

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO ABIERTO MEDIANTE ECOSISTEMAS TECNOLÓGICOS BASADOS EN SOLUCIONES *OPEN SOURCE*

ALICIA GARCÍA-HOLGADO y FRANCISCO J. GARCÍA-PEÑALVO

RESUMEN: Los ecosistemas tecnológicos son la evolución de los sistemas de información tradicionales; se trata de soluciones basadas en la integración mediante flujos de información de diversos componentes *software* cuyo objetivo es proporcionar un conjunto de servicios que cada componente por separado no ofrece, así como mejorar la experiencia de los usuarios, quienes se consideran un componente más dentro del ecosistema. Los componentes *software* que forman el ecosistema pueden ser *software* a medida, propietario o, en el caso de la propuesta que se plantea, *Open Source*. A pesar de las ventajas que ofrecen los ecosistemas tecnológicos, el desarrollo de este tipo de soluciones tiene una mayor complejidad que los sistemas de información tradicionales. El objetivo de este trabajo es presentar la propuesta desarrollada para la mejora de los procesos de definición y desarrollo de ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento abierto, con especial hincapié en el uso de repositorios como elemento fundamental para gestionar el conocimiento y los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de instituciones, así como darle visibilidad y compartirlo de forma abierta.

Palabras clave: ecosistemas tecnológicos; gestión del conocimiento; repositorio.

ABSTRACT: The technological ecosystems are the evolution of traditional information systems; these are solutions based on the integration through information flows of different software components whose goal is to provide

a set of services that each component separately does not offer, as well as to improve the user experience, considering them an additional component within the technological ecosystem. The software components that make up the ecosystem can be bespoke software, proprietary or, in the case of the proposal that arises, Open Source. In spite of the advantages offered by technological ecosystems, the development of such solutions has a greater complexity than traditional information systems. The aim of this work is to present the proposal developed for the improvement of the definition and development processes of technological ecosystems for the management of open knowledge, with special emphasis on the use of repositories as a key element to manage knowledge and teaching-learning processes within institutions, as well as giving visibility and open sharing.

Keywords: technological ecosystems; knowledge management; repository.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la noción de sociedad de la información a sociedad del conocimiento está estrechamente relacionada con la evolución de los sistemas de información. En la sociedad del conocimiento la información es un instrumento; el elemento central es la capacidad de identificar, producir, procesar, transformar, difundir y utilizar la información para construir y aplicar los conocimientos necesarios para el desarrollo humano (UNESCO, 2005). La adecuada gestión del conocimiento (Fidalgo-Blanco, Sein-Echaluce, & García-Peñalvo, 2014, 2015), y más concretamente de los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de instituciones y empresas, ha provocado la evolución de los sistemas de información tradicionales en lo que hoy en día se denominan ecosistemas tecnológicos.

En los últimos años los debates sobre la innovación de los sistemas se han enfocado hacia la ecología y los ecosistemas, tanto en el ámbito académico como en el político (Adkins, Foth, Summerville, & Higgs, 2007; Adomavicius, Bockstedt, Gupta, & Kauffman, 2006; Aubusson, 2002; Birrer, 2006; Bollier, 2000; Crouzier, 2015; Smith, 2006; Tatnall & Davey, 2004; Watanabe & Fukuda, 2006; Zacharakis, Shepherd, & Coombs, 2003). La Comisión Europea, a través de la Dirección General de Sociedad de la Información y Medios de Comunicación, la actual Dirección General de Redes de Comunicación, Contenido y Tecnologías (DG CNECT), introdujo a comienzos del segundo milenio el concepto de ecosistema digital como una clara evolución de las herramientas de *e-business* y los entornos de colaboración e intercambio de conocimiento (Dini, et al., 2005; Nachira, 2002; Nachira, Nicolai, Dini, Le Louarn, & Leon, 2007).

La metáfora de ecosistema proviene del área de la biología y se ha transferido al área tecnológica para reflejar la naturaleza evolutiva de los

sistemas *software*. Un gran número de autores utilizan la definición de ecosistema natural para sustentar su propia definición de ecosistema tecnológico (Chen & Chang, 2007; Dhungana, Groher, Schludermann, & Biffli, 2010; Laanpere, 2012; Lungu, 2008, 2009; Mens, Claes, Grosjean, & Serebrenik, 2014; Pata, 2011; Yu & Deng, 2011). En particular, los autores del presente trabajo proponen en trabajos previos (García-Holgado & García-Peñalvo, 2013; García-Peñalvo & García-Holgado, 2017) una definición basada en los elementos principales que componen todo ecosistema natural: los organismos o factores bióticos, el medio físico en el que habitan o factores abióticos y las relaciones tanto entre los organismos como de estos con el medio. De esta forma, en un ecosistema tecnológico se dispone de un conjunto de personas y componentes *software* que desempeñan el papel de los organismos; una serie de elementos que permiten que el ecosistema funcione (*hardware*, redes, etc.); y un conjunto de flujos de información que establecen las relaciones entre los componentes *software* y entre estos y las personas involucradas en el ecosistema.

Una de las principales diferencias de los ecosistemas tecnológicos frente a los sistemas de información tradicionales es la integración de componentes *software* heterogéneos para proporcionar un conjunto de funcionalidades que cada componente por separado no ofrece, así como mejorar la experiencia de los usuarios, considerándoles un componente más dentro del ecosistema. Los componentes *software* que forman el ecosistema pueden tener diferentes tipos de licencias, pueden ser de código abierto o cerrado, estar desarrollados a medida, etc. En el caso de los ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento abierto los componentes *software* utilizados deben promover el acceso libre a la información, la investigación y la producción de aprendizaje, es decir, se debe utilizar *Software Libre* tanto para los componentes ya existentes como para los desarrollados a medida. Esta particular característica está alineada con la estrategia de la Comisión Europea para promover el uso de *software Open Source* (European Commission, 2009; European Commission Directorate-General for Informatics (DIGIT), 2011) o la apuesta por el conocimiento y el uso de *Software Libre* del Gobierno de España mediante el CENATIC (Trejo Pulido, Domínguez Dorado, & Ramsamy, 2011).

Existe un gran número de herramientas que permiten la gestión del conocimiento abierto de diferentes formas, con especial hincapié en los gestores de contenidos y los repositorios documentales. Los ecosistemas deben ser capaces de combinar algunas de estas herramientas para dar soporte al conocimiento abierto en contextos heterogéneos, desde entornos institucionales hasta empresas privadas. Además, deben ser capaces de incorporar herramientas emergentes, así como eliminar aquellas que quedan obsoletas o que los usuarios no utilizan, de tal forma que el sistema debe estar en continua evolución.

A pesar de las ventajas que ofrecen los ecosistemas tecnológicos, el desarrollo de este tipo de soluciones tiene una mayor complejidad que los sistemas de información tradicionales. La definición de un ecosistema particular requiere conocer y seleccionar los sistemas y servicios adecuados para cubrir las necesidades de un contexto concreto. Así mismo, la interoperabilidad entre los diferentes componentes debe asegurar un alto grado de integración y cohesión a la par que permitir que el ecosistema evolucione y se adapte a las necesidades cambiantes del entorno y los usuarios. Para dar solución a estos problemas y mejorar el desarrollo de este tipo de soluciones tecnológicas, se plantea un marco para la definición y la evolución de los ecosistemas tecnológicos mediante el análisis de integración de diferentes soluciones *software*.

El objetivo de este trabajo es presentar la propuesta desarrollada para la mejora de los procesos de definición y desarrollo de ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento abierto.

El trabajo se ha estructurado en tres secciones. La sección 2 presenta los métodos utilizados para mejorar el desarrollo de los ecosistemas tecnológicos. La sección 3 describe los resultados obtenidos. La sección 4 expone las conclusiones y el trabajo futuro.

2. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

El marco para la definición y desarrollo de ecosistemas tecnológicos se ha planteado siguiendo el paradigma Investigación-Acción (Lewin, 1946), una metodología procedente del ámbito de la educación y que Wood-Harper (1985) trasladó a la investigación relacionada con los sistemas de información. El proceso de Investigación-Acción se compone de un conjunto de ciclos de Investigación-Acción (Latorre Beltran, 2003) de tal forma que cada ciclo proporciona una entrada para el siguiente ciclo obteniendo soluciones cada vez más refinadas, en las que se descartan aquellas ideas o soluciones que no funcionan y se incorporan nuevas soluciones para solventar problemas detectados durante el ciclo que ha finalizado. Se trata, por tanto, de un proceso iterativo e incremental en el que se involucra a los actores implicados en la realidad investigada.

En particular, se han llevado a cabo tres ciclos. El primer ciclo se ha centrado en el análisis de varios casos de estudio reales con el fin de obtener un modelo de dominio del problema. Se han analizado ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento y el aprendizaje desplegados en contextos heterogéneos, en particular, la Universidad de Salamanca, el grupo de investigación GRIAL y el proyecto europeo TRAILER (García-Peñalvo, et al., 2013; García-Peñalvo, Johnson, Ribeiro Alves, Minovic, & Conde-

González, 2014; García-Peñalvo, et al., 2012) compuesto por instituciones y empresas interesadas en gestionar el aprendizaje informal. La técnica utilizada ha sido el análisis de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) de cada uno de los casos de estudio. Posteriormente se ha realizado un análisis comparativo y se han identificado los principales problemas a la hora de definir y desarrollar ecosistemas tecnológicos centrados en la gestión del conocimiento. Como resultado de este ciclo se han detectado una serie de características que debe tener un ecosistema tecnológico y se ha definido un patrón arquitectónico que permite sentar las bases del ecosistema, dando solución a algunos de los problemas detectados y asegurando la flexibilidad y adaptabilidad de los componentes del ecosistema con el fin de permitir su evolución (García-Holgado, 2013; García-Holgado & García-Peñalvo, 2013, 2014a).

El segundo ciclo se ha centrado en la mejora y validación del patrón arquitectónico. Los problemas detectados en el ciclo anterior se han modelado con *Business Process Model and Notation* (BPMN). Para ello, se han agrupado los problemas relacionados con procesos de gestión del conocimiento similares y posteriormente se ha realizado para cada conjunto de problemas un diagrama con un alto nivel de abstracción (García-Holgado & García-Peñalvo, 2016). Después, para cada uno de los diagramas se han identificado una vez más los problemas a resolver y se ha definido un nuevo diagrama con el proceso mejorado. Esto ha permitido validar el patrón arquitectónico para la definición de ecosistemas y sentar las bases para su formalización.

Por último, el tercer ciclo tiene como objetivo plantear el desarrollo guiado por modelos, en inglés *Model-Driven Development* (MDD), de ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento y el aprendizaje. En concreto, se ha utilizado el marco de trabajo *Model-Drive Architecture* (MDA) propuesto por el *Object Management Group* (OMG) para la definición de un metamodelo para el desarrollo de ecosistemas de aprendizaje (García-Holgado & García-Peñalvo, 2017b), el cual ha tomado como base el patrón arquitectónico validado en el ciclo de Investigación-Acción anterior. A partir del metamodelo se han modelado dos ecosistemas tecnológicos reales con el fin de hacer una validación preliminar del metamodelo (García-Holgado & García-Peñalvo, 2017a, 2017c). Finalmente, el proceso de validación se culminará en trabajos futuros con el uso de lenguajes y herramientas para validar metamodelos.

3. RESULTADOS

El desarrollo, siguiendo el marco Investigación-Acción, ha permitido evolucionar la propuesta a medida que han finalizado los ciclos de investigación.

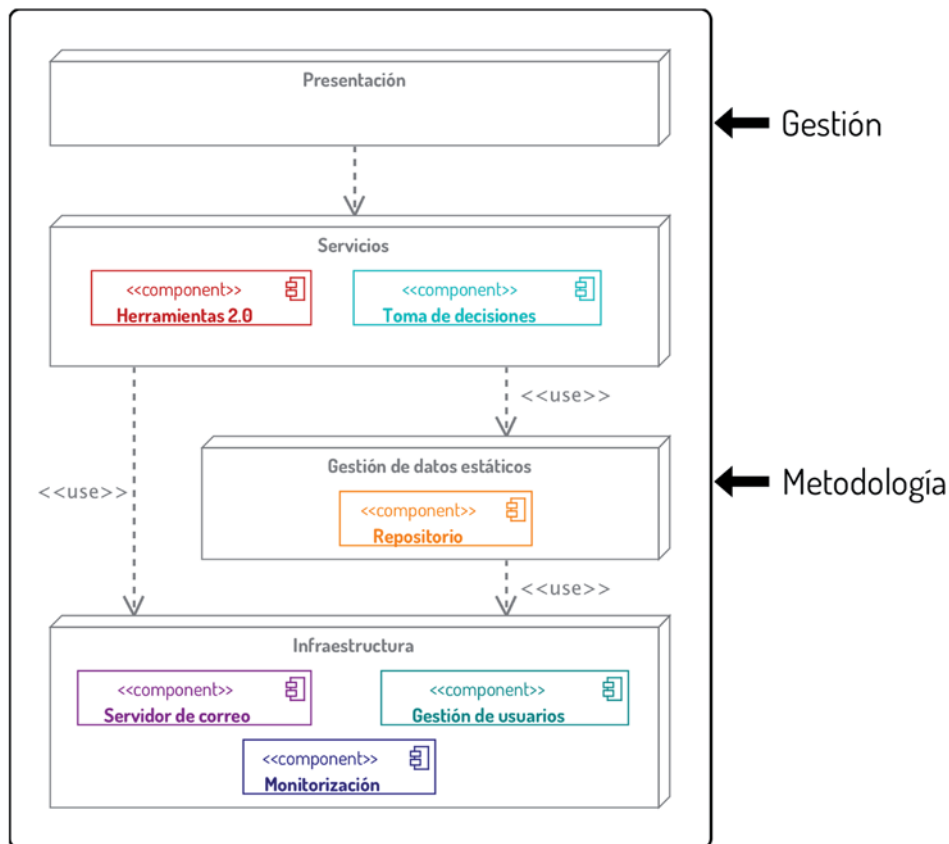
Esto ha permitido ahondar en los problemas y buscar soluciones cada vez más refinadas.

En primer lugar, el análisis de ecosistemas tecnológicos desplegados en contextos reales y heterogéneos ha permitido detectar un conjunto de características clave que los ecosistemas centrados en la gestión del conocimiento abierto deben cumplir. A continuación, se enumeran dichas características (García-Holgado & García-Peñalvo, 2013):

- Sólida base metodológica y de gestión de proyecto y riesgos.
- Definición de los procesos y *workflows* necesarios para gestionar el ecosistema.
- Gestión centralizada de usuarios, tanto datos como de la autenticación en todo el ecosistema.
- Gestión centralizada de los datos estáticos, para que puedan ser utilizados en los diferentes componentes del sistema.
- Integración de los componentes de manera transparente, para así asegurar la flexibilidad y la adaptabilidad del sistema frente a los cambios, es decir, se debe contar con un plan de aseguramiento de la evolución del ecosistema.
- Reutilización de los componentes del ecosistema.
- Integración a nivel de presentación para que el usuario sea consciente de que se encuentra en el ecosistema.
- Fuerte componente social que permita la integración con herramientas sociales.
- Soporte para la toma de decisiones y para el análisis de los flujos de información que tienen lugar tanto dentro del ecosistema como provenientes del exterior y viceversa.

Estas características, que se han mantenido a lo largo de todos los ciclos de Investigación-Acción, quedan reflejadas en el patrón arquitectónico (Figura 1). Esta propuesta arquitectónica, basada en el patrón de capas de Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, & Stal (1996), describe la arquitectura lógica que debe seguir el ecosistema independientemente de cómo se despliegue físicamente, así como un conjunto de componentes *software* y dos flujos de entrada que incorporan el factor humano como parte del ecosistema. Las capas que conforman el patrón son cuatro: (1) presentación, encargada de unificar la apariencia del ecosistema; (2) servicios, responsable de proporcionar los componentes del ecosistema con los que interactúan los usuarios; (3) gestión de datos estáticos, centrada en la gestión de documentos e información que debe estar disponible para diferentes componentes *software* de la capa superior; (4) infraestructura, encargada de proporcionar servicios comunes para asegurar el funcionamiento del ecosistema.

Figura 1



Patrón arquitectónico para la definición de ecosistemas tecnológicos.

Esta arquitectura pone de manifiesto la importancia que toma la gestión de la información y, en concreto, el uso de repositorios para el desarrollo de ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento. La capa de datos estáticos hace referencia a los datos que deben permanecer a lo largo del tiempo accesibles para ser utilizados por los diferentes componentes *software* del ecosistema, diferenciando estos datos de aquellos que los componentes gestionan de forma individual y que no tienen un carácter estable dentro del sistema. Dicha capa tiene como componente *software* principal un repositorio documental. De esta forma, el patrón establece que todo ecosistema debe tener un repositorio, además de otros componentes que se indican en el patrón. El repositorio permitirá almacenar documentos e información en diferentes formatos, de tal forma que los servicios

puedan acceder a los mismos y ofrecérsela a los usuarios. Así mismo, el ecosistema puede incorporar un servicio específico para gestionar el repositorio, pudiendo cambiar el servicio para que se adapte a las necesidades de evolución del ecosistema sin tener que cambiar la estructura interna del repositorio. De esta forma, si se desea realizar algún cambio en el repositorio, como introducir nuevos metadatos o establecer conexiones con otros repositorios, como Europeana, OpenAIRE o Hispania, el cambio se realizará en un único componente. Si por el contrario no existe un repositorio, los cambios e integraciones relacionados con los documentos y su visibilidad deberán realizarse en todos los componentes *software* que ofrezcan información de forma abierta.

Durante el segundo ciclo de Investigación-Acción la gestión de conocimiento, tanto entre los usuarios del ecosistema como hacia el exterior, ha sido analizada mediante diagramas de proceso de negocio que permiten abstraer las acciones realizadas dejando de lado los detalles técnicos (García-Holgado & García-Peñalvo, 2016). Esto ha permitido confirmar la necesidad de mantener un repositorio documental central que facilite el acceso y gestión de la información y los documentos dentro del ecosistema. El resto de problemas detectados durante el ciclo previo han sido analizados siguiendo la misma estructura y se ha modelado el proceso aplicando el patrón arquitectónico, lo que ha permitido disponer de un patrón validado frente a problemas reales de los ecosistemas.

El patrón arquitectónico validado ha sido aplicado en varios casos de estudio reales. En primer lugar, un ecosistema tecnológico para la gestión y transferencia de conocimiento en la Administración Pública, el ecosistema tecnológico del Instituto Nacional de la Administración Pública (INAP) (Arenilla Sáez, 2014; García-Holgado & García-Peñalvo, 2014b). El ecosistema está compuesto por un gran número de componentes *software Open Source* orientados a cubrir diferentes necesidades de gestión del conocimiento tanto dentro del Instituto como a nivel de toda la Administración Pública, todos ellos conectados a un repositorio documental basado en la versión *Open Source* de Alfresco. Entre los componentes *software* cabe destacar tres herramientas centradas en promover el conocimiento abierto: (1) las comunidades de prácticas, donde cualquier persona, pero en especial cualquier empleado del sector público, puede acceder para compartir conocimiento y aprender de otros usuarios en relación al funcionamiento de la Administración; (2) el banco de conocimiento, herramienta que permite compartir conocimiento relacionado con la Administración Pública, es el servicio de descubrimiento del repositorio documental; (3) el repositorio de cursos, para compartir entre las diferentes entidades públicas los cursos de formación desarrollados o adquiridos.

El otro caso de estudio en el que se ha aplicado el conocimiento adquirido a lo largo de la investigación ha sido el ecosistema tecnológico para la gestión del conocimiento en programas de doctorado. Dicho ecosistema ha introducido una variante respecto al descrito anteriormente, ya que se ha implementado en tres contextos diferentes. El ecosistema se ha definido en el contexto del Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca como una herramienta para gestionar el conocimiento abierto generado por los estudiantes de doctorado a la par que dar soporte al Plan de Calidad del mismo (García-Holgado, García-Peñalvo, & Rodríguez Conde, 2015). Posteriormente, el mismo ecosistema se ha implantado en el Tecnológico de Monterrey (México) para la gestión del conocimiento en los programas de posgrado de la Escuela de Educación, Humanidades y Ciencias Sociales. Y, por último, como parte del plan de visibilidad científica e identidad digital del Centro de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (CICAN) de la Universidad de Guadalajara (México) (Tena-Espinoza-de-los-Monteros, García-Holgado, Merlo-Vega, & García-Peñalvo, 2017). Cada ecosistema ha evolucionado de forma distinta, pero todos comparten un repositorio documental basado en DSpace, en el que se gestionan los documentos generados por los estudiantes de doctorado; uno o varios portales web basados en Drupal, donde compartir toda la información y conocimiento; y un fuerte componente social proporcionado por la conexión con herramientas sociales externas al ecosistema para dar visibilidad a las actividades realizadas dentro del doctorado.

Finalmente, como resultado preliminar del tercer ciclo de Investigación-Acción, se tiene un metamodelo para la definición de ecosistemas tecnológicos que se basa en la experiencia y conocimientos adquiridos durante los ciclos previos y que refleja de manera formal los diferentes elementos y características que debe tener un ecosistema para dar solución a los problemas identificados. El metamodelo permite modelar ecosistemas tecnológicos con componentes *software* heterogéneos conectados entre sí mediante servicios web y ficheros de configuración. En esta última etapa, el repositorio sigue manteniéndose como un elemento clave en cualquier ecosistema para la gestión del conocimiento.

4. CONCLUSIONES

Los sistemas de información tradicionales han evolucionado hasta lo que se denomina ecosistemas tecnológicos con el fin de dar solución a los problemas de gestión del conocimiento que se generan dentro de instituciones y empresas. Estas nuevas soluciones tecnológicas se basan

en la conexión mediante flujos de información de componentes *software* heterogéneos, incorporando el factor humano como un elemento fundamental. La flexibilidad y adaptabilidad de este tipo de soluciones supone una mayor complejidad a la hora de su definición y desarrollo.

Los ciclos de Investigación-Acción han permitido desarrollar una propuesta para mejorar la definición y desarrollo de los ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento abierto. Dicha propuesta ha evolucionado a lo largo del tiempo, adaptándose a los resultados obtenidos, en consonancia con una de las características principales de los ecosistemas tecnológicos, la evolución.

A lo largo del proceso, el repositorio documental se ha definido como la piedra angular de todo ecosistema tecnológico que desee facilitar y promover el conocimiento abierto. No solo se trata de un componente *software*, sino que se representa en la arquitectura lógica del ecosistema como una capa del patrón arquitectónico. Así mismo, en todos los ecosistemas desarrollados a partir de los resultados obtenidos, el repositorio se convierte en un elemento fundamental para disponer de una solución tecnológica que permita gestionar el conocimiento abierto. Además, la disposición en capas y la conexión entre los diferentes componentes y el repositorio permiten ofrecer servicios de acceso a la información que mejoren la experiencia de usuario respecto al uso de los repositorios.

Finalmente, con el fin de permitir el desarrollo de ecosistemas guiado por modelos (MDD), en trabajos futuros se finalizará la validación del meta-modelo y se definirán las reglas de transformación necesarias para definir modelos independientes de dominio y modelos específicos de dominio.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento de la U. de Salamanca, con financiación del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España para la Formación de Profesorado Universitario (FPU014/04783). Este trabajo está parcialmente financiado por el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad de España, DEFINES (TIN2016-80172-R).

6. BIBLIOGRAFÍA

ADKINS, B. A., FOTH, M., SUMMERVILLE, J. A., & HIGGS, P. L. (2007). Ecologies of Innovation: Symbolic Aspects of Cross-Organizational Linkages in the Design Sector in an Australian Inner-City Area. *American Behavioral Scientist*, 50(7), 922-934. <http://dx.doi.org/10.1177/0002764206298317>

- ADOMAVICIUS, G., BOCKSTEDT, J., GUPTA, A., & KAUFFMAN, R. J. (2006). Understanding Patterns of Technology Evolution: An Ecosystem Perspective. *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference System Sciences, 2006. HICSS, 06. Hawaii, 04-07 Jan. 2006* (Vol. 8, pp. 189a). USA: IEEE.
- ARENILLA SÁEZ, M. (Ed.). (2014). *Conocimiento transformador y talento público. El caso del INAP*. Madrid, Spain: National Institute of Public Administration.
- AUBUSSON, P. (2002). An ecology of science education. *International Journal of Science Education, 24*(1), 27-46. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690110066511>
- BIRRER, A. J. F. (2006). Science-trained professionals for the innovation ecosystem: Looking back and looking ahead. *Industry and Higher Education, 20*(4), 273-277. <http://dx.doi.org/10.5367/00000006778175865>
- BOLLIER, D. (2000). *Ecologies of Innovation: The Role of Information and Communication Technologies*. Washington, DC: The Aspen Institute.
- BUSCHMANN, F., MEUNIER, R., ROHNERT, H., SOMMERLAD, P., & STAL, M. (1996). *Pattern-oriented software architecture: a system of patterns*. Chichester: John Wiley & Sons.
- CHEN, W., & Chang, E. (2007, 4-7 June). *Exploring a Digital Ecosystem Conceptual Model and Its Simulation Prototype*. Trabajo presentado en Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on.
- CROUZIER, T. (2015). *Science Ecosystem 2.0: how will change occur?* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- DHUNGANA, D., GROHER, I., SCHLUDERMANN, E., & BIFFL, S. (2010). Software ecosystems vs. natural ecosystems: learning from the ingenious mind of nature *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume* (pp. 96-102). New York, NY, USA: ACM.
- DINI, P., DARKING, M., RATHBONE, N., VIDAL, M., HERNÁNDEZ, P., FERRONATO, P., HENDRYX, S. (2005). *The digital ecosystems research vision: 2010 and beyond*. Recuperado de http://www.digital-ecosystems.org/events/2005.05/de_position_paper_vf.pdf
- EUROPEAN COMMISSION. (2009). *European Union Public Licence (EURL)*. Recuperado de <http://joinup.ec.europa.eu/software/page/eupl>.
- EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR INFORMATICS (DIGIT). (2011). *Strategy for internal use of OSS at the EC*. Recuperado de http://ec.europa.eu/dgs/informatics/oss_tech/index_en.htm.
- FIDALGO-BLANCO, Á., SEIN-ECHALUCE, M. L., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2014). Knowledge Spirals in Higher Education Teaching Innovation. *International Journal of Knowledge Management, 10*(4), 16-37. <http://dx.doi.org/10.4018/ijkm.2014100102>
- FIDALGO-BLANCO, Á., SEIN-ECHALUCE, M. L., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2015). Epistemological and ontological spirals: From individual experience in educational innovation to the organisational knowledge in the university sector. *Program: Electronic library and information systems, 49*(3), 266-288. <http://dx.doi.org/10.1108/PROG-06-2014-0033>
- GARCÍA-HOLGADO, A. (2013). *Análisis de integración de soluciones basadas en software como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos*. (Tesis de master), University of Salamanca, Salamanca, España.

- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2013). The evolution of the technological ecosystems: an architectural proposal to enhancing learning processes *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturalism (TEEM'13) (Salamanca, Spain, November 14-15, 2013)* (pp. 565-571). New York, NY, USA: ACM.
- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2014a). Architectural pattern for the definition of eLearning ecosystems based on Open Source developments. En J. L. Sierra-Rodríguez, J. M. Doderro-Beardo, & D. Burgos (Eds.), *Proceedings of 2014 International Symposium on Computers in Education (SIE) (Logroño, La Rioja, Spain, November 12-14, 2014)* (pp. 93-98): Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Catalog Number CFP1486T-ART.
- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2014b). Knowledge management ecosystem based on drupal platform for promoting the collaboration between public administrations. En F. J. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism (TEEM'14) (Salamanca, Spain, October 1-3, 2014)* (pp. 619-624). New York, NY, USA: ACM.
- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2016). Architectural pattern to improve the definition and implementation of eLearning ecosystems. *Science of Computer Programming*, 129, 20-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scico.2016.03.010>
- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2017a). Definición de ecosistemas de aprendizaje independientes de plataforma *IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2017) (Zaragoza, Spain, October 4-6, 2017)*.
- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2017b). A Metamodel Proposal for Developing Learning Ecosystems. En P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems. LCT 2017. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10295). Cham: Springer.
- GARCÍA-HOLGADO, A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2017c). Preliminary validation of the metamodel for developing learning ecosystems *Proceedings of the Fifth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism (TEEM'17) (Cádiz, Spain, October 18-20, 2017)*. New York, NY, USA: ACM.
- GARCÍA-HOLGADO, A., GARCÍA-PEÑALVO, F. J., & RODRÍGUEZ CONDE, M. J. (2015). Definition of a Technological Ecosystem for Scientific Knowledge Management in a PhD Programme *Proceedings of the Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism (TEEM'15) (Porto, Portugal, October 7-9, 2015)* (pp. 695-700). New York, NY, USA: ACM.
- GARCÍA-PEÑALVO, F. J., CONDE, M. Á., ZANGRANDO, V., GARCÍA-HOLGADO, A., SEOANE, A. M., FORMENT, M. A., ... MINOVIĆ, M. (2013). TRAILER project (Tagging, recognition, acknowledgment of informal learning experiences). A Methodology to make visible learners' informal learning activities to the institutions. *Journal of Universal Computer Science*, 19(11), 1661. <http://dx.doi.org/10.3217/jucs-019-11-1661>
- GARCÍA-PEÑALVO, F. J., & GARCÍA-HOLGADO, A. (Eds.). (2017). *Open Source Solutions for Knowledge Management and Technological Ecosystems*. IGI Global.
- GARCÍA-PEÑALVO, F. J., JOHNSON, M., RIBEIRO ALVES, G., MINOVIĆ, M., & CONDE-GONZÁLEZ, M. Á. (2014). Informal learning recognition through a cloud ecosystem

- tem. *Future Generation Computer Systems*, 32, 282-294. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.08.004>
- GARCÍA-PEÑALVO, F. J., ZANGRANDO, V., GARCÍA-HOLGADO, A., CONDE, M. Á., SEONE PARDO, A. M., ALIER FORMENT, M., ... MINOVIĆ, M. (2012). *TRAILER project overview: Tagging, recognition and acknowledgment of informal learning experiences*. Trabajo presentado en 2012 International Symposium on Computers in Education (SIIE), Andorra La Vella, Andorra. October 29-31, 2012. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6403200>
- LAANPERE, M. (2012). *Digital Learning ecosystems: rethinking virtual learning environments in the age of social media*. Trabajo presentado en IFIP-OST'12: Open and Social Technologies for Networked Learning, Taillin.
- LATORRE Beltran, A. (2003). *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa* (Vol. 179): Grao.
- LEWIN, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of social issues*, 2(4), 34-46.
- LUNGU, M. F. (2008). *Towards reverse engineering software ecosystems*. Trabajo presentado en Software Maintenance, 2008. ICSM 2008. IEEE International Conference on.
- LUNGU, M. F. (2009). *Reverse engineering software ecosystems*. Università della Svizzera italiana.
- MENS, T., CLAES, M., GROSJEAN, P., & SEREBRENIK, A. (2014). Studying evolving software ecosystems based on ecological models. En T. Mens, A. Serebrenik, & A. Cleve (Eds.), *Evolving Software Systems* (pp. 297-326). Berlin, Heidelberg: Springer.
- NACHIRA, F. (2002). *Towards a network of digital business ecosystems fostering the local development*. Recuperado de <http://www.digital-ecosystems.org/doc/discussionpaper.pdf>
- NACHIRA, F., NICOLAI, A., DINI, P., LE LOUARN, M., & LEON, L. R. (Eds.). (2007). *Digital business ecosystems*. Luxembourg: European Commission.
- PATA, K. (2011). *Meta-design framework for open learning ecosystems*. Trabajo presentado en Mash-UP Personal Learning Environments (MUP/PLE 2011), Open University of London.
- SMITH, K. R. (2006). Building an innovation ecosystem: Process, culture and competencies. *Industry and Higher Education*, 20(4), 219-224. <http://dx.doi.org/10.5367/000000006778175801>
- TATNALL, A., & DAVEY, B. (2004). Improving the Chances of Getting your IT Curriculum Innovation Successfully Adopted by the Application of an Ecological Approach to Innovation. *Informing Science: International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 7, 87-103.
- TENA-ESPINOZA-DE-LOS-MONTEROS, M. A., GARCÍA-HOLGADO, A., MERLO-VEGA, J. A., & GARCÍA-PEÑALVO, F. J. (2017). Diseño de un plan de visibilidad científica e identidad digital para los investigadores de la Universidad de Guadalajara (México). *Ibersid: Revista de sistemas de información y documentación*, 11(1), 83-92.
- TREJO Pulido, A., DOMÍNGUEZ DORADO, M., & RAMSAMY, P. (2011). *Open source software in public organisations of the Spanish government*. 2011 (978-84-15927-

- 00-6). Recuperado de Badajoz, Spain: www.cenatic.es/dossier/panel-informe-age2011
- UNESCO. (2005). *UNESCO World Report: Towards Knowledge Societies*. Paris: UNESCO Publishing.
- WATANABE, C., & FUKUDA, K. (2006). National innovation ecosystems: The similarity and disparity of Japan-US technology policy systems toward a service oriented economy. *Journal of Services Research*, 6(1), 159-186.
- WOOD-HARPER, T. (1985). Research methods in information systems: using action research. *Research methods in information systems*, 169-191.
- YU, E., & DENG, S. (2011). Understanding Software Ecosystems: A Strategic Modeling Approach. En S. Jansen, J. Bosch, P. Campbell, & F. Ahmed (Eds.), *IWSECO-2011 Software Ecosystems 2011. Proceedings of the Third International Workshop on Software Ecosystems. Brussels, Belgium, June 7th, 2011*. (pp. 65-76). Aachen, Germany: CEUR Workshop Proceedings.
- ZACHARAKIS, A. L., SHEPHERD, D. A., & COOMBS, J. E. (2003). The development of venture-capital-backed Internet companies. An ecosystem perspective. *Journal of Business Venturing*, 18(2), 217-231. [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-9026\(02\)00084-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-9026(02)00084-8).