan entre agentes científico-tecnológicos y el sector productivo. Fuente: Ymbert (2012).

Según Beraza y Rodríguez (2010) se expresan: "...en los últimos años los mecanismos de transferencia de conocimiento empleados por las universidades han ido evolucionando. Si tradicionalmente las vías utilizadas han sido la publicación de los resultados de investigación en revistas científicas y los contratos con las empresas, en los últimos tiempos se está extendiendo la utilización de otros dos mecanismos: la concesión de licencias a las empresas y la creación de spin-offs".

Con esto terminamos con el marco conceptual y la revisión de la literatura. A continuación pasaremos a mostrar la metodología del estudio empírico, explicaremos las características de nuestro estudio de casos y mostraremos los pasos que se han realizado para realizar la entrevista, así como sus resultados.

Tabla 1: Mecanismos de transferencia de conocimiento y tecnología.

Vinculo centros de investigación- industria	Papel del gobierno
<p>Relaciones y contactos</p> <p>Conferencias, ferias y foros</p> <p>Publicación y difusión de la investigación</p>	<p>Desarrollar y financiar programas para la creación y promoción de redes y clústeres</p>
<p>Formación de capital humano</p> <p>Empleo de licenciados y graduados</p> <p>Trabajos de fin de carrera, de máster y tesis doctorales conjuntos</p> <p>Participación de investigadores universitarios en empresas</p> <p>Participación de alumnos en actividades de I+D de las empresas</p>	<p>Nuevas prioridades e incentivos para desarrollar nuevos programas</p> <p>Becas de movilidad</p> <p>Becas específicas</p> <p>Financiación para facilitar la inserción de doctores</p>
<p>Proyectos conjuntos de I+D</p> <p>Investigación</p> <p>Consortios de investigación</p> <p>Investigadores de la industria en laboratorios universitarios</p> <p>Consultoría y resolución de problemas</p>	<p>Financiación</p> <p>Incentivos fiscales</p> <p>Evaluación del rendimiento de los investigadores</p> <p>Fomentar la formación de clústeres</p> <p>Apoyo específico a las PYMEs</p> <p>Agencias intermediarias</p>
<p>Utilización de laboratorios de la universidad</p> <p>Laboratorios comunes</p> <p>Utilización compartida de la maquinaria</p> <p>Parques científicos</p>	<p>Financiación</p> <p>Terrenos acondicionados e infraestructura</p>
<p>Comercialización de conocimientos</p> <p>Viveros de empresas</p> <p>Empresas spin-offs</p> <p>Cesión de patentes</p>	<p>Financiación</p> <p>Asistencia técnica</p> <p>Autonomía financiera de las universidades públicas</p>

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO EMPÍRICO

Este proyecto se basa principalmente en la recolección de datos del autor como alumno del máster de investigación y como participante del proyecto Demola (iniciativa bilateral entre universidades y empresas en proyectos de innovación) de Mayo a Septiembre de 2015.

Consideramos el método inductivo como el más apropiado para cumplir con los objetivos de este estudio. Este método trata de llegar a unos supuestos de carácter general a partir de supuestos particulares (los casos de éxito en la aplicación de la triple hélice), es decir, podemos plantear hipótesis a partir de los hechos observables. La obtención y análisis de información sobre los hechos se realizarán de la siguiente forma:

- Mediante un estudio de casos, en concreto aquí los agentes en un caso de éxito en la aplicación de la triple hélice. Esta metodología de investigación empírica nos permite analizar el fenómeno en su contexto real, utilizando múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente (Villarreal y Landeta, 2010) con un enfoque científico esencialmente inductivo y, parcialmente, deductivo (Yin, 1994).
- Como parte del estudio de casos se realizarán entrevistas a personas clave de cada organización. Así, se plantea realizar entrevistas en profundidad a los gerentes de los agentes participantes en proyectos de este tipo, como medio para obtener información -sobre distintas variables del modelo de “triple hélice”- (nivel y periodicidad de participación, planeación estratégica, incursión a nuevos mercados, problemas entre los miembros, desarrollo etc.)

DISEÑO METODOLOGICO DEL ESTUDIO DE CASOS EN UNA COLABORACIÓN TRIPLE HÉLICE

Propósito	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las organizaciones que pertenecen a una colaboración triple hélice (industria-gobierno-universidad). - Identificar las principales claves de actuación, intereses y motivaciones de estas organizaciones. - Perfilar el patrón de comportamiento causativo común o similar entre las organizaciones de la muestra y explorar comportamientos estratégicos semejantes. - Analizar el impacto de la Industria 4.0 sobre lo anterior.
Marco conceptual y teórico	Modelo de la triple hélice en el contexto de la industria 4.0.
Unidad de análisis	Organizaciones vascas pertenecientes a una colaboración triple hélice. Tres empresas de Aclima.
Métodos de investigación	Técnicas cualitativas de contexto real. Estudio de casos contemporáneo.
Fase de campo (Recogida de datos)	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas: a los directivos de cada organización, semiestructuradas y de forma presencial. - Artefactos físicos y tecnológicos: Grabaciones de las entrevistas.
Registro y clasificación de la evidencia	Trascripción de las entrevistas y examen de las mismas generando una base de datos que facilite el análisis individual y global.
Análisis individual de cada caso – operativa del análisis	Conexión entre proposiciones teóricas y evidencia recogida.
Análisis global-estrategias analíticas	Búsqueda de un patrón de comportamiento estratégico común entre las organizaciones de la colaboración triple hélice de la muestra.
Rigor y calidad del estudio	Validez, fiabilidad y consistencia.
Composición y conclusiones generales	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivo: Analizar un caso de éxito en la aplicación de herramientas de colaboración entre estos agentes e identificar las principales claves de actuación en estas asociaciones, así como el impacto de todo ello del planteamiento de la Industria 4.0. - Integración y complementación del marco teórico: El estudio se integra con facilidad con el marco teórico ya que no existen muchos estudios de casos previos sobre colaboraciones triple hélice (ninguno en el contexto de la Industria 4.0).
Implicaciones de la investigación	<p>Nivel académico: Aportación a través del trabajo fin de máster.</p> <p>Nivel empresarial: Estudio de las colaboraciones del mundo empresarial.</p> <p>Nivel de administraciones públicas.</p>

REALIZACIÓN DE LA ENTREVISTA

La realización de la entrevista se empleará como una oportunidad para aumentar el conocimiento sobre el comportamiento de las organizaciones objeto de estudio. Hemos elegido esta herramienta de análisis ya que, al ser un método de campo, nos permitirá el acceso a información sobre la realidad con un alto grado de realismo (Céspedes y Sánchez, 1996). En concreto, utilizaremos una entrevista semiestructurada, ya que este tipo de entrevistas muestran mayor flexibilidad y dinamismo que las estructuradas, pero a la vez permiten tener un guión de preguntas –cuestionario- que servirá de ayuda al entrevistador. Las entrevistas en profundidad siguen el modelo de una conversación entre iguales, y no de un intercambio formal de preguntas y respuestas., lo cual permitirá obtener unas respuestas más abiertas y elaboradas (Taylor y Bogdan, 2008).

Con este cuestionario se busca averiguar la posición que ocupa cada agente en Aclima, investigar los conflictos y problemas que hayan podido generarse entre los miembros, observar cómo funciona la generación y transferencia de conocimiento en este modelo y establecer el papel que juega esta colaboración en la implantación de la “Industria 4.0” en cada organización.

Los datos analizados proceden de unas entrevistas en profundidad a 3 empresas vascas pertenecientes a Aclima (Asociación Cluster de Industrias de Medio Ambiente de Euskadi) realizadas en septiembre de 2015, siendo la duración del trabajo de campo de dos semanas aproximadamente. Los informantes han sido los gerentes de cada empresa entrevistada.

La duración media de las entrevistas fue de 52 minutos aproximadamente, gracias a la gran colaboración que mostraron los entrevistados. Por otra parte, se han encontrado dificultades para obtener información sobre la Industria 4.0 en algunas de las entrevistas realizadas, quizá porque sus empresas todavía se encuentran en su etapa inicial de desarrollo.

El grupo entrevistado se compone de: Energy Green⁶, que agrupa la actividad de cuatro empresas centradas en ofrecer soluciones sostenibles al tratamiento de residuos y las aguas residuales; Iragaz⁷, que ofrece servicios industriales medioambientales; y BuntPlanet⁸, que utiliza ingeniería de *software* para proyectos relacionados con el medio ambiente.

Tanto Iragaz como el grupo Energy Green llevan varios años dentro de Aclima (12 y 3 años, respectivamente) pero BuntPlanet se acaba de incorporar al cluster en 2015. Creemos que esta heterogeneidad puede dar lugar a distintos puntos de vista y, por lo tanto, puede enriquecer el estudio.

⁶ <http://www.energygreentratamientos.es/es/energy-green-group>

⁷ <http://www.iragaz.com/>

⁸ <http://buntplanet.com/es/>

A continuación, exponemos el cuestionario de las entrevistas:

¿Por qué decidieron unirse a este sistema de colaboración? ¿Qué beneficios buscaban cuando se unieron a este sistema?

¿Qué rol cree que juega su organización en este sistema?

¿Cómo se asignan y reparten las responsabilidades dentro de la red?

¿Qué entiende por industria 4.0? ¿Cree que su empresa está preparada para acoger esta revolución? ¿Cómo hará frente su organización a este cambio?

¿Considera que este sistema de colaboración puede ayudar a su empresa a adoptar la industria 4.0? ¿Cómo?

¿Cuáles son los mayores retos para la aplicación de la industria 4.0?

¿Qué medidas de apoyo le gustaría recibir para la implementación de la industria 4.0?

¿Cómo afectan las relaciones de la colaboración a la adopción de la industria 4.0? ¿Ayuda esta colaboración a implantar la industria 4.0 en su organización?

¿Cómo se comunican entre los agentes del sistema? ¿Qué tipo de herramientas de comunicación utilizan?

¿Cuál ha sido el rol del gobierno en este sistema de colaboración? ¿Ha ofrecido medidas de apoyo para favorecer la cooperación? ¿Qué tipo de ayudas les gustaría recibir?

¿Cuál es la dificultad más importante que han encontrado para adoptar este sistema de colaboración? ¿Se ha conseguido superar? ¿Cómo?

¿Cuáles son las principales preocupaciones del colectivo? (falta de actividad, mala comunicación, problemas de financiación...)

¿Algún conflicto ha puesto en duda la continuidad de alguno de los miembros en la red? ¿Se han presentado amenazas por parte de algún miembro para abandonar la red? ¿Cómo fue?

¿Qué técnicas tienen para proteger la propiedad intelectual y el *know-how* en estas redes? ¿Cómo funcionan?

¿Qué organizaciones se encargan de generar el conocimiento y la tecnología dentro del cluster?

¿Cómo transfieren este conocimiento al resto de miembros? ¿Qué mecanismos utilizan? (Reuniones, participación de los investigadores en las empresas, laboratorios comunes, parques científicos...)

RESULTADOS DEL ESTUDIO EMPÍRICO

Relaciones, intereses y conflictos de la colaboración

Cuando hablamos de los beneficios esperados de la colaboración, las tres empresas coinciden en que se unieron a este sistema para contactar y colaborar con empresas del mismo sector, centros tecnológicos y universidades, y porque consideran que el cluster les da la posibilidad de ser más tomadas en cuenta por las administraciones debido a su peso en el sector medioambiental (que se tome en cuenta su opinión para nuevas medidas, iniciativas o leyes que afecten a todo el sector en su conjunto).

Otro aspecto común a las tres organizaciones es que ninguna tenía del todo claro su rol en el cluster o sus responsabilidades en el momento en que se unieron a él, más bien éste se ha ido definiendo a lo largo del tiempo. Energy Green añade que el rol de la empresa puede ir cambiando a medida que se introduce en el cluster y, BuntPlanet, recién incorporada, ha entrado con el único propósito de hacer pruebas piloto donde poder experimentar sus productos en desarrollo.

En cuanto a las relaciones dentro del cluster, las dos empresas con antigüedad en el grupo (Energy Green e Iragaz) coinciden en la dificultad para establecer vínculos sólidos dentro de la red, debido a la falta de confianza y al miedo a compartir información valiosa por el espionaje tecnológico. Esto hace que todavía vean al resto de agentes más como competencia que como miembros amigos.

Iragaz señala que incluso hay empresas que han llegado a abandonar el cluster, mayormente por problemas personales entre los miembros. Sin embargo, Energy Green indica que no es consciente de que ninguna empresa haya abandonado el cluster (puede ser debido a que lleva menos años dentro del grupo), aunque comenta que en ocasiones se ha vivido un clima incómodo dentro del cluster y critica la falta de criterio propio del cluster en momentos en los que un miembro ha estado en desacuerdo con alguna decisión y se ha reulado para no provocar el enfado de nadie. Según él mismo se expresa: “El cluster debe de tener un criterio propio alimentado por los miembros del cluster pero no tiene que estar sometido a los miembros del cluster”.

Por otro lado, tanto Iragaz como BuntPlanet indican que han tenido problemas para colaborar con los centros tecnológicos. Los primeros por intereses económicos (como derechos de propiedad de un proyecto) y los segundos más bien por problemas de competencia, ya que los centros tecnológicos se han centrado en una investigación aplicada muy próxima a la producción y están empezando a competir con las empresas en lugar de apoyarlas. Además BuntPlanet señala que la mayor dificultad para colaborar

con estos centros la encuentran las pymes, que carecen del poder de negociación que poseen las grandes empresas.

El escaso número de iniciativas conjuntas y/o *spin-offs* que se llevan realizando en la CAPV desde hace años es un fiel reflejo del problema mencionado.

Como consecuencia de esto, estas dos empresas han colaborado más intensamente con la Universidad en los últimos años, ya que el interés de ésta por la investigación es meramente académico y no compete con las empresas. Iragaz tiene una visión más largoplacista a la hora de investigar con la Universidad pero BuntPlanet está recibiendo apoyo de la universidad para el desarrollo de nuevos productos. Esto demuestra en parte el cambio de paradigma que se está viviendo en los centros académicos estos últimos años, que ya no centran sus esfuerzos únicamente en una investigación básica o genérica, sino que poco a poco van acercándose también al sector productivo.

En lo que se refiere al gobierno, Energy Green e Iragaz parecen estar de acuerdo en que no es necesario más apoyo del gobierno en forma de ayuda económica, sino que piden que el gobierno sea más exigente con la concesión de las subvenciones, con el objetivo de impulsar (más bien forzar) la capacidad de colaboración de los miembros del cluster. Sólo de esta manera se podrá aprovechar debidamente el apoyo financiero de las administraciones. BuntPlanet, sin embargo, sí cree necesaria más ayuda por parte del gobierno, para impulsar más proyectos de innovación y fomentar la creación de un mercado interior que sirva a las empresas para probar sus nuevos proyectos antes de lanzarlos al exterior.

Cuando se les preguntó por las principales preocupaciones del colectivo, BuntPlanet nombró la falta de competitividad de sus empresas en el exterior y la falta de financiación para nuevas iniciativas. Además, todas las empresas nombraron la falta de colaboración ya mencionada.

Generación y transferencia de conocimiento

Las tres empresas señalan que los centros tecnológicos y universidades son los principales agentes encargados de generar el conocimiento dentro del cluster, aunque BuntPlanet también señala que hay empresas que se encargan de esta tarea, especialmente las dedicadas a la tecnología, como BuntPlanet.

En cuanto a los mecanismos de transferencia de conocimiento, Energy Green menciona iniciativas de colaboración entre tres o cuatro miembros del cluster para objetivos muy concretos, reuniones cada cierto tiempo y la creación de *spin-offs* (nuevas empresas con el *know-how* y la patente de los centros tecnológicos, y con financiación de la empresa madre que se dedican a explotar una tecnología conjuntamente). Señala que el cluster no se encuentra suficientemente unido para tener organismos de investigación conjunta

(como laboratorios comunes) que permitiera una transferencia de conocimiento más fluida.

Iragaz menciona el uso compartido de sus instalaciones con los investigadores universitarios y BuntPlanet apunta la incorporación de trabajadores de la Universidad y de los centros tecnológicos a sus proyectos empresariales, además de subcontratar consultoría para las universidades con las que colaboran. Por otra parte, BuntPlanet apunta que tanto la formación como los proyectos de colaboración pueden ser un mecanismo útil para aplicar su conocimiento sobre la Industria 4.0 a otros sectores.

Además de esto, resulta evidente que los trabajos de fin de máster conjuntos entre centros tecnológicos y universidad son otro mecanismo de transferencia de conocimiento utilizado en el cluster.

Adopción de la Industria 4.0

Tanto Energy Green como Iragaz están dispuestos a adoptar la Industria 4.0 aunque admiten encontrarse en una etapa inicial (según las palabras del gerente de Iragaz: “estamos muy verdes”) y consideran que las empresas del cluster adoptarán un papel seguidor porque de momento no pueden competir con los países líderes en el desarrollo de la Industria 4.0.

BuntPlanet, sin embargo, señala que tomarán un papel líder o tractor en el desarrollo de la Industria 4.0. En estos momentos están desarrollando el *Big Data* y las tecnologías de la información y la comunicación aplicado a sus productos propios, pero admiten estar dispuestos a aplicar estos conocimientos y *know how* en otros sectores y a compartirlo con los miembros del cluster. Consideramos que BuntPlanet, al ser una empresa con un perfil más tecnológico, puede ayudar mucho al desarrollo de la Industria 4.0 dentro del cluster.

Cuando se les preguntó por los mayores retos para la adopción de la Industria 4.0, Energy Green e Iragaz señalaron que hace falta colaborar de una manera más intensa y fluida, de otra forma no podrán competir contra países en los que se colabora más eficientemente. BuntPlanet indicó que hace falta un cambio en la visión del gobierno y las empresas, que valoran más el producto tangible que la tecnología intangible que hay detrás y que hace funcionar ese producto.

Todas las empresas consideran que la pertenencia a este sistema de colaboración ayudará a adoptar la Industria 4.0, ya que la colaboración siempre ayuda para el desarrollo de nuevas tecnologías. Sin embargo, tanto Energy Green como Iragaz señalan que hará falta colaborar mejor, viendo al resto de miembros como aliados y no como competencia; y tener una gran capacidad de adaptación.

En cuanto al papel del gobierno para la adopción de la Industria 4.0, BuntPlanet señala que el gobierno tiene que apoyar más la tecnología de software (como la comunicación, la conectividad, la inteligencia artificial...) en lugar de centrarse tanto en la industria tradicional que tanto peso tiene en la CAPV.

En la siguiente hoja, mostraremos una tabla con las respuestas que ha dado cada empresa en las entrevistas. Las frases que están en verde representan coincidencias en las respuestas y las marcadas en rojo las diferencias. Si algún recuadro está vacío significa que no se respondió a esa respuesta (la mayoría son por parte de BuntPlanet y en preguntas que requerían tener cierta antigüedad en el cluster para poder ser respondidas) o que no se pudo realizar por falta de tiempo.

Tabla 2: Resultados de las entrevistas.

Preguntas	Energy Green	Iragaz	BuntPlanet
Bº buscados en el cluster	Explotar medidas del gobierno para el sector. Entrada en nuevos mercados	Para ser tomados en cuenta por el gobierno. Para establecer nuevos contactos y colaboraciones.	Oportunidad de colaborar con empresas complementarias. Búsqueda de laboratorios o pruebas piloto para sus proyectos.
Rol de la empresa (Desde unión al cluster a la actualidad)	Entrada en el cluster sin tener clara la posición. El rol va cambiando.	Entrada en el cluster sin tener clara la posición. El rol va cambiando.	Acaba de entrar para hacer una prueba piloto en colaboración con el Consorcio de aguas de Bilbao.
Asignación responsabilidades	Se van definiendo a lo largo del tiempo.	Se van definiendo a lo largo del tiempo.	No tiene ninguna responsabilidad específica de momento.
Adopción Industria 4.0	Dispuestos a adoptarla pero están en una etapa inicial.	Dispuestos a adoptarla pero están en una etapa inicial.	Tractores en su desarrollo. Tecnologías de la información y Big Data.
¿Cómo ayuda el cluster a la adopción?	La colaboración que ofrece el cluster es imprescindible.	La colaboración que ofrece el cluster es imprescindible.	La colaboración que ofrece el cluster es imprescindible.
Retos aplicación Industria 4.0	Ser capaces de colaborar de verdad. Relacionarse más eficientemente con las administraciones.	Más esfuerzo del cluster para colaborar.	Apoyar más la cultura tecnológica en lugar de la industria tradicional (papel de las empresas y del gobierno).
Medidas de apoyo del gobierno	No se pueden aprovechar de verdad si no hay más unión entre los miembros.	Piden que el gobierno sea más exigente a la hora de ofrecer subvenciones para impulsar la colaboración.	Piden que se impulsen más proyectos de innovación. Que se fomente la creación de un mercado interno.
Herramientas comunicación	-	Comité ejecutivo (se reúne cada mes). Junta directiva (trimestralmente) Asamblea (dos veces al año) Informes en la web.	Teléfono. Email. Contacto personal. Reuniones.

Dificultades cluster	Incomodidades y celos entre los miembros. Distintos intereses.	La colaboración por miedo a perder una ventaja competitiva por espionaje tecnológico.	-
Preocupaciones cluster	Mejorar la competitividad de las empresas en el exterior	Mejorar la competitividad de las empresas en el exterior	Insuficiente financiación de Aclima a las nuevas iniciativas de sus miembros. Mejorar la competitividad de las empresas en el exterior.
Conflictos cluster	Cuando ha podido haber algún conflicto el cluster ha reulado. No conoce casos de abandono.	Empresas han llegado a abandonar el cluster por problemas personales entre los miembros.	-
Oportunidades colaboración	Si se consigue colaborar mejor serviría para abordar mercados exteriores conjuntamente.	Abordar mercados que no se pueden abordar individualmente.	Abordar nuevos mercados.
Generación conocimiento	Universidades y centros tecnológicos.	Universidades y centros tecnológicos.	Universidades, centros tecnológicos y empresas tecnológicas (como la propia BuntPlanet)
Mecanismos transferencia conocimiento	Iniciativas de colaboración conjuntas. Empresas <i>spin-offs</i>	Utilización compartida de la infraestructura con la universidad (Iragaz pone las instalaciones).	Participación de investigadores universitarios en sus proyectos empresariales. Consultoría.
Relación centros tecnológicos	Hace falta más relación.	Problemas por interés económicos a la hora de intentar explotar una tecnología.	Problemas porque están compitiendo con los centros tecnológicos por el desarrollo de nuevas tecnologías.
Relación Universidad	Hace falta más relación.	Colabora con la universidad en investigación enfocada al medio y largo plazo.	Colabora con la universidad en investigaciones para el desarrollo de nuevos productos.

CONCLUSIONES

Como hemos visto en este estudio, la Industria 4.0 se encuentra en una etapa inicial en la CAPV en la que todavía se está empezando a adoptar o ni siquiera se ha llegado a introducir en algunos sectores. A la hora de valorar las posibilidades de adoptar el modelo Triple Hélice en nuevos sectores productivos para facilitar la adopción de la Industria 4.0, consideramos que este sistema de colaboración servirá de apoyo en cualquier campo ya que, de la revisión de la literatura y del estudio empírico realizado, podemos concluir que la colaboración es el factor clave para el desarrollo de tecnologías e innovaciones.

Asimismo, como indica la gerente de BuntPlanet, en un territorio con tanto peso en el sector industrial, no hay que olvidar ni descuidar el sector de las comunicaciones ni aquellos sectores tecnológicos que prestan servicios de información, consultoría o de I+D.

Por otra parte, se puede concluir que el modelo Triple Hélice sí ayuda a la adopción de la Industria 4.0. De hecho, lo consideramos imprescindible ya que todos los procesos de innovación que se dan hoy en día surgen en entornos colaborativos. Además, este modelo facilita la comunicación entre las tres esferas institucionales y, por lo tanto, se tienen más en cuenta los objetivos comunes de la sociedad y se dota a las organizaciones de una perspectiva más responsable socialmente.

A la hora de aplicar este modelo en la CAPV se han encontrado varios problemas entre los miembros del sistema, sobre todo problemas de miedo y falta de confianza a la hora de colaborar. Las empresas entrevistadas han sido preguntadas por los motivos de esta falta de confianza, circunstancia que no se da en tanta medida en otros territorios y que dificultan la existencia de entornos colaborativos. Todas las respuestas se han referido a las características personales propias de la población del País Vasco como el factor más importante.

La forma de ser del País vasco, cerrada y con necesidad de mucho tiempo para coger confianza; junto a la cultura de miedo al fracaso, considerado como algo negativo propio de los perdedores en el territorio (en otras culturas el fracaso no está mal visto, es una muestra de iniciativa y las personas que han fracasado mucho son vistas como personas experimentadas); son factores inherentes a nuestro territorio que hay que superar para perder el miedo a colaborar y a iniciar proyectos.

Se han podido detectar varios problemas también en las relaciones entre empresas y centros tecnológicos, con un escaso número de iniciativas conjuntas y nuevas empresas *spin-offs* o *start-ups* como consecuencia. Consideramos que tanto estos dos agentes como el gobierno deben de centrarse en hacer frente a este problema lo antes posible y empezar a pensar soluciones, ya que los centros tecnológicos cubren un paso de suma

importancia en el proceso de generación de tecnología aplicable al sector productivo que, de momento, las universidades no pueden cubrir por sí solas.

También hemos podido observar varios mecanismos de transferencia de conocimiento dentro de Aclima, por lo tanto, a pesar de los problemas de colaboración que se han encontrado entre los distintos agentes del cluster, consideramos que este modelo favorece la transferencia de conocimiento y tecnología.

Podemos afirmar que el modelo Triple Hélice presenta una gran cantidad de ventajas y que es recomendable su aplicación en todo territorio que disponga de las tres esferas institucionales (como es el caso de la mayor parte de los países desarrollados). Las dificultades que entraña su aplicación se ven reducidas a características personales propias de los agentes, muy marcadas por el territorio; y al papel del gobierno, que debe crear un ecosistema de colaboración donde los centros de investigación y empresas tengan incentivos para unirse y desarrollar nuevas iniciativas.

En definitiva, en casos como el analizado, cabe afirmar que el modelo Triple Hélice facilita los procesos de transferencia de conocimiento desarrollados y la adopción de la Industria 4.0 en las diferentes esferas institucionales.

Las limitaciones que presenta el estudio se deben principalmente al método de investigación utilizado y a su alcance. En primer lugar, dada la naturaleza del estudio de casos, no es posible la realización de ningún tipo de inferencia estadística para generalizar los resultados a poblaciones mayores. Sin embargo, un estudio de casos permite utilizar la “generalización analítica”. Por consiguiente, planteamos la posibilidad de realizar estudios, en el futuro, que utilicen otro tipo de metodologías que den lugar a dicha generalización estadística, como estudios cuantitativos que permitan acceder a poblaciones mayores.

En segundo lugar, se señala como limitación el carácter transversal o *cross-sectional* del estudio, ya que solo estudia este modelo en un solo momento temporal en lugar de hacerlo a lo largo del tiempo, lo cual podría modificar los resultados. Además, se centra solo en el territorio del País Vasco. Por lo cual proponemos para futuras investigaciones, el estudio de otros territorios para contrastar con los resultados que se han dado en éste o la realización de estudios longitudinales para observar la evolución del modelo a lo largo del tiempo.

Otra limitación, aunque menos importante debido a la gran cantidad de traducciones disponibles, ha sido la imposibilidad de leer ciertos estudios o artículos en Alemán por parte del investigador. Debido a esto, se ha podido perder cierta información relevante, especialmente sobre la “Industrie 4.0”.

Por último, sería interesante ampliar el estudio tanto de estos casos como de otros que pudieran abordarse, especialmente invitando a los sistemas de colaboración que no pudieron colaborar en esta ocasión.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, M., González, O., Zamudio, L., Abello, R., Camacho, J., Gutiérrez, M., Barreto, E., Ochoa, J., Torres, G., Quintero M. y Baeza, Y. (2005). Un análisis de la transferencia y apropiación del conocimiento en la investigación de universidades colombianas. *Investigación y Desarrollo*, 13 (1), 128-157.

Acuña, P. (1993). Vinculación universidad-sector productivo. *Revista de la educación superior*, 22(87), 125-150.

Adams, J. D., Chiang, E. P., y Starkey, K. (2001). Industry-university cooperative research centers. *The Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 73-86.

Agranoff, R. (2006). Inside collaborative networks: Ten lessons for public managers. *Public administration review*, 66(s1), 56-65.

Ahedo, M. (2004). Cluster policy in the Basque country (1991–2002): constructing ‘industry–government’ collaboration through cluster associations. *European Planning Studies*, 12(8), 1097-1113.

Alburquerque, F. (2006). Clusters, territorio y desarrollo empresarial: diferentes modelos de organización productiva. Cuarto taller de la Red de Proyectos de Integración productiva, BID/FOMIN, San José, Costa Rica.

Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de investigación social* (Vol. 24). Lumen, Buenos Aires.

Aranguren, M. J., Larrea, M. y Navarro, I. (2006). “The policy process: Clusters versus spatial networks in the Basque Country”. In *Clusters and Globalisation*, Edited by: Pitelis, C., Sugden, R. and Wilson, J. R. 258–280. Edward Elgar, Cheltenham.

Arnkil, R., Järvensivu, A., Koski, P., y Piirainen, T. (2010). Exploring the quadruple helix. Report of Quadruple Helix Research for the CLIQ Project. Tampere: Work Research Centre, University of Tampere, Tampere (Finlandia).

Baheti, R., y Gill, H. (2011). Cyber-physical systems. *The Impact of Control Technology*, 12, 161-166.

Bauer, S. M., y Flagg, J. L. (2010). Technology Transfer and Technology Transfer Intermediaries. *Assistive Technology Outcomes and Benefits*, 6(1), 129-150.

Beeby, M., y Booth, C. (2000). Networks and inter-organizational learning: a critical review. *The learning organization*, 7(2), 75-88.

Bengtsson, L., y Lowegren, M. (2001). Internationalisation in Science Parks—The Case of Finland and Sweden. In *Swedish Network for European Studies in Economics and Business Conference in Molle, Sweden, May* (pp. 14-16).

Beraza Garmendia, José María y Rodríguez Castellanos, Arturo (2010): “Factores determinantes de la utilización de las spin-offs como mecanismo de transferencia de conocimiento en las universidades”. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 16, No. 2, pp. 115-135.

Beraza Garmendia, José María y Rodríguez Castellanos, Arturo (2012a): “Conceptualización de la spin-off universitaria. Revisión de la literatura”. *Economía Industrial*, N° 384, pp. 143-152.

Beraza Garmendia, José María y Rodríguez Castellanos, Arturo (2012b): “Tipología de las spin-offs en un contexto universitario: una propuesta de clasificación”. *Cuadernos de Gestión*, Vol. 12, N° 1, pp. 39-57.

Bochmann, L., Gehrke, L., Böckenkamp, A., Weichert, F., Albersmann, R., Prasse, C., Mertens, C., Motta, M y Wegener, K. (2015). Towards decentralized production: A novel method to identify flexibility potentials in production sequences based on flexibility graphs. *International Journal of Automation Technology*, 9(3), 270-271.

Borrego, A. A. (2009). Vinculación universidad-empresa y su contribución al desarrollo regional. *Ra Ximhai*, 5(3), 407-414.

Bouncken, R. B. y Kraus, S. (2013). Innovation in knowledge-intensive industries: the double-edged sword of coepetition. *Journal of Business Research*, 66(10), 2060-2070.

Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research policy*, 29(4), 627-655.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. y Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.

Buesa Blanco, M (1996). Empresas innovadoras y política tecnológica en el País Vasco: una evaluación del papel de los centros tecnológicos. *Economía Industrial*, (312), 177-189.

Buesa Blanco, M. (2001). Los sistemas regionales de innovación del País Vasco y de Navarra. Instituto de análisis industrial y financiero, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).

Carayannis, E. G. y Campbell, D. F. (2012). *Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems*. Springer, New York.

Cárdenas, S. A. R. y Ríos, F. B. Diseño y validación de un modelo de triple hélice para impulsar la innovación, el desarrollo tecnológico y la competitividad de la micro y pequeña empresa en los municipios de Torreón, Gómez Palacio y Lerdo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Castillo, H. G. C. (2010). El modelo de la triple hélice como un medio para la vinculación entre la universidad y empresa. *Revista Nacional De Administración*, 1(1), 85-94.
- Céspedes Lorente, J. y Sánchez Pérez, M. (1996). Tendencias y desarrollos recientes en métodos de investigación y análisis de datos en dirección de empresas. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 5(3), 23-40.
- Chien, C. F., y Kuo, R. T. (2013). Beyond make-or-buy: cross-company short-term capacity backup in semiconductor industry ecosystem. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(3), 310-342.
- Christopher, M. (2000). The agile supply chain: competing in volatile markets. *Industrial marketing management*, 29(1), 37-44.
- Cooke, P., Gómez, M. y Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy*, 26(4), 475-491.
- Cooke, P., Boekholt, P. y Tödtling, F. (2000). *The governance of innovation in Europe*. Pinter, London.
- Cortés Aldana, F. A. (2006). La relación universidad-entorno socioeconómico y la innovación. *Ingeniería e Investigación*, 26(2), 94-101.
- Crow, M. M. y Bozeman, B. (1998). *Limited by Design: R & D Laboratories in the US National Innovation System*. Columbia University Press, New York.
- Da Cunha, C., Agard, B., y Kusiak, A. (2010). Selection of modules for mass customisation. *International Journal of Production Research*, 48(5), 1439-1454.
- Das, T. K., y Teng, B. S. (1998). Between trust and control: Developing confidence in partner cooperation in alliances. *Academy of management review*, 23(3), 491-512.
- Doloreux, D. (2003). Regional innovation systems in the periphery: the case of Beauce in Quebec (Canada). *International Journal of Innovation Management* 7(01), 67-94.
- Doloreux, D., & Parto, S. (2004). *Regional innovation systems: a critical synthesis*. Institute for New Technologies, United Nations University, Tokyo (Japan).
- Durán, C. R. (1992). Las empresas micro, pequeñas y medianas: crecimiento con innovación tecnológica. *Comercio Exterior*, 42(2), 163-168.
- Echeverría Ezponda, J. (2008). Transferencia de conocimiento entre comunidades científicas. *Arbor*, 184(731), 539-548.
- Edquist, C. (Ed.), (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Pinter, London.

Ermida Uriarte, O. y Colotuzzo, N. (2009). *Descentralización, Tercerización, Subcontratación*, Oficina Internacional del Trabajo, Lima.

Etzkowitz, H. (2000a). *The triple helix of university-industry-government: implications for policy and evaluation*. Swedish Institute for Studies in Education and Research, Stockholm (Sweden).

Etzkowitz, H. (2002b). *Networks of innovation: science, technology and development in the triple helix era*. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 1(1), 7-20.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (1995). *The triple helix university-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development*. *Easst Review*, 14(1), 14-19.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (1998). *The triple helix as a model for innovation studies*. *Science and public policy*, 25(3), 195-203.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). *The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations*. *Research policy*, 29(2), 109-123.

Fogliatto, F. S., da Silveira, G. J. y Borenstein, D. (2012). *The mass customization decade: An updated review of the literature*. *International Journal of Production Economics*, 138(1), 14-25.

Freel, M. S. (2000). *Strategy and structure in innovative manufacturing SMEs: the case of an English region*. *Small Business Economics*, 15(1), 27-45.

Freel, M. S. (2003). *Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity*. *Research policy*, 32(5), 751-770.

Freel, M. S. y Harrison, R. T. (2006). *Innovation and cooperation in the small firm sector: Evidence from 'Northern Britain'*. *Regional Studies* 40(4), 289-305.

García, F. J. (1992). *La red vasca de centros de investigación tecnológica: una experiencia consolidada*. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, (23), 178-199.

Gebauer, A., C. Woon Nam y R. Parsche (2005). *Regional technology policy and factors shaping local innovation networks in small German cities*. *European Planning Studies* 13(5), 661-683.

González De La Fe, T. (2009). *El modelo de Triple Hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: un análisis crítico*. *Arbor*, 185(738), 739-755.

Grotz, R. y B. Braun (1997). *Territorial or transnational networking: spatial aspects of technology oriented cooperation within the German mechanical Engineering Industry*. *Regional Studies* 31(6), 545-557.

- Gupta, A. K., & Govindarajan, V. (2000). Knowledge flows within multinational corporations. *Strategic management journal*, 21(4), 473-496.
- Jarillo, J. C., & Stevenson, H. H. (1991). Co-operative strategies—the payoffs and the pitfalls. *Long Range Planning*, 24(1), 64-70.
- Hassink, R. (1997). Technology transfer infrastructures: some lessons from experiences in Europe, the US and Japan. *European Planning Studies* 5(3), 351-370.
- Henderson, J., Dicken, P., Hess, M., Coe, N. y Yeung, H. W. C. (2002). Global production networks and the analysis of economic development. *Review of international political economy*, 9(3), 436-464.
- Hoang, H. y Antoncic, B. (2003). Network-based research in entrepreneurship: A critical review. *Journal of business venturing*, 18(2), 165-187.
- Holi, M. T., Wickramasinghe, R. y Van Leeuwen, M. (2008). Metrics for the evaluation of knowledge transfer activities at universities. *Library House*, 5, Cambridge.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A. y Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of german manufacturing industry; final report of the industrie 4.0 working group. *Forschungsunion*, Berlin (Germany).
- Kagermann, H., Lukas, W. y Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. industriellen revolution. *VDI Nachrichten*, 13, 2011.
- Kaufmann, A. y Tödting, F. (2002). How effective is innovation support for SMEs? An analysis of the region of Upper Austria. *Technovation* 22(3), 147-159.
- Kickert, W. J., Klijn, E. H., y Koppenjan, J. F. M. (Eds.). (1997). *Managing complex networks: Strategies for the public sector*. Sage, London.
- Kitagawa, F. y Woolgar, L. (2008). Regionalisation of innovation policies and new university–industry links in Japan: policy review and new trends. *Prometheus*, 26(1), 55-67.
- Koppenjan, J. F. M. y Klijn, E. H. (2004). *Managing uncertainties in networks: a network approach to problem solving and decision making*. Psychology Press, London.
- Koschatzky, K. y Sternberg, R. (2000). R&D cooperation in innovation systems- some lessons from the European Regional Innovation Survey (ERIS). *European Planning Studies* 8(4), 487-501.
- Koster, S. (2004). Spin-off firms and individual start-ups. Are they really different?. In 44th ERSA conference, Porto (pp. 25-29).

- Larsson, R., Bengtsson, L., Henriksson, K. y Sparks, J. (1998). The interorganizational learning dilemma: Collective knowledge development in strategic alliances. *Organization science*, 9(3), 285-305.
- Lavía, C., Otero, B., Olazarán, M. y Albizu, E. (2011). Innovación y territorio. Una encuesta a pequeñas y medianas empresas industriales. *Revista Internacional de Sociología*, 69(2), 461-486.
- Lee, Y. S. (1996). Technology transfer and the research university: a search for the boundaries of university-industry collaboration. *Research policy*, 25(6), 843-863.
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix,..., and an N-tuple of helices: Explanatory models for analyzing the knowledge-based economy? *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), 25-35.
- Leydesdorff, L. (2013). *Triple Helix of university-industry-government relations*. Springer, New York.
- López, M. D. S., Mejía, J. C. y Schmal, R. (2006). Un acercamiento al concepto de la transferencia de tecnología en las universidades y sus diferentes manifestaciones. *Panorama socioeconómico*, 24 (32), 70-81.
- Lorenzoni, G. y Lipparini, A. (1999). The leveraging of interfirm relationships as a distinctive organizational capability: a longitudinal study. *Strategic Management Journal*, 20(4), 317-338.
- Luengo, M. J. y Obeso, M. (2013). El efecto de la triple hélice en los resultados de innovación/Efeito da hélice tríplice em desempenho de inovação/The triple helix effect on innovation performance. *Revista de Administração de Empresas*, 53(4), 388.
- Luna, M. y Velasco, J. L. (2003). Bridging the gap between firms and academic institutions. *Industry and Higher Education*, 17(5), 313-323.
- Lundvall, B. (Ed.), (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London.
- MacGregor, S. P., Marques-Gou, P. y Simon-Villar, A. (2010). Gauging readiness for the quadruple helix: a study of 16 European organizations. *Journal of the Knowledge Economy*, 1(3), 173-190.
- Magro, E. y Navarro, M. (2012). Los Centros de Investigación cooperativa y su papel en los sistemas regionales de innovación: el caso vasco. Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad y Deusto Business School, San Sebastián.
- Malairaja, C. y Zawdie, G. (2008). Science parks and university–industry collaboration in Malaysia. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(6), 727-739.

- Msanjila, S. S. y Afsarmanesh, H. (2008). Trust analysis and assessment in virtual organization breeding environments. *International Journal of Production Research*, 46(5), 1253-1295.
- Naidorf, J. (2002). Entorno a la vinculación científico-tecnológica entre la Universidad, la Empresa y el Estado: desarrollos teóricos de una agenda. *Fundamentos en humanidades*, 3(2), 7-22.
- Navarro Arancegui, M. y Zubiaurre Goena, A. (2003). Los centros tecnológicos y el sistema regional de la innovación: el caso del País Vasco. Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).
- Nelson, R. R. (Ed.), (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press, Oxford.
- Nelson, R. R. (2004). The market economy, and the scientific commons. *Research policy*, 33(3), 455-471.
- Orkestra (2009). II Informe de Competitividad del País Vasco. Orkestra: Instituto Vasco de Competitividad, Donostia-San Sebastián.
- Qu, T., Bin, S., Huang, G. Q., y Yang, H. (2011). Two-stage product platform development for mass customisation. *International Journal of Production Research*, 49(8), 2197-2219.
- Pérez, R. S., Barroso, I. C. y Romero, G. G. (2003). Redes e innovación socio-institucional en sistemas productivos locales. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (36), 103-115.
- Pine, B. y Joseph II. (1993). *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*. Harvard Business School Press, Boston.
- Ponds, R., Van Oort, F. y Frenken, K. (2007). The geographical and institutional proximity of research collaboration. *Papers in regional science*, 86(3), 423-443.
- Provan, K. G. y Milward, H. B. (2001). Do networks really work? A framework for evaluating public sector organizational networks. *Public administration review*, 61(4), 414-423.
- Rahm, D., Bozeman, B. y Crow, M. (1988). Domestic technology transfer and competitiveness: an empirical assessment of roles of university and governmental R&D laboratories. *Public administration review*, 48(6), 969-978.
- Rezende, Y. (2001). Información para los negocios: los nuevos agentes del conocimiento y la gestión del capital intelectual. *Ciencias de la Información*, 32(2), 47-57.
- Rosenberg, N. y Nelson, R. R. (1994). American universities and technical advance in industry. *Research Policy*, 23(3), 323-348.

- Saad, M. y Zawdie, G. (2005). From technology transfer to the emergence of a triple helix culture: the experience of Algeria in innovation and technological capability development. *Technology Analysis and Strategic Management*, 17(1), 89-103.
- Saint-Onge, H. y Armstrong, C. (2004), *The Conductive Organization*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington, MA.
- Santoro, M. D. y Bierly III, P. E. (2006). Facilitators of knowledge transfer in university-industry collaborations: A knowledge-based perspective. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 53(4), 495-507.
- Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E. y Link, A. N. (2003). Commercial knowledge transfers from universities to firms: improving the effectiveness of university-industry collaboration. *The Journal of High Technology Management Research*, 14(1), 111-133.
- Sulbrandt, J., Lira, R. y Ibarra, A. (2001). Redes interorganizacionales en la administración pública. *Reforma y Democracia*, (21), 117-42.
- Szulanski, G. (1996). Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic management journal*, 17(S2), 27-43.
- Taylor, S. J. y Bogdan, R. (2008). *La entrevista en profundidad. Métodos Cuantitativos Aplicados 2*. Secretaría de Educación y Cultura Servicios Educativos del Estado de Chihuahua, Chihuahua (México).
- Vicente-Molina, M-A., Izagirre-Olaizola, J. Hoyos-Iruarrizaga, J., y Rodríguez-Castellanos, A: (2013). "Key factors for impelling an innovative social culture". *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 3(1), 35-47.
- Villarreal, O. L. y Landeta, J. R. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la empresa. Una aplicación a la internacionalización. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(3), 31-52.
- Vyatkin, V., Salcic, Z., Roop, P. S. y Fitzgerald, J. (2007). Now that's smart! *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, 1(4), 17-29.
- West, G. P. (2007). Collective cognition: When entrepreneurial teams, not individuals, make decisions. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 31(1), 77-102.
- Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism*. Simon and Schuster, New York (United States of America).
- Yin, R. (1994). *Case study research: Design and methods*. Beverly Hills, Los Angeles, California (United States of America).

Ymbert, X. T. (2012). La transferencia de tecnología y conocimiento universidad-empresa en España: estado actual, retos y oportunidades. Fundación CYD, Barcelona (España).

Zapata Cantú, L. E. y Veciana, J. M. (2005). Los Determinantes de la Generación y la Transferencia del Conocimiento en Pequeñas y Medianas Empresas del Sector de las Tecnologías de la Información de Barcelona. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

Zuehlke, D. (2010). SmartFactory-Towards a factory-of-things. Annual Reviews in Control, 34(1), 129-138.