

Capítulo 13

Ecosistemas Software: Análisis de revisiones sistemáticas de literatura

Alicia García-Holgado y Francisco J. García-Peñalvo, Members, IEEE

Title—Software ecosystems: Analysis of systematic literature reviews.

Abstract— Software ecosystems, and in particular, technological ecosystems, allow solving problems related to the management of information and knowledge in all types of organizations. In order to improve the definition and development of this type of technological solutions, first, previous investigations must be identified and analyzed. In this way it is intended to clarify if there are solutions in the literature that allow solving the identified problems. As a preliminary phase to the systematic literature review, an analysis focused on systematic literature studies about software ecosystems has been carried out. This analysis was done through a systematic mapping.

Keywords— Technological ecosystems, software ecosystems, software engineering, systematic mapping, systematic literature review.

Abstract— Los ecosistemas *software*, y en particular, los ecosistemas tecnológicos, permiten resolver problemas relacionados con la gestión de la información y el conocimiento en todo tipo de organizaciones. Con el fin de mejorar la definición y desarrollo de este tipo de soluciones tecnológicas, en primer lugar, se deben identificar y analizar las investigaciones previas. De esta manera se pretende esclarecer si existen soluciones en la literatura que permitan resolver los problemas identificados. Como fase previa a la revisión sistemática de la literatura, se ha llevado a cabo un análisis centrado en estudios sistemáticos de la literatura sobre ecosistemas *software*. Dicho análisis se ha realizado a través de un mapeo sistemático.

Keywords— Ecosistemas tecnológicos, ecosistemas *software*, ingeniería de *software*, mapeo sistemático, revisión sistemática de la literatura.

I. INTRODUCCIÓN

LA metáfora de ecosistema, que proviene del área de la biología, se utiliza en diferentes contextos para transmitir la naturaleza evolutiva de los procesos, actividades y relaciones. Desde un punto de vista tecnológico, Iansiti y Levien [1] son los primeros en relacionar la tecnología con los ecosistemas empresariales al afirmar que evolucionan en torno a una plataforma. Según Manikas [2], la investigación en ecosistemas *software* (SECO) comenzó en 2005 con el libro de Messerschmitt y Szyperski [3].

Hay diferentes definiciones de SECO en la literatura [4-8]. Además, aunque el término más común es ecosistema

software, hay algunos autores que utilizan otros términos como ecosistema digital [9, 10], ecosistema de servicio [11] o ecosistema tecnológico [12, 13], entre otros, para hablar de un conjunto de componentes de *software* que están relacionados entre sí de alguna manera para dar lugar a sistemas más complejos. Cada término tiene diferentes matices. Concretamente, los autores de este trabajo utilizan el término “ecosistema tecnológico” para destacar las características evolutivas y el factor humano como parte del ecosistema, que está compuesto por componentes de *software* heterogéneos sin una plataforma o elemento central.

Es necesario mejorar la definición y el desarrollo de los ecosistemas tecnológicos para resolver los principales problemas detectados en estudios anteriores [12, 14]. Para alcanzar este objetivo, se requiere identificar y analizar las soluciones disponibles en la literatura en el campo de la ingeniería de *software* aplicada a los ecosistemas.

La revisión sistemática de la literatura (SLR), una metodología propuesta por Kitchenham y Charters [15], proporciona las pautas para identificar y analizar la literatura asociada con un tema específico. La primera actividad definida por esta metodología es la identificación de la necesidad de una revisión. Antes de planificar y realizar una SLR sobre soluciones de ingeniería de *software* para definir y desarrollar ecosistemas *software*, es necesario identificar si hay otras SLR en la literatura con el mismo objetivo. Para hacer esto, se ha realizado una SLR enfocada en revisiones sistemáticas de literatura y estudios de mapeo sobre ecosistemas *software*.

Este capítulo tiene como objetivo describir el mapeo realizado para complementar la revisión sistemática de la literatura sobre SLRs de ecosistemas *software*.

El capítulo está dividido en cinco secciones. La segunda sección describe la fase de planificación del estudio de mapeo. La tercera sección presenta el proceso de extracción de datos. La cuarta sección responde a las preguntas de mapeo. La quinta sección analiza los resultados. Finalmente, la última sección resume las principales conclusiones de este trabajo.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se basa en las directrices proporcionadas por Kitchenham y Charteres [15] para llevar a cabo revisiones sistemáticas de la literatura y las proporcionadas por Petersen [16, 17] en relación a los estudios de mapeo. En particular, el proceso se organiza en tres fases principales: la planificación, la realización e la elaboración del informe.

A. Preguntas de investigación

El objetivo principal de este estudio es encontrar y analizar las revisiones sistemáticas de la literatura y los mapeos sobre los ecosistemas de *software*. Concretamente, el presente mapeo sistemático de la literatura tiene como objetivo responder las siguientes preguntas:

- MQ1. ¿Cuántos estudios se publicaron a lo largo de los años?
- MQ2. ¿Quiénes son los autores más activos en el área?
- MQ3. ¿Qué tipo de artículos se publican?
- MQ4. ¿En qué fuentes aparecen este tipo de estudios?
- MQ5. ¿Cuáles son las bases de datos más utilizadas en este tipo de estudios?
- MQ6. ¿Qué términos de búsqueda se utilizan para definir la cadena de búsqueda en este tipo de estudios?
- MQ7. ¿En qué dominios se enfocan los estudios?
- MQ8. ¿Qué años cubren los estudios de revisión y mapeo?
- MQ9. ¿Qué tipo de revisiones se publican?

Posteriormente se ha utilizado el método PICOC propuesto por Petticrew y Roberts [18] para definir el alcance de la revisión:

- Población (P): revisiones sistemáticas de la literatura y mapeos sistemáticos.
- Intervención (I): realizar una revisión sistemática de la literatura sobre arquitectura de *software* e ingeniería dirigida por modelos, en inglés *Model Driven Engineering* (MDE), en ecosistemas tecnológicos.
- Comparación (C): no hay comparación.
- Resultados (O): las revisiones y mapeos sistemáticos sobre ecosistemas tecnológicos.
- Contexto (C): contextos relacionados con los ecosistemas tecnológicos y los ecosistemas *software*.

B. Criterios de inclusión y exclusión

Una vez establecido el alcance de la revisión, se ha definido un conjunto de criterios de inclusión y exclusión para seleccionar aquellos trabajos que son relevantes a la hora de responder las preguntas de investigación definidas. Específicamente, se definieron cinco criterios de inclusión (IC) y los cinco criterios de exclusión (CE) correspondientes:

- IC1: el documento describe una revisión de la literatura o un mapeo centrado en ecosistemas *software* o tecnológicos Y
- IC2: La revisión de la literatura o el mapeo presentado siguen un proceso sistemático Y
- IC3: el documento está escrito en inglés Y
- IC4: el documento se publica en revistas, libros, conferencias o talleres de revisión por pares Y
- IC5: la versión completa del documento está disponible a través de la institución de los autores o mediante la membresía de los autores a una asociación.

Respecto a los criterios de exclusión:

- EC1: el documento no describe una revisión de la literatura o un mapeo centrado en ecosistemas *software* o tecnológicos O
- EC2: la revisión de la literatura o el mapeo presentado no siguen un proceso sistemático O

- EC3: el documento no está escrito en inglés O
- EC4: el documento no se publica en revistas, libros, conferencias o talleres de revisión por pares O
- EC5: la versión completa del documento no está disponible a través de la institución de los autores o la membresía de los autores a una asociación.

C. Estrategia de búsqueda

En primer lugar, las fuentes seleccionadas para llevar a cabo las búsquedas son cuatro bases de datos electrónicas: Scopus, Web of Science (WoS), IEEE Xplorer y ACM Digital Library. Estas bases de datos fueron elegidas de acuerdo con un conjunto de requisitos:

- Es una base de datos de referencia en el ámbito de la investigación.
- Es una base de datos relevante en el área de investigación en este estudio de mapeo.
- Permite utilizar una cadena de búsqueda igual o similar al resto de las bases de datos seleccionadas.
- Es una base de datos disponible a través de la institución de los autores o la membresía de los autores a una asociación.
- Con respecto a los términos de búsqueda, se identificaron a partir del PICOC y los sinónimos o alternativas utilizados en la literatura para hablar sobre revisiones sistemáticas y ecosistemas tecnológicos.

Los términos de búsqueda se han definido en inglés de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión. En particular, los términos de búsqueda elegidos relacionados con los ecosistemas son: *technological ecosystem* (ecosistema tecnológico), *software ecosystem* (ecosistema *software*), *SECO*, *information ecosystem* (ecosistema de información), *ERP ecosystem* (ecosistema ERP), *open ecosystem* (ecosistema abierto), *learning ecosystem* (ecosistema de aprendizaje).

Por otro lado, los términos relacionados con las revisiones sistemáticas de la literatura son: SLR, *Systematic Literature Review* (revisión sistemática de la literatura), *systematic mapping* (mapeo sistemático), *literature review* (revisión de la literatura).

D. Cadenas de búsqueda

Las cadenas de búsqueda para cada fuente elegida se han definido a partir de los términos de búsqueda conectados por operadores booleanos AND / OR. Además, en Scopus y WoS se usó el comodín (*) para incluir tanto el singular como el plural de cada término.

No se aplicaron restricciones de tiempo en la búsqueda, es decir, los resultados no fueron limitados por el año de publicación de los artículos. Con respecto a las áreas o categorías temáticas, se aplicaron algunas restricciones en WoS y Scopus para evitar documentos relacionados con los ecosistemas biológicos. En particular, las categorías “VETERINARY SCIENCES” y “AGRICULTURE DAIRY ANIMAL SCIENCE” fueron excluidas en WoS y las áreas temáticas “Agricultural and Biological Sciences” y “Social Sciences” en Scopus. En cuanto a los tipos de documentos, solo se han incluido artículos en conferencias, artículos en revistas, capítulos de libros y revisiones.

Los términos elegidos se han buscado en el título, las palabras clave y el resumen de los documentos. A continuación, se presenta la consulta base:

("technological ecosystem" OR "software ecosystem*" OR SECO OR "information ecosystem*" OR "ERP ecosystem*" OR "open ecosystem*" or "learning ecosystem*") AND (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review")*

Esta consulta se ha adaptado a cada una de las bases de datos seleccionados, de tal forma que, a continuación, se muestran las cadenas correspondientes:

- WoS:

TS=(("technological ecosystem" OR "software ecosystem*" OR SECO OR "information ecosystem*" OR "ERP ecosystem*" OR "open ecosystem*" or "learning ecosystem*") AND (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review"))*

- Scopus:

TITLE-ABS-KEY ("technological ecosystem" OR "software ecosystem*" OR seco OR "information ecosystem*" OR "ERP ecosystem*" OR "open ecosystem*" OR "learning ecosystem*") AND TITLE-ABS-KEY (slr OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ch") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "AGRI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MEDI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "SOCI")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))*

- IEEE Xplorer:

("technological ecosystem" OR "software ecosystem" OR SECO OR "information ecosystem" OR "ERP ecosystem" OR "open ecosystem" or "learning ecosystem") AND (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review")

- ACM Digital Library:

((acmdlTitle: ("technological ecosystem" OR "software ecosystem" OR SECO OR "information ecosystem" OR "ERP ecosystem" OR "open ecosystem" OR "learning ecosystem") OR recordAbstract: ("technological ecosystem" OR "software ecosystem" OR SECO OR "information ecosystem" OR "ERP ecosystem" OR "open ecosystem" OR "learning ecosystem")) AND (acmdlTitle: (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review") OR recordAbstract: (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review"))

III. EXTRACCIÓN DE DATOS

El proceso de extracción de datos es un proceso iterativo e incremental que se ha dividido en varias etapas en las que se han llevado a cabo diferentes actividades. Para describir el proceso, se utiliza un flujo PRISMA [19] (Figura 1).

En primer lugar, se han identificado los resultados obtenidos tras aplicar las cadenas de búsqueda. Para ello, los resultados se han descargado en formato CSV (valores separados por comas), posteriormente se han almacenado en un repositorio en GitHub [20] y se han organizado en una hoja de cálculo en Google Sheets (<http://bit.ly/2yz5n3Y>). La hoja de cálculo está configurada para detectar automáticamente

títulos duplicados con el fin de facilitar su detección y eliminación. Además, para cada trabajo se ha indicado en qué fuentes está presente.

En segundo lugar, se han analizado el título, el resumen y las palabras clave de cada trabajo, y se han aplicado los criterios de inclusión y exclusión. Los trabajos se organizaron en otra hoja dentro del mismo documento de Google Sheets, y cada trabajo se ha marcado como candidato o no, según los criterios de inclusión y exclusión (<http://bit.ly/2MJRVqu>).

Finalmente, cada trabajo candidato se ha leído en detalle para decidir si cumple con un conjunto de características o criterios de calidad. Durante este análisis, se han respondido las siguientes preguntas:

- ¿Realiza un mapeo de literatura?
- ¿Realiza una revisión de la literatura?
- ¿Cuál es el dominio?
- ¿Qué aspectos de los ecosistemas tecnológicos analiza?
- ¿Cuáles son las preguntas de investigación?
- ¿Qué años abarcan?
- ¿Cuáles son las fuentes utilizadas?
- ¿Qué términos de búsqueda se utilizan?

Después de la lectura completa de los trabajos, se identificaron otros documentos relevantes. Concretamente, un documento, que también se ha leído en profundidad para responder a las preguntas descritas anteriormente. Toda la información se ha organizado en una tercera hoja de cálculo (<http://bit.ly/2K3D0vP>). La Tabla 1 muestra la correspondencia entre las variables recopiladas y las preguntas de mapeo.

TABLA 1
RELACIÓN ENTRE VARIABLES RECOGIDOS Y PREGUNTAS DE MAPPING

Variable	Valor	Pregunta
Mapping	Campo lógico para indicar que el estudio realiza un mapeo	MQ9
Review	Campo lógico para indicar que el estudio realiza una revisión	MQ9
Domain	Dominio o dominios en los que se centra el estudio	MQ7
Period	Rango de años en los que se publicaron los estudios elegidos	MQ8
Databases	Bases de datos electrónicas utilizadas para realizar el estudio	MQ5
Search terms	Palabras utilizadas para definir la cadena de búsqueda	MQ6
Authors	Conjunto de nombres de los autores	MQ2
Year	Año de publicación	MQ1
Type of publication	Uno de los siguientes valores: artículo, libro, capítulo y comunicación	MQ3
Present in WoS	Campo lógico para indicar si el trabajo aparece en esta base de datos	MQ4
Present in Scopus	Campo lógico para indicar si el trabajo aparece en esta base de datos	MQ4
Present in IEEE Xplorer	Campo lógico para indicar si el trabajo aparece en esta base de datos	MQ4
Present in ACM Digital Library	Campo lógico para indicar si el papel aparece en esta base de datos	MQ4

Los resultados obtenidos después de llevar a cabo este proceso se describen en la Figura 1 a través del flujo PRISMA [19]:

- Después de aplicar las cadenas de búsqueda en cada fuente, se han obtenido 62 artículos, de los cuales 23 son de Scopus, 16 de WoS, 7 de IEEE Xplorer y 16 de ACM Digital Library.
- Después de eliminar los duplicados, hay 43 artículos.
- Una vez que se han aplicado los criterios de inclusión y exclusión al título, el resumen y las palabras clave, hay 12 artículos (27.9% de los trabajos únicos recuperados).
- Se agregó un papel después de leer los seleccionados.
- Finalmente, se han analizado en profundidad un total de 13 artículos (30.23% de los trabajos únicos recuperados).

IV. RESULTADOS DEL MAPEO

Esta sección presenta los datos obtenidos después del proceso de extracción de datos y el análisis de los documentos seleccionados. Se ha utilizado un *notebook* en Python de Jupyter (<http://jupyter.org>) como soporte técnico de este proceso [20]. El *notebook* se conecta a la hoja de cálculo en Google Sheets (<http://bit.ly/2K3D0vP>) y procesa los datos. El *notebook* se basa en el trabajo desarrollado por Cruz-Benito <http://bit.ly/2tS9JgF>.

A. MQ1. ¿Cuántos estudios se publicaron a lo largo de los años?

Para responder a la primera pregunta de mapeo, se ha contabilizado el número de trabajos seleccionados por año. Los resultados abarcan desde 2011 hasta 2018. La última actualización de la revisión se realizó en marzo de 2018. La Figura 2 muestra visualmente la distribución de trabajos por año.

B. MQ2. ¿Quiénes son los autores más activos en el área?

La segunda pregunta de mapeo se centra en los autores de las obras seleccionadas. El número de trabajos publicados por cada autor se ha contabilizado para responder a esta pregunta.

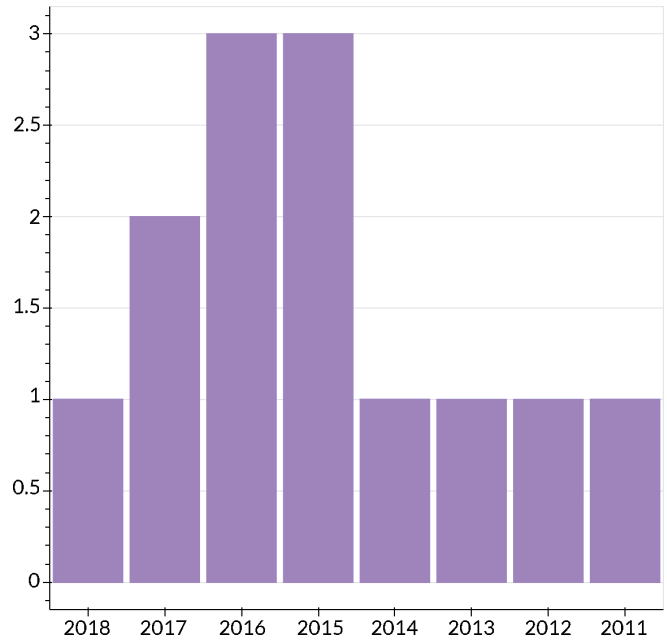


Figura 2. Gráfica con el número de publicaciones por año.

Aunque no es habitual que un autor publique varias revisiones sistemáticas o mapeos sobre el mismo tema, algunos autores han realizado más de un estudio. En particular, Manikas aparece en tres obras [2, 21, 22] y Alves [23, 24] y Andersson [25, 26] aparecen en dos obras. Los otros autores aparecen solo una vez en el contexto de este estudio de mapeo. La Tabla 2 muestra la lista completa de autores y el número de trabajos en los que aparecen.

C. MQ3 ¿Qué tipo de artículos se publican?

De acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, solo se incluyen los trabajos que han participado en un proceso de revisión por pares, ya sea en revistas, conferencias, libros o talleres.

Cada base de datos electrónica proporciona metadatos de cada trabajo, el tipo de publicación es parte de esta información. La nomenclatura utilizada se unificó para tener una respuesta clara a la pregunta de mapeo actual. En particular, el tipo “Proceedings paper” utilizado en WoS fue reemplazado por el término utilizado en Scopus, “Conference paper”.

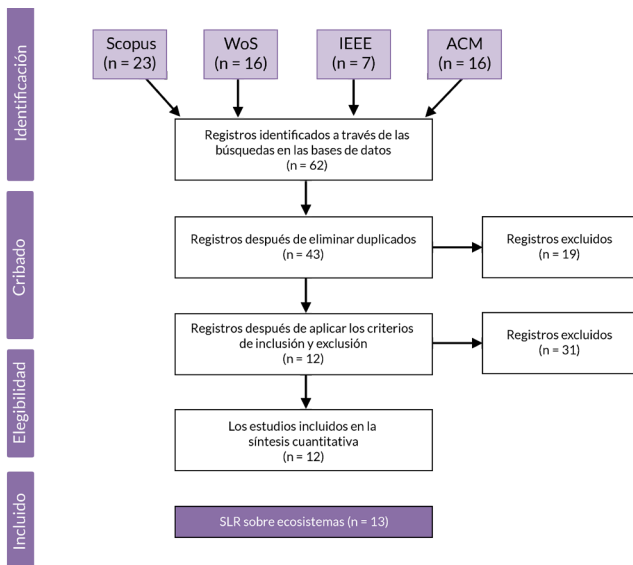


Figura 1. Flujo PRISMA. Adaptado de [19].

TABLA 2.

NOMBRE DE LOS AUTORES DE REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS SISTEMÁTICAS Y ESTUDIOS DE MAPEO SOBRE SECO

Nombre	Total
Manikas, K	3
Alves, C.; Andersson, J	2
Ameller, D; Axelsson, J; Barbosa, O.; Costal, D; Dias-Neto, AC; Duc, A.N.; Dybå, T.; Fiedler, M; Fontao, AD; Fotrousi, F; Franch, X; Franco-Bedoya, O; Fricker, SA; Gao, S.; Hansen, KM; Hanssen, G.; Hyrynsalmi, S; Jansen, S.; Jarvi, A; Le-Gall, F; Nokkala, T; Oliveira, J.; Papatheocharous, E; Pettersson, O; Seppanen, M; Sindre, G.; Suominen, A; Vegendla, A.; dos Santos, RP	1

TABLA 3.

PAPELES AGRUPADOS POR TIPO DE PUBLICACIÓN.

Tipo	Total	Trabajos
Artículo	4	[2] [22] [27] [28]
Ponencia en congreso	9	[23] [29] [30] [31] [32] [26] [21] [25] [24]

D. MQ4. ¿En qué fuentes aparecen este tipo de estudios?

Esta pregunta permite determinar cuál de las cuatro bases de datos electrónicas elegidas para realizar este estudio tiene el mayor número de trabajos entre los seleccionados.

La Tabla 4 muestra en qué base de datos están disponibles los trabajos finales después de aplicar el protocolo de búsqueda. Todos los documentos están disponibles en Scopus y la mayoría en WoS (9 documentos). Solo un trabajo seleccionado está disponible en IEEE Xplorer, y ninguno en ACM.

E. MQ5. ¿Cuáles son las bases de datos más utilizadas en este tipo de estudios?

La primera fase de una revisión sistemática de la literatura se centra en la planificación del estudio y la definición del protocolo de búsqueda. La selección de las fuentes en las que se realiza el estudio afecta a los registros recopilados. Esta pregunta de mapeo apunta a saber cuáles son las bases de datos electrónicas elegidas como fuentes en las revisiones y mapeos relacionados con los ecosistemas tecnológicos (Figura 3).

Las fuentes principales son IEEE Xplorer, que se utiliza en 12 artículos, seguido de ACM Digital Library y ScienceDirect que aparece en 11 trabajos. Además, hay dos bases de datos, Inspec y Compendex, que están disponibles a través de Engineering Village, que se utiliza en 2 trabajos.

TABLA 4
DOCUMENTOS AGRUPADOS POR BASE DE DATOS ELECTRÓNICA.

Base de datos	Total	Trabajos
WoS	9	[2] [22] [27] [30] [31] [32] [26] [21] [25]
Scopus	13	[2] [22] [27] [28] [23] [29] [30] [31] [32] [26] [21] [25] [24]
IEEE Xplorer	1	[31]
ACM Digital Library	0	

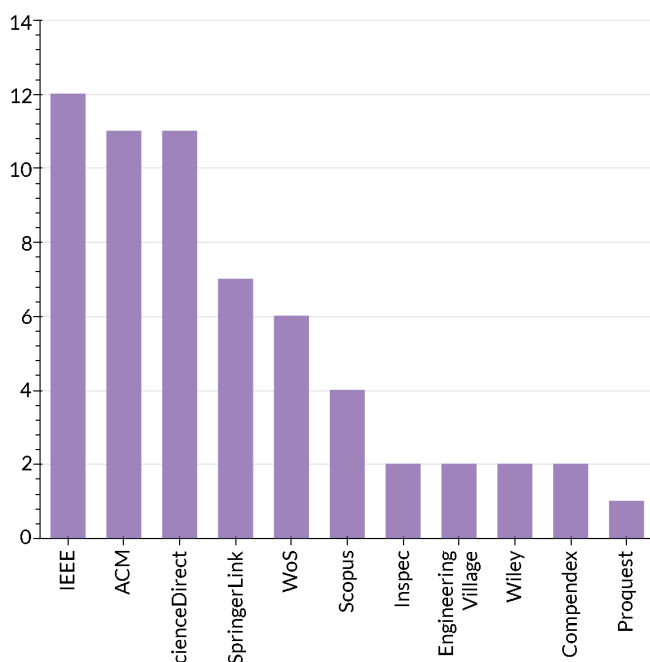


Figura 3. Gráfica con el número de papeles que usan cada fuente.

F. MQ6. ¿Qué términos de búsqueda se utilizan para definir la cadena de búsqueda en este tipo de estudios?

Con respecto a los términos de búsqueda, el término más común es “software ecosystem”, que aparece en 11 trabajos. La versión plural aparece junto con la versión singular solo en 5 trabajos. El término “software supply network” se utiliza en 3 trabajos como una forma de identificar los ecosistemas *software*. Hay tres términos que aparecen solo en 2 trabajos: “business model”, “ecosystem” y “significance”. Los otros términos aparecen solo una vez en el contexto de este estudio de mapeo. En relación con el término “technological ecosystem” no se utiliza en ninguno de estos documentos. La Tabla 5 muestra la lista completa de términos de búsqueda y la cantidad de trabajos que los utilizan.

G. MQ7. ¿En qué dominios se enfocan los estudios?

La revisión sistemática de la literatura o los mapeos se centran en un dominio específico para analizar su estado de la cuestión, pero cada dominio puede tener varios subdominios o dominios asociados. Aunque todos los estudios seleccionados pertenecen al dominio de los ecosistemas *software*, algunos estudios se centran en un aspecto o subdominio particular de los ecosistemas *software* (Figura 4).

TABLA 5
NÚMERO DE ARTÍCULOS QUE UTILIZAN LOS TÉRMINOS DE BÚSQUEDA.

Palabras clave	Total
<i>software ecosystem</i>	11
<i>software ecosystems</i>	5
<i>software supply network</i>	3
<i>business model</i>	2
<i>ecosystem</i>	2
<i>significance</i>	2
<i>FLOSS; FOSS; ISO42010; OSS; academic community; activity; advantage; advantages; analy*; analytic; android; app; apple; application; applications; apps; area; areas; attribute; blackberry; businessmodel; challenge; challenges; characteristic; cloud ecosystem; cloud supply network; communic* ecosystem; communic* supply network; consequence; consequences; digital ecosystem; digital supply network; discipline; disciplines; document; documentation; documenting; eco system; eco-system; elicit*; embedded; embedded software; embedded system; field; free software; game; games; google; health; ict ecosystem; ict supply network; implication; implications; indicator; industry; innovation system; ios; key characteristic; kpi; libre software; limitation; limitations; maintainability; manag*; market; marketplace; measure; metric; microsoft; mobile; mobile ecosystem; mobile supply network; model; model*; modeling; negotiate; nokia; non-functional requirement; open innovation; open source; open-source; opensource; performance; platform ecosystem; product development; product line; product-line; productline; quality attribute; reliability; requirement; restriction; restrictions; reward; safety; security; service ecosystem; service supply network; software development; software engineering; software intensive ecosystem; software intensive supply network; software quality; software supply Industry; software supply industry; software vendor; software vendors; specif*; strategic innovation; subject area; subject field; success factor; systems engineering; telecom* ecosystem; telecom* supply network testability; third party; third-party; usability; valid*; verif*; view; viewpoint; windows</i>	1

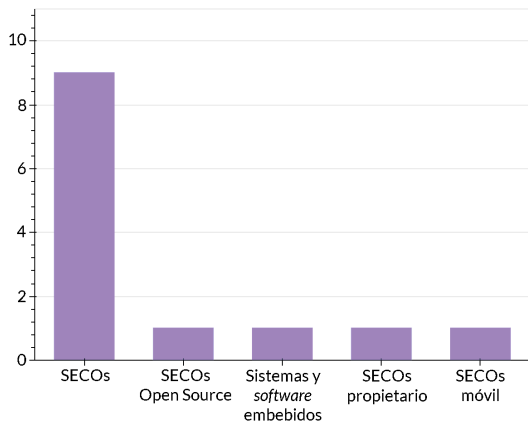


Figura 4. Gráfica con el número de trabajos por dominio.

La mayoría de los documentos se centran en los ecosistemas *software* en general (9). Los otros se centran en un tipo particular de ecosistema *software* de acuerdo con dos dimensiones, licencia (código abierto y propietario) y dispositivo (integrado y móvil). En particular, con respecto a la licencia, 1 documento sobre ecosistemas *software* de código abierto y 1 artículo sobre ecosistemas *software* propietario; y con respecto al dispositivo, 1 documento sobre ecosistemas integrados y 1 documento sobre ecosistemas *software* móvil.

H. MQ8. ¿Qué años cubren los estudios de revisión y mapeo?

Otro punto de estudio en el presente capítulo es el análisis del período que abarcan los diferentes estudios. La Figura 5 proporciona una visión general de los diferentes periodos; el eje “x” representa el año de publicación del documento más antiguo y el eje “y” representa el año de publicación del documento más reciente obtenido después de aplicar el protocolo de búsqueda en cada uno de los estudios.



Figura 5. Distribución de los períodos de tiempo cubiertos por cada estudio.

TABLA 5. TRABAJOS CLASIFICADOS POR TIPO DE ESTUDIO.

Trabajos	Tipo
[29] [24] [32] [21]	Revisión
[27] [25] [31] [26] [30] [28] [23]	Mapeo
[2] [22]	Revisión y mapeo

I. MQ9. ¿Qué tipo de revisiones se publican?

Finalmente, hay dos tipos de estudios, revisión sistemática de la literatura y estudios de mapeo sistemático. Además, es posible realizar ambos estudios juntos, es decir, algunos trabajos combinan preguntas de investigación con preguntas de mapeo. Hay más estudios de mapeo (7 trabajos) entre los documentos seleccionados que revisiones sistemáticas (4 trabajos). Por otra parte, 2 trabajos conducen ambos estudios. La tabla 5 muestra la clasificación de los trabajos según el tipo de estudio realizado.

V. DISCUSIÓN

Hay 13 trabajos seleccionados sobre revisiones sistemáticas de literatura y/o estudios de mapeo sobre ecosistemas *software*, pero cada estudio se centra en diferentes aspectos de este tipo de soluciones (Tabla 6). Para más detalles, un resumen de los principales hallazgos de cada estudio está disponible en [33].

Con respecto a los diferentes dominios en los que se enmarca cada estudio, hay dos estudios que brindan una visión general sobre el estado de la investigación en SECO, un mapeo sistemático realizado por Barbosa y Alves en 2011 [23], y una SLR realizada por Manikas y Hansen en 2013 [2] y actualizado en 2016 [22]. Hay un tercer trabajo en 2012 sobre los fundamentos teóricos de los ecosistemas *software* [29], pero es un artículo breve publicado en una conferencia y no proporciona una visión general completa.

TABLA 6. RESUMEN DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Trabajo	¿Qué aspectos de los ecosistemas tecnológicos se analizan?
[23]	Primer mapeo sistemático sobre ecosistemas <i>software</i> . Identifica las características y un conjunto de limitaciones y desafíos de los ecosistemas <i>software</i> .
[29]	Describe los fundamentos teóricos de los ecosistemas <i>software</i> .
[2]	Revisión sistemática de literatura sobre ecosistemas <i>software</i> . Analiza los tipos de soluciones para mejorar los ecosistemas <i>software</i> .
[30]	Analiza los indicadores clave de rendimiento (KPI). Identifica los objetivos de los ecosistemas <i>software</i> en los que se aplican los KPI.
[32]	La revisión sistemática se centra en el concepto de “salud del ecosistema”, que se refiere a un conjunto de indicadores clave de bienestar, longevidad y rendimiento del ecosistema <i>software</i> .
[26]	Realiza un mapeo de la literatura centrado en diferentes aspectos de los ecosistemas, líneas de productos e innovaciones estratégicas en el desarrollo de <i>software</i> integrado y productos de sistemas.
[31]	Proporciona una visión general de los ecosistemas <i>software</i> móvil (MSECO). Identifican sus principales características y determinan las áreas comunes que se investigan en la literatura.
[25]	Mapeo sistemático sobre cómo se describen y documentan los ecosistemas <i>software</i> .
[22]	Este trabajo es una revisión de [2].
[21]	Realiza un análisis de los ecosistemas <i>software</i> propietario utilizando las publicaciones identificadas en el anterior SLR.
[27]	Estudio de mapeo sistemático sobre ecosistemas <i>software</i> de código abierto centrado en lo que son y cómo se modelan.
[24]	Se centra en un aspecto particular de los ecosistemas <i>software</i> , los mecanismos de gobierno de este tipo de soluciones tecnológicas.
[28]	Realiza un mapeo sistemático sobre la ingeniería de requisitos en los ecosistemas <i>software</i> .

Además, hay 4 trabajos [21, 26, 27, 31] centrados en el estado de la investigación, pero en un subdominio particular de SECO. Estos documentos analizan las características y el estado del arte de un tipo específico de SECO (código abierto, propietario, móvil e integrado).

Finalmente, hay 5 estudios que profundizan en una característica particular o técnica relacionada con los ecosistemas *software*: 1 trabajo sobre ingeniería de requisitos [28]; 1 trabajo que analiza los mecanismos de gobernanza en SECO [24]; 1 trabajo centrado en indicadores clave de rendimiento (KPI) [30]; 1 trabajo sobre “salud del ecosistema” que se refiere a un conjunto de indicadores clave de bienestar, longevidad y rendimiento de un SECO [32]; y 1 trabajo sobre cómo documentar o describir los SECO [25].

Los resultados de este estudio de mapeo confirman la declaración de Manikas [2], la investigación en ecosistemas *software* está en sus inicios. La distribución de puntos en la Figura 5 muestra el período en el que el campo de los ecosistemas *software* está ganando importancia entre las investigaciones publicadas. La mayoría de los estudios analizan trabajos publicados durante las últimas dos décadas. Esto es comprensible debido a la primera publicación en la que aparece el concepto de ecosistema *software* en 2005 por Messerschmitt y Szyperki [3]. Además, la mayoría de las revisiones y mapeos sistemáticos de la literatura analizados se publicaron durante los últimos cuatro años (Figura 2).

Hay que destacar que todos los estudios se centran en los ecosistemas *software*, dejando de lado otros conceptos, como los ecosistemas digitales o los ecosistemas tecnológicos. Aunque algunos estudios incluyen estos conceptos en sus términos de búsqueda, 11 trabajos (84.62% de los registros finales seleccionados) utilizan el término ecosistema *software*. Además, 4 trabajos solo usan el término ecosistema *software* (singular o plural) para construir la cadena de búsqueda, principalmente los estudios realizados por Manikas [2, 21, 22].

VI. CONCLUSIONES

Hay varios trabajos en la literatura que describen una revisión sistemática de la literatura o un estudio de mapeo relacionado con los ecosistemas *software*. Algunos estudios proporcionan una visión completa de este tipo de soluciones y otros profundizan en aspectos específicos, pero algunos aspectos aún requieren atención. En particular, algunos estudios clasifican los diferentes enfoques para desarrollar ecosistemas *software*, como patrones arquitectónicos o metamodelos, pero no hay una revisión sistemática centrada en estas arquitecturas de *software* e ingeniería dirigida por modelos en ecosistemas *software*.

Respecto a los ecosistemas tecnológicos, aunque este concepto está enmarcado en el campo de los ecosistemas *software*, presenta diferentes matices que necesitan soluciones centradas en la evolución del ecosistema [12, 13, 34] y la inclusión del factor humano al mismo nivel que los componentes *software* [35], pero todos los estudios analizados se centran en los ecosistemas *software*.

Este trabajo proporciona una base para identificar brechas y oportunidades de investigación en el área de los ecosistemas *software*. Proporciona un estado de la cuestión global a través de estudios validados, tomando como puntos de referencia la revisión sistemática realizada por Manikas [2, 22] y el mapeo sistemático por Barbosa y Alves [53].

Finalmente, el análisis de los diferentes estudios sienta las bases para llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura centrada en soluciones en el campo de la ingeniería de *software* aplicada a los ecosistemas *software*, con especial énfasis en los ecosistemas tecnológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha llevado a cabo dentro del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca (<http://knowledgesociety.usal.es>) con el apoyo del Ministerio español de Educación, Cultura y Deporte a través de una beca FPU (FPU014/04783).

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España a través del proyecto DEFINES (Ref. TIN2016-80172-R) y la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (España) a través del proyecto T-CUIDA (Ref. SA061P17).

REFERENCES

- [1] M. Iansiti and R. Levien, “Strategy as ecology,” *Harvard Business Review*, vol. 82, no. 3, pp. 68-78, 2004.
- [2] K. Manikas and K. M. Hansen, “Software ecosystems – A systematic literature review,” *Journal of Systems and Software*, vol. 86, no. 5, pp. 1294-1306, 05/05/2013 2013.
- [3] D. G. Messerschmitt and C. Szyperki, “Software ecosystem: understanding an indispensable technology and industry,” *MIT Press Books*, vol. 1, 2005.
- [4] M. Lungu, M. Lanza, T. Gırba, and R. Robbes, “The Small Project Observatory: Visualizing software ecosystems,” *Science of Computer Programming*, vol. 75, no. 4, pp. 264-275, 2010.
- [5] M. Lungu, “Towards reverse engineering software ecosystems,” in *Software Maintenance, 2008. ICSM 2008. IEEE International Conference on*, 2008, pp. 428-431: IEEE.
- [6] S. Jansen, A. Finkelstein, and S. Brinkkemper, “A Sense of Community: A Research Agenda for Software Ecosystems,” in *31st International Conference on Software Engineering - Companion Volume, 2009. ICSE-Companion 2009. Vancouver, BC, 16-24 May 2009 USA*: IEEE, 2009, pp. 187-190.
- [7] J. Bosch, “From software product lines to software ecosystems,” in *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference* San Francisco, California, USA: Carnegie Mellon University, 2009, pp. 111-119.
- [8] J. Bosch and P. M. Bosch-Sijtsema, “Softwares product lines, global development and ecosystems: Collaboration in software engineering,” in *Collaborative Software Engineering* Berlin, Heidelberg: Springer, 2010, pp. 77-92.
- [9] K. Pillai, H. King, and C. Ozansoy, “Hierarchy Model to Develop and Simulate Digital Habitat Ecosystem Architecture,” in *2012 IEEE Student Conference on Research and Development (SCoReD) USA*: IEEE, 2012.
- [10] S. S. Ostadzadeh, F. Shams, and K. Badie, “An architectural model framework to improve digital ecosystems interoperability,” in *New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 312, K. El-leithy and T. Sobh, Eds. Cham: Springer, 2015, pp. 513-520.
- [11] J. Shen, L. Zhang, Z. Fan, M. Abbasi, and I. Rafique, “A UML-based software services ecosystem modeling approach,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 198-199, pp. 766-771, 2012.
- [12] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, “The evolution of the technological ecosystems: an architectural proposal to enhancing learning processes,” in *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM'13) (Salamanca, Spain, November 14-15, 2013)* New York: ACM, 2013, pp. 565-571.
- [13] F. J. García-Peñalvo and A. García-Holgado, “Open Source Solutions for Knowledge Management and Technological Ecosystems,” (Advances in Knowledge Acquisition, Transfer, and Management (AKATM) Book Series. Hershey: IGI Global, 2017.

- [14] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Architectural pattern for the definition of eLearning ecosystems based on Open Source developments," in *Proceedings of 2014 International Symposium on Computers in Education (SIE) (Logroño, La Rioja, Spain, November 12-14, 2014)*, J. L. Sierra-Rodríguez, J. M. Doderó-Beardo, and D. Burgos, Eds.: Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Catalog Number CFP1486T-ART, 2014, pp. 93-98.
- [15] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Version 2.3," EBSE-2007-01, 2007, Available: <http://bit.ly/2Kr7M6l>.
- [16] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson, "Systematic mapping studies in software engineering," presented at the Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, Italy, 2008.
- [17] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update," *Information and Software Technology*, vol. 64, pp. 1-18, 2015.
- [18] M. Petticrew and H. Roberts, *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Malden, USA: Blackwell Publishing, 2005.
- [19] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and PRISMA Group, "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement," *PLoS medicine*, vol. 6, no. 7, p. e1000097, 2009.
- [20] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Code repository that supports the research presented in the paper "Mapping the systematic literature studies about software ecosystems"," ed, 2018.
- [21] K. Manikas, "Supporting the Evolution of Research in Software Ecosystems: Reviewing the Empirical Literature," in *Software Business. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 240, A. Maglyas and A. L. Lamprecht, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2016, pp. 63-78.
- [22] K. Manikas, "Revisiting software ecosystems Research: A longitudinal literature study," *Journal of Systems and Software*, vol. 117, pp. 84-103, 2016/07/01 2016.
- [23] O. Barbosa and C. Alves, "A systematic mapping study on software ecosystems," in *3rd International Workshop on Software Ecosystems 2011, IWSECO 2011*, vol. 746Brussels, Belgium: CEUR-WS, 2011, pp. 15-26.
- [24] C. Alves, J. Oliveira, and S. Jansen, "Software Ecosystems Governance - A Systematic Literature Review and Research Agenda," presented at the Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems, 2017.
- [25] O. Pettersson and J. Andersson, "A Survey of Modeling Approaches for Software Ecosystems," in *Software Business. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 240, A. Maglyas and A. L. Lamprecht, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2016, pp. 79-93.
- [26] E. Papatheocharous, J. Andersson, and J. Axelsson, "Ecosystems and Open Innovation for Embedded Systems: A Systematic Mapping Study," in *Software Business. ICSOB 2015. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 210, J. Fernandes, R. Machado, and K. Wnuk, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2015, pp. 81-95.
- [27] O. Franco-Bedoya, D. Ameller, D. Costal, and X. Franch, "Open source software ecosystems: A Systematic mapping," *Information and Software Technology*, vol. 91, pp. 160-185, 2017/11/01 2017.
- [28] A. Vegendla, A. N. Duc, S. Gao, and G. Sindre, "A Systematic Mapping Study on Requirements Engineering in Software Ecosystems," *Journal of Information Technology Research*, vol. 11, no. 1, pp. 49-69, 2018.
- [29] G. Hanssen and T. Dybå, "Theoretical foundations of software ecosystems," presented at the 4th International Workshop on Software Ecosystems 2012, IWSECO 2012, Cambridge, MA, USA, June 18th, 2012, 2012.
- [30] F. Fotrousi, S. A. Fricker, M. Fiedler, and F. Le-Gall, "KPIs for Software Ecosystems: A Systematic Mapping Study," in *Software Business. Towards Continuous Value Delivery. ICSOB 2014. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 182, C. Lassenius and K. Smolander, Eds. Cham: Springer, 2014, pp. 194-211.
- [31] A. d. L. Fontão, R. P. d. Santos, and A. C. Dias-Neto, "Mobile Software Ecosystem (MSECO): A Systematic Mapping Study," in *2015 IEEE 39th Annual Computer Software and Applications Conference*, vol. 2, 2015, pp. 653-658.
- [32] S. Hyrynsalmi, m. Seppänen, T. Nokkala, A. Suominen, and A. Järvi, "Wealthy, Healthy and/or Happy — What does 'Ecosystem Health' Stand for?," in *Software Business. ICSOB 2015. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 210, J. Fernandes, R. Machado, and K. Wnuk, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2015, pp. 272-287.
- [33] A. García-Holgado, "Análisis de integración de soluciones basadas en software como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos educativos," PhD, Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento, University of Salamanca, Salamanca, Spain, 2018.



Alicia García-Holgado es Ingeniera Informática (2011, Universidad de Salamanca, España), Máster en Sistemas Inteligentes (2013, Universidad de Salamanca, España) y Doctora por la Universidad de Salamanca en el Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento (2018). Desde 2009 es miembro del Grupo de Investigación GRIAL. Sus principales líneas de investigación están relacionadas con el desarrollo de

ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento y los procesos de aprendizaje en contextos heterogéneos, y la brecha de género en el ámbito tecnológico. Ha participado en numerosos proyectos nacionales e internacionales de I+D+i. Es miembro de IEEE (*Women in Engineering, Education Society* y *Computer Society*), de ACM (y ACM-W) y de AMIT.



Francisco José García-Peñalvo es Catedrático de la Universidad del Departamento de Informática y Automática en la Universidad de Salamanca (USAL), con 3 sexenios de investigación y 4 quinquenios docentes reconocidos. Además, es Profesor Distinguido de la Escuela de Humanidades y Educación del Tecnológico de Monterrey, México. Desde 2006 es el director del Grupo de Investigación Reconocido por la USAL (y Grupo de

Excelencia de Castilla y León) GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning). Es director de la Unidad de Investigación Consolidada de la Junta de Castilla y León (UIC 81). Ha sido Vicedecano de Innovación y Nuevas Tecnologías de la Facultad de Ciencias de la USAL entre 2004 y 2007 y Vicerrector de Innovación Tecnológica de esta Universidad entre 2007 y 2009. Actualmente es el Coordinador del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la USAL. Es miembro de IEEE (*Education Society* y *Computer Society*) y de ACM.