

El Uso de Ontologías en la Ingeniería de Software basada en Prácticas Ágiles. Un Mapeo sistemático

Rachel Pairol Fuentes
Universidad Tecnológica
Nacional, Instituto
desarrollo y diseño INGAR
[rpairol@santafe-
conicet.gov.ar](mailto:rpairol@santafe-conicet.gov.ar)

Marcela Vegetti
Universidad Tecnológica
Nacional, Instituto
desarrollo y diseño INGAR
[mvegetti@santafe-
conicet.gov.ar](mailto:mvegetti@santafe-conicet.gov.ar)

María Luciana Roldan
Universidad Tecnológica
Nacional, Instituto
desarrollo y diseño INGAR
[lroldan@santafe-
conicet.gov.ar](mailto:lroldan@santafe-conicet.gov.ar)

Resumen

En las últimas décadas se han desarrollado un alto número de ontologías que intentan abordar diversos aspectos de la ingeniería del software, facilitando principalmente el proceso de desarrollo de software mediante la mejora de la gestión del conocimiento, el aumento de reutilización del software y los artefactos. En este trabajo se presenta un mapeo bibliográfico y un esquema de clasificación de la investigación sobre el uso de ontologías en la ingeniería de software basada en prácticas ágiles. En este mapeo se incluyeron 56 artículos publicados desde 2003 clasificados según un esquema que consta de 3 categorías principales: práctica ágil utilizada, utilidad de la ontología en proyectos de desarrollo de software y campo de aplicación. Además, proporciona una fuente de referencia para los interesados en explorar sobre las ontologías y el desarrollo de software con un enfoque ágil e identificar las áreas en donde se concentran las investigaciones.

1. Introducción

Con el paso de los años el desarrollo tecnológico ha ido creciendo exponencialmente, lo que ha propiciado que exista un alto volumen de datos, así como la necesidad de integración e interoperabilidad de los mismos a través de los sistemas de información. Disponer de una descripción lo más completa posible de los datos, se ha convertido en un tema fundamental a tratar, constituyendo recursos indispensables para lograr un mayor aprovechamiento y efectividad en el ciclo de vida del desarrollo del software.

En el desarrollo de software, los modelos están situados como el artefacto central, pues se utilizan para varios propósitos, ya sea en la comunicación, documentación y medios de diseño [1]. Para lograr una adecuada descripción formal de un conjunto de datos es importante considerar el modelado y la semántica de los datos como aspecto

fundamental. De esta manera, es posible representar el conocimiento de un determinado dominio, lo que constituye el rol principal de las ontologías. Las ontologías, además, son utilizadas para abordar la integración e interoperabilidad semántica, proporcionando una estructura adecuada para representar de manera clara y explícita el significado de los conceptos y las relaciones de dominio [2], motivo por el cual son usadas en distintas áreas de investigación.

Las ontologías fueron propuestas por primera vez para contribuir a resolver problemas de integración de datos, proporcionando un vocabulario común para las aplicaciones y sistemas de información [3]. Una ontología es una especificación formal de una conceptualización compartida [3]. El hecho de que sea una representación formal significa que es “entendible” por las máquinas, lo que permite el desarrollo de sistemas inteligentes [4].

En las últimas décadas se han desarrollado un gran número de ontologías que intentan abordar diversos aspectos de la ingeniería del software, como la ingeniería de requisitos, la reutilización de componentes, el modelado de dominios, etc. En el ámbito de la ingeniería del software, existen diversos enfoques para el desarrollo de software que aplican diversas tecnologías y nuevas prácticas de ingeniería y gestión, como por ejemplo los métodos ágiles. Los diferentes enfoques tienen como objetivo encontrar procesos que mejoren tanto la productividad como la calidad y buscan abordar la forma óptima de desarrollar software en función de las especialidades de cada dominio del problema y las características de cada paradigma [5].

Para lograr una eficiente gestión y reutilización del conocimiento de los proyectos de software, se deben considerar varias actividades y enfoques alternativos, entre los cuales se encuentra la ingeniería ontológica. La unión de los proyectos de desarrollo de software ágiles y la gestión del conocimiento se ha convertido en un elemento muy importante para el éxito del proyecto y el rendimiento de la organización [6].

El presente documento presenta un mapeo sistemático de la bibliografía relacionada con el uso de la ingeniería ontológica en los proyectos de software basados en

principios ágiles. Este trabajo está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 presenta una descripción de las prácticas ágiles y la ingeniería ontológica. Sección 3 introduce la metodología con la que se abordó el estudio y el esquema de clasificación utilizado. Los resultados del mapeo bibliográfico se muestran en la Sección 4. Finalmente, en la Sección 5 se presenta la discusión y las conclusiones.

2. Prácticas Ágiles e Ingeniería ontológica

En el 2001 un grupo de expertos de software se reunieron para promover una mejor forma de desarrollar software y decidieron escribir un Manifiesto para el Desarrollo Ágil de Software [7]. Desde entonces, surgieron varios métodos de desarrollo de software propuestos por expertos en procesos de software basados en el manifiesto ágil, como un intento de mejorar los procesos existentes [5]. Algunas de las metodologías ágiles más difundidas y adoptadas por los practicantes son: Extreme Programming (XP), Scrum, Kanban, Lean software development, y Crystal Clear. Dentro de la comunidad científica varios autores profundizaron sobre estas metodologías [8], [9], [10], [11], [12].

Estos métodos ágiles surgen como paradigmas para liberar el proceso de creación de sistemas de software de algunas limitaciones de los enfoques más tradicionales [13]. Se centran en la flexibilidad ante los cambios en los requisitos, a trabajar en colaboración con los clientes y partes interesadas, apoyar las continuas mejoras a lo largo de las etapas de desarrollo, y están inspiradas para pequeñas organizaciones y para un máximo de 8 a 10 desarrolladores [14].

Las prácticas ágiles están basadas en el desarrollo iterativo e incremental. Los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo, permitiendo adaptar la forma de trabajo a las condiciones del proyecto, gestionándose de manera autónoma y eficaz, lo cual ofrece soluciones rápidas de alta calidad. Estas prácticas se basan en dos principios básicos: 1) excelencia técnica, buen diseño y código de alta calidad; 2) adaptación periódica a las circunstancias cambiantes [15].

Por otro lado, las ontologías proporcionan una comprensión común de los datos dentro un dominio de problemas. Facilitan la comunicación entre personas y sistemas de información. Ayudan a gestionar el contenido y el conocimiento y, en consecuencia, son útiles para extraer información según las necesidades de un usuario.

La comunidad de desarrollo de software ha reconocido muy pronto que las ontologías son una forma prometedora de abordar los problemas actuales de la ingeniería del software [16]. Algunas investigaciones proponen el uso de ontologías en la ingeniería de requisitos, el diseño, mantenimiento, reutilización de software y gestión del conocimiento [5]. También se han propuesto y desarrollado

tecnologías de ingeniería del software para el modelado y el razonamiento con el uso de ontologías. Además, se han utilizado para representar y almacenar elementos de conocimiento de un área de interés (dominio) [17].

3. Metodología

En este trabajo se realizó un estudio de mapeo sistemático de la literatura siguiendo las directrices propuestas por [18]. Estas directrices plantean formalizar una exploración comenzando por definir los objetivos de la investigación, plasmar una estrategia de búsqueda en las diferentes bases de datos con un criterio de selección orientado a los objetivos, y de esta manera ayudar a determinar qué temas se han tratado, dónde y cuándo se han publicado, aportar una visión general e identificar y clasificar todas las investigaciones sobre una temática en particular. El objetivo fundamental de este trabajo es conocer el uso de las ontologías en proyectos de desarrollo de software con enfoques ágiles. Para ello se plantearon las siguientes preguntas de investigación (RQs):

RQ1: ¿Cuándo y en qué países se publicaron los estudios?

RQ2: ¿Qué tipo de estudios y qué revistas incluyen artículos en donde se ha explorado el uso de ontologías aplicadas a proyectos de desarrollo de software con enfoques ágiles?

RQ3: ¿Cuáles son las principales prácticas ágiles en las que se concentran las investigaciones?

RQ4: ¿Qué áreas de los proyectos de desarrollo de software con principios ágiles utilizan la ingeniería ontológica y cuántos artículos cubren las diferentes áreas?

RQ5: ¿Cuáles son los campos de aplicación más explorados de la ingeniería ontológica relacionados con las prácticas de desarrollo ágil?

Con el propósito de dar respuesta a las preguntas de investigación propuestas el mapeo sistemático que se presenta en este trabajo, se desarrolló mediante tres etapas propuestas por [18], a saber: (1) identificación de los estudios, (2) clasificación y (3) visualización de los resultados. Las siguientes secciones introducen los aspectos relevantes de cada una de estas etapas.

3.1 Identificación de los estudios

El objetivo de esta etapa fue identificar los estudios publicados que están relacionados con el tema en específico, realizando una búsqueda en diferentes bases de datos, y a partir de los resultados, realizar un proceso de inclusión y exclusión.

Para ello se seleccionaron tres destacadas bases de datos bibliográficas digitales: ACM, ScienceDirect y Scopus que incluye artículos de varias editoriales como por ejemplo Springer, Elsevier, IEEE, entre otros. Se consideran estas bases de datos por ser suficientemente completas para encontrar un conjunto de literatura específica del estado

actual de la investigación sobre las ontologías y las prácticas ágiles.

A continuación, sobre las tres bases de datos, se realizaron búsquedas en el título y resúmenes de los artículos a partir de dos cadenas de palabras clave y para todos los años. En la **Tabla 1** se indican las cadenas de búsqueda y los resultados obtenidos en cada base de datos.

Tabla 1. Relación de artículos búsqueda inicial

Cadena de búsqueda	Scopus	Science Direct	ACM	Total
"ontology development" AND methodology AND (agile OR scrum OR XP)	9	128	36	173
("ontology development process" OR "ontology development methodology") AND (agile OR scrum OR "Extreme Programming" OR kanban OR crystal OR "Lean Software Development" OR xp))	5	40	12	57

3.1.1 Proceso de inclusión y exclusión

A partir de la búsqueda inicial, se obtuvo un conjunto de 230 artículos. Los metadatos de estos artículos se importaron a una hoja de cálculo de Microsoft Excel, teniendo en cuenta: año, autores, título, resumen, país de procedencia, fuente y tipo de publicación, y DOI. Luego manualmente, se identificó: la práctica ágil abordada en el trabajo, la utilidad de la ontología propuesta o empleada, y el campo específico de aplicación dentro de la ingeniería de software. El proceso para la inclusión y exclusión de artículos (ver **Figura 1**) constó de tres pasos: (1) eliminar los duplicados y los que no estuvieran escritos en idioma inglés, (2) análisis de títulos, resumen, introducción y conclusiones para detectar artículos irrelevantes, y (3) propuesta de una taxonomía de los trabajos y su análisis crítico, a partir de su lectura completa.

En el Paso 1, se importaron todos los estudios al gestor de referencias Mendeley y se eliminaron automáticamente 29 duplicados, los que fueron encontrados con la opción "Check for duplicates" de dicho gestor y se descartó un artículo que no estaba escrito en idioma inglés. Al finalizar este paso se analizaron los 200 artículos restantes de las bases de datos para continuar con el Paso 2. Este consistió en el análisis manual de los títulos, resúmenes, introducción y conclusiones en busca de artículos aparentemente irrelevantes, excluyendo los artículos que no utilizaban a las

ontologías en el ámbito de prácticas ágiles. Estos artículos incluían estudios solo de ontologías y de prácticas ágiles, pero de manera independiente no estaban directamente vinculadas.

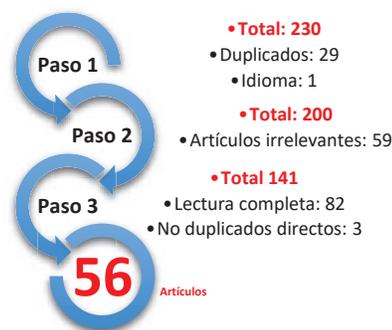


Figura 1. Proceso de selección de artículos

En total, se descartaron 59 artículos al final de esta ronda, con lo que se conservaron 141 artículos que se mantuvieron en la base de datos Mendeley.

En el Paso 3, se revisaron manualmente los textos completos, con el objetivo de excluir los artículos que no abordaban las ontologías y las prácticas ágiles como tema central de investigación. Este paso fue más exhaustivo y consumió más tiempo, ya que requirió leer en profundidad los artículos para filtrar adecuadamente. Como resultado, en este paso se descartaron 82 artículos. Además, la lectura de los resúmenes y los textos completos también permitió excluir 3 artículos de 4 que no eran duplicados directos, pero cubrían con escasa diferencia las mismas contribuciones y del mismo grupo de autores; en estos casos, se mantuvo el artículo más reciente y se descartaron los demás. En total se mantuvieron 56 artículos en la base de datos Mendeley para continuar con un análisis más crítico y su posterior clasificación.

3.2 Esquema de clasificación

Para examinar sistemáticamente las investigaciones relacionadas con el tema, se desarrolló un esquema de clasificación basado en los 56 artículos que quedaron tras el proceso de inclusión y exclusión. Este esquema se realizó con el objetivo de comprender mejor los conceptos fundamentales, determinar los principales ámbitos de aplicación de las ontologías, tratando de localizar y recuperar artículos centrados en las ontologías y la ingeniería de software. De esta manera, los artículos se agruparon en 3 categorías fundamentales:

1. Prácticas Ágiles de proyectos de desarrollo de software (Scrum, XP, Lean, Kanban, Crystal, etc.)
2. Uso que se da a la ontología en el proceso de desarrollo (Ingeniería de requisitos, diseño, mantenimiento, reutilización de artefactos de modelado, razonamiento, representar o almacenar conocimiento)
3. Campo de aplicación (Web semántica, ingeniería del conocimiento y sistemas de información)

Se seleccionaron estas categorías para determinar cuáles son las prácticas ágiles más utilizadas en la bibliografía y que tuvieran en cuenta el uso de ontologías. Además, se consideró interesante conocer en qué fase del ciclo de vida del software son utilizadas con más frecuencia las ontologías, ya sea para representar el conocimiento, guiar en la obtención y gestionar cambios de los requisitos con mejor calidad, y en general, en cualquier fase. Con la tercera categoría, se pretende clasificar a los artículos según el campo de aplicación. Por un lado, identificar aquellos artículos que están centrados en la “web semántica”, es decir, la implementación de software capaz de navegar y realizar operaciones por los humanos. Por otro lado, a los estudios que se centran en extraer y codificar el conocimiento en una determinada área para luego ser procesado por un sistema, se los clasificó en “ingeniería del conocimiento”. Por último, los estudios que se clasificaron en “sistemas de información” son los artículos que presentan software más generales o básicos que recolectan, procesan y transmiten datos al usuario. Estas clasificaciones según el campo de aplicación fueron identificadas a partir de la lectura de los trabajos encontrados.

4. Resultados de la investigación

Según el esquema propuesto, se clasificaron 56 artículos y se analizaron los artículos por año de publicación y medios de publicación. En el anexo A se listan los 56 trabajos sobre los que se realiza este estudio.

4.1 Distribución de los artículos por año y países de origen

Los artículos incluidos en el mapeo sistemático realizado se agruparon en etapas según su año de publicación. El 18 % de los artículos encontrados, representa los primeros 8 años de investigación realizadas sobre las ontologías vinculadas a las prácticas ágiles y viceversa, durante el periodo 2003-2011. A partir del año 2012 hasta el 2016 se puede notar un incremento en la producción científica orientada al tema, en tanto que los artículos dentro de este periodo representan el 27%, para un total de 16 artículos. Por último, se observa que el 55% de la totalidad de los artículos revisados fueron publicados desde el 2017 hasta la actualidad. Esto implica que en estos últimos 4 años ha habido un aumento significativo de la producción científica respecto a los dos periodos antes mencionados. La **Figura 2** muestra a través de un gráfico torta la representación por colores de las diferentes etapas establecidas.

Este aumento en los últimos años de las publicaciones relacionadas con la ingeniería ontológica y el desarrollo de software aplicando prácticas ágiles, evidencia un amplio interés por parte del mundo académico y la comunidad de desarrollo de software para dar solución y abordar problemas actuales.

En cuanto a la distribución de las publicaciones según el país de afiliación de los autores, de los estudios seleccionados, 10 fueron publicados por investigadores en Italia, lo que equivale al 16% del total. Luego le sigue España y Alemania con un 11% y un 6% respectivamente. La India, Tailandia, Brasil, Estados Unidos y Francia por su parte contribuyeron con un 5 % cada uno. En Otros se incluye a todos aquellos países que tenían menos de 2 publicaciones como por ejemplo Bélgica, Suecia, Reino Unido, Ecuador, Australia, Canadá, etc. Estas cifras se muestran en la **Figura 3**, siendo Italia y España los países con mayor número de investigaciones.

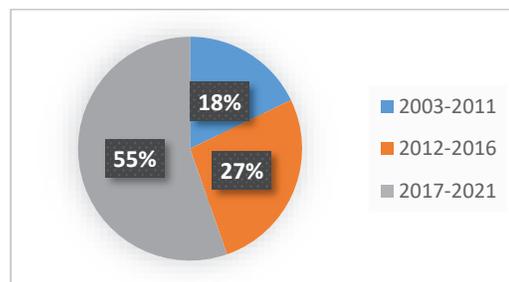


Figura 2. Distribución de artículos por años

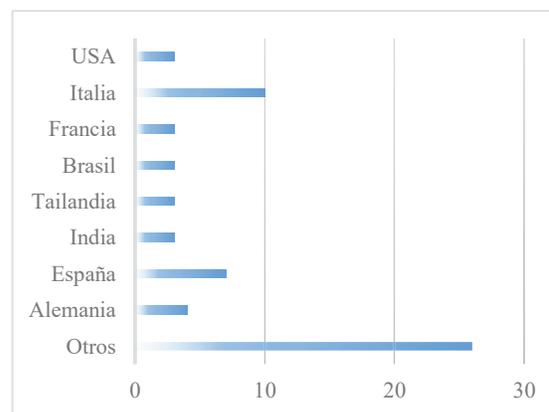


Figura 3. Distribución de países de origen de los artículos seleccionados

4.2 Distribución de los artículos por medios de publicación

En esta sección se presenta el resultado del análisis de los artículos según el medio de publicación. En la **Figura 4** se puede visualizar la distribución de los trabajos según fueron publicados en revistas o en conferencias. La mayoría de los 56 artículos provienen de revistas de las editoriales Springer, IEEE, ACM, y Elsevier, representando el 54%. Por otro lado, el 46 % de las publicaciones relevadas provienen de congresos.

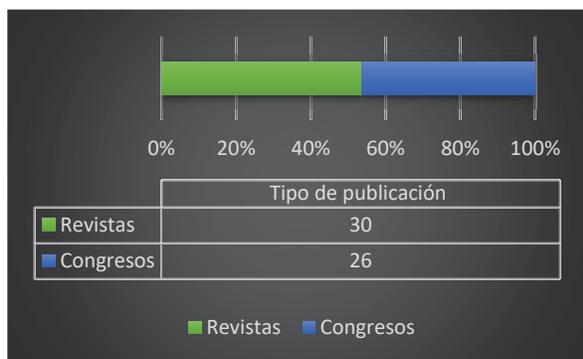


Figura 4. Distribución de artículos por tipo de publicación

Las principales fuentes de publicación de los estudios se indican en la **Tabla 2**. De los 26 artículos que corresponden a publicaciones en conferencias, 3 artículos fueron publicados en las conferencias International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (WIMS), esto indica que es uno de los lugares más destacados para esta temática. Otras conferencias fueron Computer Science and Information Technologies, Lecture Notes in Computer Science LNCS (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), IEEE/ACM Joint Conference on Digital Libraries, Conference on Software Engineering (CSE). En la tabla se muestran solo congresos con un número mayor o igual a 2.

Por otro lado, las revistas más destacadas identificadas son Environmental Modelling and Software, Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP), Advances in Intelligent Systems and Computing - Springer, Journal of Web Semantics cada una con más de 1 artículo respectivamente.

Tabla 2 Fuentes de publicación de los artículos seleccionados

Congreso	
Computer Science and Information Technologies (CSIT)	2
Lecture Notes in Computer Science LNCS (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	2
IEEE/ACM Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)	2
Conference on Software Engineering (CSE)	2
International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (WIMS)	3

Revista	
Environmental Modelling and Software	2
IEICE Transactions on Information and Systems	1
IET Software	1
Data & Knowledge Engineering	1
DYNA	1
Future Generation Computer Systems	1
Lecture Notes in Business Information Processing LNBIP	2
International Journal of Intelligent Engineering and Systems	1

Procedia Computer Science	1
Journal of Biomedical Informatics	1
Journal of Manufacturing Systems	1
Advances in Intelligent Systems and Computing - Springer	2
Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research	1
Journal of Web Semantics	3
Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)	1
IEEE Access	1
Communications of the ACM	1
International Journal of Software Engineering and its Applications IJSEIA	1
Journal of Systems and Software	2
Research Letters in the Information and Mathematical Sciences	1
Information and Software Technology (IST)	1

4.3 Prácticas Ágiles abordadas en los artículos

En esta sección se trata de dar a conocer las principales prácticas ágiles en las que se concentran las investigaciones seleccionadas. La distribución de las prácticas que han sido usadas en los diferentes artículos seleccionados se muestra en la **Figura 5**, donde se puede apreciar que según el estudio, las más utilizadas son Scrum y Extreme Programming (XP) con un número de 22 y 16 artículos que equivale al 36% y el 25%, luego Lean y Crystal menos utilizadas con un 8 y un 5% respectivamente. El 26% le corresponde a Otras prácticas, en las que se engloba a Kanban, Agile Unified Process, Feature Driven Development (FDD), etc.

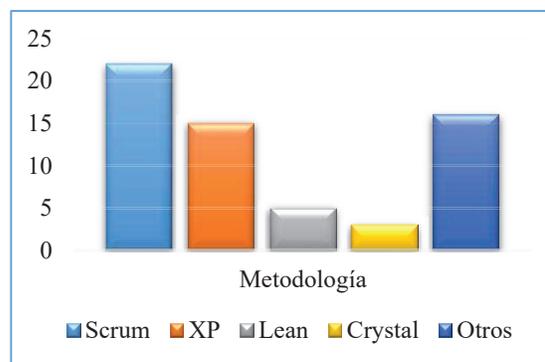


Figura 5. Distribución de prácticas ágiles utilizadas

4.4 Aplicación de ontologías en desarrollo de software

La **Tabla 3** muestra el número de artículos relacionados con el uso de ontologías en la ingeniería de software. Según el estudio realizado en el 28 % de las investigaciones se utilizan las ontologías para la gestión de conocimiento (Representación/ almacenamiento) de algún proceso de la ingeniería de software. Luego, un 20% de los trabajos publicados emplean las ontologías para razonamiento a partir del conocimiento representado. Esto refleja que a medida que el volumen de datos que manejan las organizaciones crece exponencialmente, se necesita de

tecnologías que aporten mayor dinamismo en la interpretación e interoperabilidad entre los datos.

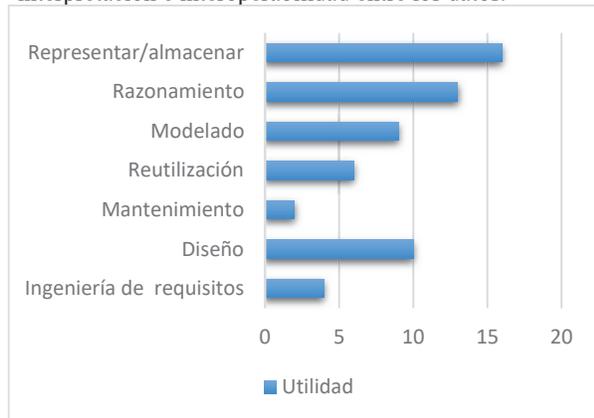


Figura 6. Uso de las ontologías en proyectos de desarrollo de software

En tanto, las ontologías son utilizadas para dar soporte al diseño y el modelado en un 15 y un 16%, respectivamente, ocupando el tercero y cuarto lugar. El modelado en el desarrollo de los sistemas de información siempre ha sido una actividad esencial en la ingeniería de software, ya que contar con una correcta descripción conceptual de las entidades del dominio y definir las interacciones y colaboraciones entre ellas, permite encontrar soluciones adecuadas y mejorar la comunicación de los equipos de desarrollo.

Además, uno de los principales usos de una ontología en un sistema es poder reutilizar e integrar conocimiento para sistemas futuros, y a la vez, poder integrarla en una ontología más grande o red de ontologías, que permita mejorar la conceptualización que aportan todas ellas por separado. El 10% de los estudios utilizan una ontología anteriormente creada y crean sistemas que pueden entender la información almacenada en una ontología sobre un dominio y trabajar con dicha información, aunque dicha ontología no haya sido generada por y para ellos.

Por otro lado, existen investigaciones que proponen el uso de las ontologías en la ingeniería de requisitos y en la fase de mantenimiento de software con un 7 y un 3% respectivamente. Estas ontologías están aplicadas a enfoques ágiles intentando poner en primer lugar el software que se está desarrollando y reconocer que los requisitos cambian y que es necesario responder rápidamente a las necesidades de los usuarios, produciendo lanzamientos de software frecuentes y regulares.

4.5 Campo de aplicación

Las ontologías se caracterizan por tener una amplia aplicabilidad en diversas áreas de investigación capturando el significado de los datos en un dominio específico.

En la Figura 7 se muestran los diferentes campos de aplicación utilizados en la bibliografía seleccionada. El área de ingeniería de conocimiento (IC) es la más abarcada con un 42% de los artículos. Luego le sigue la Web Semántica (WS) con un 34% y por último el 24 % de los artículos que

utilizan las ontologías y las prácticas ágiles teniendo como resultado un sistema de información (SI). En la Tabla 3 se muestra una relación de estudios.

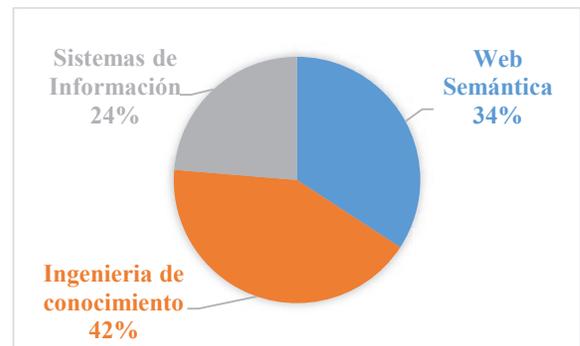


Figura 7. Campo de aplicación

5. Discusión y Conclusiones

En los últimos años las publicaciones sobre uso de ontologías en el desarrollo de software ágil han ido en aumento y varios han sido los países que han investigado sobre el tema. Según este mapeo bibliográfico, los principales investigadores e instituciones dedicadas a la temática provienen de países como Italia y España. Sin embargo, se encontró que existen temas, dentro de la ingeniería de software, que están aún pendientes y sin abordar. De los estudios encontrados, algunos abordan la necesidad de investigar y discutir con más profundidad un conjunto de métricas de software basadas en las prácticas ágiles para el análisis ontológico en equipos, con el fin de controlar, revisar y supervisar los procesos de construcción y evolución de ontologías en un ambiente cooperativo. Otra temática de interés es proponer o diseñar modelos ontológicos flexibles bajo un proceso creativo, es decir, que algunos componentes se puedan representar de formas alternativas, pues de otro modo esto sería una limitación a la hora de adaptar los modelos a todas las situaciones posibles.

Se encontró, además, que existen muchas áreas de similitud entre los dos dominios el desarrollo de ontologías y la ingeniería de software. Esto constituye un punto a favor pues la ingeniería ontológica puede beneficiarse de herramientas del desarrollo del software y este tipo de estudios tienen como objetivo inspirar al debate sobre la intersección entre ellos y proporcionar los medios para adaptar las necesidades de los desarrolladores de ontologías tomando las lecciones y herramientas de la ingeniería de software.

En este trabajo se revisaron en total 56 artículos. Del total de trabajos analizados, se encontró que 24% abordan el desarrollo de ontologías en las áreas de gestión ágil de proyectos de software. El presente mapeo bibliográfico se centró en un esquema de clasificación enfocado en el uso de

ontologías que abordan la ingeniería de software o en ontologías que permiten el desarrollo de software basado en prácticas ágiles. Además, se eligió examinar sólo ontologías de dominio que abordan procesos de ingeniería de software (ejemplo: gestión de requisitos, modelado y diseño, mantenimiento y reutilización) que apliquen prácticas ágiles bien establecidas y conocidas (Crystal, Lean, XP y Scrum, etc).

Este estudio pone de manifiesto que existe un amplio interés en continuar investigando sobre las ventajas de la aplicación de las ontologías en la gestión del conocimiento de los procesos de desarrollo ágiles, así como también en cómo emplear los mismos principios ágiles en el desarrollo de estas ontologías.

El uso de las ontologías promete ser una solución destacada, y legítima para los problemas actuales y en la ingeniería de software constituye una contribución muy importante en la profundización del conocimiento requerido, para mantenerlo, adaptarlo, reutilizarlo y así producir mejores aplicaciones.

Como trabajo futuro se plantea realizar un estudio más profundo de los resultados a fin de explorar cuáles serían los desafíos que quedan pendientes, o no estén abordados a la hora de aplicar la ingeniería ontológica en los procesos de desarrollo ágil.

Referencias

- [1] A. Maraee and A. Sturm, "Imperative versus declarative constraint specification languages: a controlled experiment," *Softw. Syst. Model.*, vol. 20, no. 1, pp. 27–48, 2021, doi: 10.1007/s10270-020-00796-4.
- [2] A. Pras *et al.*, "Key research challenges in network management," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 45, no. 10, pp. 104–110, 2007, doi: 10.1109/MCOM.2007.4342832.
- [3] M. Keet, *Introduction to ontology engineering*. Cape Town, SA, 2020.
- [4] G. Guizzardi, *Ontological foundations for conceptual modeling with applications*, vol. 7328 LNCS. 2012.
- [5] P. Fitsilis, V. Gerogiannis, and L. Anthopoulos, "Ontologies for Software Project Management," *J. Softw. Eng. Appl.*, vol. 07, no. 13, pp. 1096–1110, 2014, doi: 10.4236/jsea.2014.713097.
- [6] T. K. Srikantaiah, M. E. D. Koenig, and S. Hawamdeh, *Convergence of Project Management and Knowledge Management*. Lanhan, toronto: Scarecrow press, Inc, 2010.
- [7] M. Beedle *et al.*, "Manifiesto for Agile Software Development," *The Agile Alliance*, 2001. <http://agilemanifesto.org/> (accessed Apr. 18, 2021).
- [8] K. Beck, "Extreme Programming explained: Embrace change. Reading, Mass," *Addison-Wesley*, pp. 1–4, 2002.
- [9] K. Schwaber and J. Sutherland, "La Guía de Scrum TM La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego Español / Spanish South American," *Scrum.Org*, p. 22, 2017, [Online]. Available: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Spanish-SouthAmerican.pdf>.
- [10] D. J. Anderson, *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press, 2010.
- [11] M. Poppendieck and T. Poppendieck, *Lean software development: an agile toolkit*. Addison-Wesley, 2003.
- [12] P. L. Woods and A. Trivedi, "Crystal clear," *J. Paediatr. Child Health*, vol. 48, no. 12, p. 1094, 2004, doi: 10.1111/jpc.12006_1.
- [13] D. Parsons, "An Ontology of Agile Aspect Oriented Software Development," *Res. Lett. Inf. Math. Sci.*, vol. 15, no. November, pp. 1–11, 2011.
- [14] K. Athiththan, S. Rovinsan, S. Sathveegan, N. Gunasekaran, K. S. A. W. Gunawardena, and D. Kasthurirathna, "An Ontology-based Approach to Automate the Software Development Process," *2018 IEEE 9th Int. Conf. Inf. Autom. Sustain. ICIAS 2018*, 2018, doi: 10.1109/ICIASF.2018.8913339.
- [15] R. Shankarmani, S. S. Mantha, V. Babu, D. Mehta, K. Khatri, and P. Kaushil, "A decision support system utilizing a semantic agent," *Proc. 2010 IEEE Int. Conf. Softw. Eng. Serv. Sci. ICSESS 2010*, pp. 442–447, 2010, doi: 10.1109/ICSESS.2010.5552340.
- [16] M. Gašević, D., Kaviani, N., Milanović, *Ontologies and Software Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [17] K. Soreangsey, S. Heng, M. Kolp, and Y. Wautelet, *Agile Methods Knowledge Representation for Systematic Practices Adoption*, LNBIP 355., vol. 1. Montréal, Canada: Springer International Publishing, 2019.
- [18] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 64, pp. 1–18, 2015, doi: 10.1016/j.infsof.2015.03.007.

Anexo A

Tabla 3. Relación de estudios

Año	Autores	Título	Citas	DOI	Práctica	Campo	Aplicación IS
2021	Quezada-Sarmiento, Pablo A Elorriaga, Jon A Arruarte, Ana Jumbo-Flores, Luis A	Used of Web Scraping on Knowledge Representation Model for Bodies of Knowledge as a Tool to Development Curriculum	0	10.1007/978-3-030-72651-5_58	Scrum	-	Modelado Representar/Almacenar
2020	Masmoudi, Maroua Karray, Mohamed Hedi Ben Abdallah Ben Lamine, Sana Zghal, Hajer Baazaoui Archimede, Bernard	MEMON: Modular Environmental Monitoring Ontology to link heterogeneous Earth observed data	5	10.1016/j.envsoft.2019.104581	-	IC	Representar/Almacenar
2020	Mohsen, Wa'El Aref, Mostafa Elbahnasy, Khaled	Scated Scrum Framework for Cooperative Domain Ontology Evolution	1	10.1145/3404709.3404770	Scrum	IC	-
2020	Takhom, Akharawoot Usanavasin, Sasiporn Supnithi, Thepchai Boonkwan, Prachya	A collaborative framework supporting ontology development based on agile and scrum model	0	10.1587/transinf.2020EDP7041	Scrum	WS	Diseño Modelado
2020	Stadnicki, Adrian Pietron, Filip Burek, Patryk	Towards a modern ontology development environment	0	10.1016/j.procs.2020.09.070	-	SI	Mantenimiento Representar/Almacenar
2020	Martínez-García, Jose R. Castillo-Barrera, Francisco Edgar Palacio, Ramon R Borrego, Gilberto Cuevas-Tello, Juan C.	Ontology for knowledge condensation to support expertise location in the code phase during software development process	4	10.1049/iet-sen.2019.0272	-	IC	Diseño Mantenimiento
2020	Rocha, Rodrigo Bion, Danilo Azevedo, Ryan Gomes, Arthur Cordeiro, Diogo Leandro, Renan Silva, Israel Freitas, Fred	A Syntactic and Semantic Assessment of a Global Software Engineering Domain Ontology	0	10.1145/3428757.3429143	XP Scrum	WS	Razonamiento Representar/Almacenar

2019	Pereira, Ariane Rodrigues Ferreira, João José Pinto Lopes, Alexandra	A knowledge representation of the beginning of the innovation process: The Front End of Innovation Integrative Ontology (FEI2O)	6	10.1016/j.datak.2019.101760	Lean	-	Representar/Almacénar
2019	Ortega-Ordoñez, Wilson Alfredo Pardo-Calvache, César Jesús Pino-Correa, Francisco José	Ontoagile: An ontology for agile software development processes	6	10.15446/dyna.v86n209.76670	-	IC	Razonamiento
2019	Pico-Valencia, Pablo Holgado-Terriza, Juan A. Paderewski, Patricia	A systematic method for building Internet of Agents applications based on the Linked Open Data approach	3	10.1016/j.future.2018.11.042	Scrum	WS	-
2019	Soreangsey, Kiv Heng, Samed Kolp, Manuel Wautelet, Yves	Agile Methods Knowledge Representation for Systematic Practices Adoption	3	10.1007/978-3-030-19034-7_2	Scrum	-	Representar/Almacénar Reutilización
2019	Abdelghany, Abdelghany Salah Darwish, Nagy Ramadan Hefni, Hesham Ahmed	An agile methodology for ontology development	15	10.22266/ijies.2019.0430.17	Scrum	-	Diseño Modelado
2019	Tarasov, Vladimir Seigerroth, Ulf Sandkuhl, Kurt	Ontology development strategies in industrial contexts	2	10.1007/978-3-030-04849-5_14	XP	-	Razonamiento
2019	Basuki, Kustiadi	Transitioning To The Next Generation (Nextgen) Defense Training Environment (Dte)	2	10.1109/WSC.2011.6147964	Scrum	WS	Representar/Almacénar Reutilización
2019	Murtazina, M. Sh Avdeenko, T. V.	An ontology-based approach to support for requirements traceability in agile development	9	10.1016/j.procs.2019.02.044	-	-	Representar/Almacénar Razonamiento Ing. Requisitos
2018	Moner, David Maldonado, José Alberto Robles, Montserrat	Archetype modeling methodology	11	10.1016/j.ibi.2018.02.003	-	-	Modelado
2018	Paschke, Adrian Schäfermeier, Ralph	OntoMaven - Maven-Based Ontology Development and Management of Distributed Ontology Repositories	7	10.1007/978-3-319-64161-4_12	-	IC	-
2018	Fernández-Izquierdo, Alba García-Castro, Raúl	Requirements behaviour analysis for ontology testing	9	10.1007/978-3-030-03667-6_8	-	SI	Reutilización Razonamiento
2018	Pastor, Danilo Arcos-Medina, Gloria	Semantic Query System for Moodle Virtual Courses Based on an Ontology	0	10.1109/CEDEG.2018.8372309	Scrum	SI	Representar/Almacénar

2018	Onate, Alejandra Loaiza, Mayra Torres, Jose	Resource virtualization: A core technology for developing cyber-physical production systems	96	10.1016/j.jimsy.2018.05.003	Scrum	SI	-
2018	Nocera, Francesco	Reshaping distributed agile and adaptive development environment	0	0.1145/3236024.3275435	XP	SI	-
2018	Cummings, Joel Stacey, Deborah	Lean ontology development: An ontology development paradigm based on continuous innovation	1	10.5220/0006963003670374	Lean	-	Reutilización
2018	Ciancarini, Paolo Messina, Angelo Poggi, Francesco Russo, Daniel	Agile knowledge engineering for mission critical software requirements	15	10.1007/978-3-319-64161-4_8	Scrum	SI	Representar/Almacenar
2018	Krit, Salah Ddine El Asikri, Mohamed El Habil, Brahim Chaib, Hassan Benaddy, Mohamed Elouali, Mourad	Development of semantic web applications: State of art and critical review	1	10.1145/3234698.3234753	XP	WS	-
2018	Athiththan, Kathirgamasegaran Rovinsan, Selvaratnam Sathveegan, Srijeevahan Gunasekaran, Nahanaa Gunawardena, Kamila S.A.W. Kasthurirathna, Dharshana	An Ontology-based Approach to Automate the Software Development Process	2	10.1109/CIAFS.2018.8913339	-	SI	Razonamiento
2017	Salo, Markku Markopoulos, Evangelos Vanharanta, Hamu Kantola, Jussi Ilari	Degree of agility with an ontology based application	3	10.1007/978-3-319-42070-7_92	-	SI	-
2017	Jayasudha, R Viswanathan, V Shanthi, P	Implementation of reuse in the agile software development process scrum	1	10.22159/ajper.2017.v10s1.19597	Scrum	-	Reutilización Razonamiento
2017	Peroni, Silvio Vitali, Fabio	Interfacing fast-fashion design industries with Semantic Web technologies: The case of Imperial Fashion	5	10.1016/j.websem.2017.06.001	XP	-	-

2017	Daquino, Marilena Mambelli, Francesca Peroni, Silvio Tomasi, Francesca Vitali, Fabio	Enhancing semantic expressivity in the cultural heritage domain: Exposing the Zeri Photo Archive as Linked Open Data	34	10.1145/3051487	XP	WS	Razonamiento Ing. Requisitos
2017	Peroni, Silvio	A Simplified Agile Methodology for Ontology Development	57	10.1007/978-3-319-54627-8_5	XP	WS	Razonamiento Ing. Requisitos
2017	Adnan, Muhammad Afzal, Muhammad	Ontology based multiagent effort estimation system for scrum agile method	35	10.1109/ACCESS.2017.2771257	XP	WS	Razonamiento
2016	De Nicola, Antonio Missikoff, Michele	A lightweight methodology for rapid ontology engineering	95	10.1145/2818359		WS	Diseño Modelado
2016	Machado, Joice B Isotani, Seiji Barbosa, Ellen F. Bandeira, Judson Alcantara, Williams Barbosa, Armando	OntoSoft process: Towards an agile process for ontology-based software	8	10.1109/HICSS.2016.719	Scrum	IC	Diseño Razonamiento
2016	Pani, Sasmita Mishra, Jibitesh	A Novel Approach for Mobile Native App Development Using Ontological Design	2	10.14257/jiseia.2016.10.9.10	Scrum	-	Diseño
2016	Gholami, Mahdi Fahmideh Daneşgar, Farhad Low, Graham Beydoun, Ghassan	Cloud migration process—A survey, evaluation framework, and open challenges	91	10.1016/j.jss.2016.06.068	Scrum	-	-
2016	Garousi, Vahid Coşkunçay, Ahmet Demirörs, Onur Yazici, Ali	Cross-factor analysis of software engineering practices versus practitioner demographics: An exploratory study in Turkey	19	10.1016/j.jss.2015.09.013	Lean	-	-
2016	Clarke, Paul Mesquida, Antoni Lluís Ekert, Damjan Yilmaz, Murat	An Investigation of Software Development Process Terminology	30	10.1007/978-3-319-38980-6_25	-	-	Representar/Almacenar
2016	Boucher, Xavier Medini, Khaled	Towards a Generic Meta-Model for PSS Scenarios Modelling and Analysis	10	10.1016/j.procir.2016.03.038	-	-	Diseño Modelado
2015	Morrison, Patrick	A Security Practices Evaluation Framework	9	10.1109/ICSE.2015.296	XP	SI	
2014	Gonano, Ciro Mattia Tomasi, Francesca Mambelli, Francesca Vitali, Fabio Peroni, Silvio	Zeri e LODE. Extracting the Zeri photo archive to linked open data: Formalizing the conceptual model	10	10.1109/ICDL.2014.6970182	XP	IC	Razonamiento

2014	Ma, Xiaogang Zheng, Jin Guang Goldstein, Justin C. Zednik, Stephan Fu, Linyun Duggan, Brian Aulenbach, Steven M. West, Patrick Tilmes, Curt Fox, Peter	Ontology engineering in provenance enablement for the National Climate Assessment	29	10.1016/j.envsoft.2014.08.002	Scrum	IC	-
2013	Yannopoulos, Angelos Christodoulou, Yannis Bountris, Effie Savrami, Katia Douza, Maria	Metadata, Domain Specific Languages and Visualizations as Internal Artifacts Driving an Agile Knowledge Engineering Methodology	2	10.1007/978-3-319-03437-9_4	Crystal	IC	Modelado
2013	Di Maio, Paola Ure, Jenny	An open conceptual framework for operationalising collective awareness and social sensing	2	10.1145/2479787.2479815	-	WS	Representar/ Almacenar
2012	Simperl, Elena Bürger, Tobias Hangl, Simon Wörgl, Stephan Popov, Igor	ONTOCOM: A reliable cost estimation method for ontology development projects	24	10.1016/j.websem.2012.07.001	-	IC	-
2012	Skaf-Molli, Hala Desmontils, Emmanuel Nauer, Emmanuel Canals, G�r�me Cordier, Am�lie Lefevre, Marie	Knowledge continuous integration process (K-CIP)	11	10.1145/2187980.2188244	-	WS	-
2012	Poveda-Villal�n, María	A reuse-based lightweight method for developing linked data ontologies and vocabularies	31	10.1007/978-3-642-30284-8_66	XP	WS	-
2011	Di Maio, Paola	'Just enough' ontology engineering	18	10.1145/1988688.1988698	-	-	Diseño
2011	Presutti, Valentina Blomqvist, Eva Daga, Enrico Gangemi, Aldo	Pattern-Based Ontology Design	66	10.1007/978-3-642-24794-1_3	-	-	Diseño Reutilizacion
2011	Di Maio, Paola	Toward a semantic vocabulary for systems engineering	5	10.1145/1988688.1988712	-	IC	Ing Requisitos

Year	Parsons, David	An Ontology of Agile Aspect Oriented Software Development	12		XP	-	Modelado Representar/Almacenar
2010	Ovaska, Eila Evesti, Antti Henttonen, Katja Palviainen, Marko Aho, Pekka	Knowledge based quality-driven architecture design and evaluation	54	10.1016/j.infsof.2009.11.008	Scrum	-	Diseño Representar/Almacenar
2010	Shankarmani, Radha Mantha, S. S. Babu, Vinaya Mehta, Devika Khatri, Keshvi Kaushil, Poorva	A Decision Support System Utilizing a Semantic Agent Radha	2	10.1109/ICSESS.2010.5552340	-	WS	Representar/Almacenar
2008	Morien, Roy Wongthongtham, Pornpit	Supporting agility in software development projects - defining a project ontology	15	10.1109/DEST.2008.4635218	-	IC	Razonamiento Representar/Almacenar
2008	Sharifloo, Amir Azim Shamsfard, Mehrmoush	Using Agility in Ontology Construction	2	10.3233/978-1-58603-871-7-109	XP	-	Modelado
2006	Auer, Sören	The RapidOWL methodology - Towards agile knowledge engineering	13	10.1109/WETICE.2006.67	XP	IC	Representar/Almacenar
2003	Ceravolo, Paolo Marchesi, Michele Damiani, Ernesto Pinna, Sandro Zavatarelli, Francesco	A Ontology-based Process Modelling for XP	25	10.1109/APSEC.2003.1254376	XP	-	-