

Modelado de currículos de ingenierías basados en competencias: un mapeo sistemático de la literatura

Competency-based engineering curriculum modeling: a systematic mapping of literature

Viviana A. Santucci¹[0000-0002-0470-3331], Jimena Bourlot¹[0000-0001-6641-4810], Mariel Ale², and Lucila Romero¹

GIDIS, FICH-UNL, Santa Fe, Argentina
{vsantucci,jdcbourlot}@fich.unl.edu.ar, lucila.rb@gmail.com
CIDISI, UTN-FRSF, Santa Fe, Argentina
male@frsf.utn.edu.ar

Resumen La aprobación de los Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina, insta en las universidades la formación por competencias con fuerte impacto en los currículos. Este proceso es de complejidad tal que es conveniente que los interesados sean asistidos con productos de software. En este trabajo se presenta un mapeo sistemático de la literatura para obtener las investigaciones que detallen la aplicación de modelos legibles por máquinas que soporten el desarrollo de estos sistemas. Dicho mapeo revela la necesidad de continuar investigando y construir un modelo formal que satisfaga los requerimientos de sistemas de generación de currículos para la formación por competencias.

Palabras claves Currículo · Competencias · Modelo formal · Educación en ingeniería

Abstract The approval of the Second Generation Standards for the Accreditation of Engineering Careers, by the Federal Council of Engineering Deans of Argentina, establishes competency-based training in universities with a strong impact on curricula. This process is of such complexity that it is convenient for interested parties to be assisted with software products. This paper presents a systematic mapping of the literature to obtain research detailing the application of machine-readable models that support the development of these systems. This mapping reveals the need to continue researching and building a formal model that satisfies the requirements of curriculum generation systems for competency-based training.

Keywords Curriculum · Competence · Formal Model · Engineering Education

1. Introducción

En junio de 2018 tuvo lugar un evento que constituye, para nuestro país, un hito clave en la Formación por Competencias (FPC) en las carreras de ingeniería (CI) y fue la aprobación de la “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería” -que se conoce como Libro Rojo- por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI).

La aprobación de dichos estándares dio por concluido el debate sobre si la enseñanza en las CI debe centrarse en Competencias o no y, sin dubitaciones, se concluyó que el modelo de la FPC y el Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE) deben implementarse en los próximos procesos de acreditación de las universidades que forman a los futuros ingenieros.

Como consecuencia de esto, se torna imprescindible adecuar e implementar currículos, perfil de egreso y planes de estudios a fin de alinearlos con los nuevos estándares. No obstante, dichas tareas resultan complejas para los sujetos sociales del currículum: i) los de determinación curricular (estado, sector empresarial y otros), interesados en determinar rasgos esenciales de un currículum; ii) los del proceso de estructuración formal (comisiones de seguimiento académico, secretaría académica y otros), que son quienes dan forma y estructura al currículum; y iii) los del desarrollo curricular (docentes y alumnos), que convierten en práctica cotidiana al currículum [1].

Es precisamente, a causa de la complejidad de los cambios que deben afrontar los sujetos sociales del currículum, que se considera de gran utilidad que los mismos dispongan de sistemas que permitan generar y gestionar currículos para la FPC y el ACE en CI. Ahora bien, para lograr desarrollar sistemas que satisfagan estos requerimientos es ineludible comenzar por dar cuenta de cuál es el estado del arte en cuanto a modelos formales en el campo de la Ingeniería de Sistemas (IS) que sirvan de soporte para el desarrollo de los mismos.

Esta circunstancia conduce a la realización de un Mapeo Sistemático de la Literatura (MSL) para identificar, analizar y, por último, resumir los avances en el campo de la IS referidos al modelado formal para la FPC y el ACE con especial énfasis en los currículos de las CI.

El MSL es empleado por muchos investigadores en un conjunto de áreas utilizando diferentes pautas o métodos [2] con el objetivo principal de proporcionar una descripción general de un área de investigación, e identificar la cantidad y el tipo de investigación y los resultados disponibles dentro de ella [3]. Por lo expuesto, se reconoce que un MSL es un instrumento de interés para quienes se encuentren iniciando investigaciones en un área de estudio concreta.

Cabe agregar que no se hallaron estudios similares; por ende, el aporte de este MSL puede ser significativo y beneficioso para futuros proyectos en el área. Es esperable que, con este trabajo, tanto investigadores como profesionales logren evidencias sobre la aplicación del modelado formal dentro de la IS para el FPC y el ACE. En efecto, esto motiva su utilización en nuevas propuestas que asistan al desarrollo de sistemas que gestionen currículos de CI para la FPC y el ACE.

El resto del escrito se ordena de la siguiente forma. En la Sección 2 se explica sucintamente los conceptos de FPC y de ACE con el propósito de plantear un

marco teórico preliminar. En la Sección 3 se detalla la metodología de investigación empleada en el desarrollo del MSL. La sección 4 presenta la discusión de los resultados. Finalmente, en la Sección 5 se describen las conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. Marco Teórico

Luego de la síntesis de la génesis de la FPC en Argentina, es pertinente describir conceptos fundamentales para este trabajo tales como competencia, ACE, FPC y currículo.

En cuanto a competencia, CONFEDI [4] la define como “la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales; las categoriza en competencias de ingreso (básicas, transversales y específicas) y de egreso (genéricas, específicas y asociadas al alcance)”.

Otro concepto importante es el ACE que es un enfoque estratégico para descartar modalidades de aprendizaje que promueven la concepción esencialista y objetivista del conocimiento de principios del siglo pasado. En este tipo de aprendizaje, según Cukierman[5] “El foco está puesto en lo que el estudiante hace para aprender y el profesor es el guía o “facilitador” ya que, desde su conocimiento y experiencia, tanto de su papel docente como de la disciplina de que se trate, configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el alumno el que construya el conocimiento.” (p. 29). Tal aprendizaje puede darse en cualquier lugar y momento, es personalizado y se basa en competencias. Por ende, las competencias deben estar alineadas con el aprendizaje y la evaluación y, para ello, es preciso aplicar la FPC.

La FPC según Tobón Tobón[6] es una propuesta que parte del aprendizaje significativo y se orienta a la formación humana integral como condición esencial de todo proyecto pedagógico; integra la teoría con la práctica en las diversas actividades, promueve la continuidad entre todos los niveles educativos y entre estos y los procesos laborales y de convivencia; fomenta la construcción del aprendizaje autónomo, orienta la formación y el afianzamiento del proyecto ético de vida; busca el desarrollo del espíritu emprendedor como base del crecimiento personal y del desarrollo socio económico; y fundamenta la organización del currículo con base en proyectos y problemas, trascendiendo de esta manera el currículo basado en asignaturas compartimentadas.

Con respecto al concepto de currículo, dentro del enfoque socioformativo complejo, se opta por el propuesto por Tobón[7] que asume al currículo como un proceso específico, de acuerdo y negociación entre los requerimientos de la sociedad, de las instituciones educativas y de las personas, con respecto a la formación de competencias en las diferentes áreas de desempeño, teniendo como propósito favorecer la autorrealización, la construcción del tejido social y el desarrollo económico. No obstante, hay diversas conceptualizaciones del término y esto motiva la representación del conocimiento alrededor del currículo. Debido a

esto surgen modelos de currículos desarrollados en base a representaciones como se mencionan en [8]:

- *Conceptuales*: son de tipo gráfico y buscan acercar comprensivamente a docentes y estudiantes a los temas que se tratarán en su desarrollo.
- *Gráficas*: tales como las taxonomías de Bloom (1956), el currículo en espiral de Taba (1962) y la UVE heurística de Gowin (1988) entre otras. Este modelado soporta de manera adecuada la comunicación entre los actores humanos. Sin embargo, en el momento de involucrar otro tipo de agentes, se hace de difícil manejo, por lo que llevar esta representación a lenguajes fuera del natural es un asunto elaborado que dificulta los procesos de gestión de conocimiento. Por otra parte, en cuanto al conocimiento de currículo, queda difícil identificar la interacción entre actores porque las referencias cruzadas no son suficientes para dar cuenta de sus interacciones.
- *Formales*: tienen una sintaxis y una semántica formalizadas para posibilitar una implementación procedimental.
- *Esquemas preconceptuales*: se basan en los grafos conceptuales creados por Sowa (1984) y sirven como una representación intermedia entre la lógica formal y el lenguaje natural.

De las representaciones nombradas para este MSL son relevantes las dos últimas puesto que son las que se podrían utilizar en un modelo computacional. Una vez definido el modelo computacional para la FPC en las CI, el mismo puede ser útil para el desarrollo de sistemas de información que soporten la gestión de currículos basados en competencias en ese dominio.

3. Metodología

Puesto que la metodología presentada en [3] goza de amplia aceptación en la comunidad científica se la emplea para el desarrollo del presente MSL.

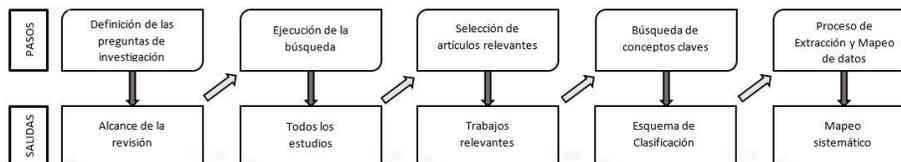


Figura 1. Proceso de Mapeo Sistemático propuesto por [3].

Por ende, y haciendo referencia a lo presentado en la Figura 1, a continuación se enumeran los pasos esenciales de la misma: (i) definición de las preguntas de investigación, (ii) realización de búsqueda de estudios primarios, éstos se identifican utilizando cadenas de búsquedas en bases de datos científicas o bien navegando manualmente por las actas de conferencias o publicaciones de

revistas, (iii) especificación de criterios de inclusión y exclusión de estudios con el propósito de excluir los que no son relevantes para dar respuesta de las preguntas de investigación, (iv) selección y clasificación de los estudios primarios encontrados, teniendo en cuenta los criterios definidos en el paso (iii) y, por último, (v) extracción de datos y proceso de mapeo. Como corolario de la ejecución de la metodología aplicada, se exponen los pasos y las salidas logradas.

3.1. Preguntas de investigación

En la Tabla 1 se presentan las preguntas de investigación que guían el proceso de búsqueda y selección de estudios primarios.

Cuadro 1. Preguntas de investigación

Pregunta	Motivación
Q1. ¿Existen modelos y/o métodos formales utilizados para representar currículos basados en competencias en CI?	M1. Identificar propuestas de investigación que aborden la representación formal de currículos basados en competencias.
Q2. ¿Cuáles son las técnicas de la inteligencia artificial (IA) aplicadas al dominio de la FPC y en especial para los currículos?	M2. Reconocer cuáles son y en qué modelos se basan.

El presente MSL examina los trabajos que hacen aportes sustanciales en cuanto a modelos legibles por máquinas que soporten el desarrollo de sistemas para la gestión integral de los currículos de las CI que adopten la FPC. El análisis de las técnicas de modelado es fundamental para seleccionar aquellas que mejor se adecúen a la representación del dominio objeto de este trabajo. La selección se realizará conforme las técnicas posibiliten una representación altamente semántica y formal del dominio de trabajo permitiendo el procesamiento computacional subsiguiente.

3.2. Ejecución de la búsqueda

Para realizar esta investigación, se toma como punto de inicio el año 2009 dado que los estudios sobre la temática por parte de los autores comenzaron en 2019 y se consideró que un período de diez años hacia atrás es razonable para considerar los trabajos recientes.

Con el fin de identificar los estudios primarios se consultaron las siguientes bibliotecas en línea: (1) IEEE Xplore; (2) ScienceDirect; (3) SpringerLink y (4) Scopus. Tales bibliotecas constituyen fuentes fundamentales de estudios en el ámbito de la Ingeniería de Sistemas y sus motores aceptan búsquedas avanzadas empleando para estos diversos criterios y formatos de cadena. Para la redacción de la cadena de búsqueda se consideraron las pautas definidas por [9] y que, a

continuación se detallan: (i) Identificar las palabras principales de las preguntas de investigación; (ii) Extraer las palabras claves en los documentos significativos en la temática; (iii) Identificar sinónimos y abreviaturas alternativas; (iv) Elaborar cadenas de búsquedas a través de la concatenación de las palabras identificadas mediante los operadores booleanos AND para vincular términos principales y OR para agregar sinónimos alternativos; (v) Construir las cadenas de búsquedas avanzadas para cada repositorio. Dichas cadenas se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Cadena de búsqueda por biblioteca digital

Biblioteca Digital	Cadena de búsqueda
IEEE Xplore	(“Author Keywords”: curricul*) AND (“Author Keywords”: competenc*) AND (“Full Text & Metadata”: formal method OR “Full Text & Metadata”: formal model) AND (“Full Text & Metadata”: engineering education OR “Full Text & Metadata”: higher education)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ((“competenc*”) AND (“curricul*”) AND (“engineering education” OR “higher education”) AND (“formal” AND “model*” OR “formal” AND “method*”))
SpringerLink	(competenc*) AND (curricul*) AND (formal method OR formal model) AND (engineering education OR higher education)
ScienceDirect	(“curricula” OR “curriculum”) AND (“engineering” OR “higher education”) AND (“competence” OR “competencies”) AND (“formal” OR “method” OR “model”)

Dentro de las bibliotecas seleccionadas, se aplicó la cadena de búsqueda en títulos, resúmenes, palabras claves, texto completo y metadatos. El trabajo de búsqueda de estudios primarios se realizó desde noviembre de 2021 a marzo de 2022. Como resultado de esta tarea se identificaron cuatrocientos setenta y dos (472) documentos. La biblioteca IEEEExplore devolvió treinta (30) artículos; Scopus sesenta y tres (63); SpringerLink doscientos cuarenta y siete (247) y ScienceDirect ciento treinta y dos (132). La cantidad de artículos recuperados por cada repositorio se muestra en la Figura 2. La categoría Falso negativo se reservó para aquellos artículos que no fueron arrojados por las estrategias de búsqueda y consultando otras fuentes. En esta última categoría se encontró un (1) artículo.

3.3. Selección de artículos relevantes

De acuerdo con las pautas de [10] se establecieron los criterios de inclusión y de exclusión que se muestran en el Cuadro 3 a fin de seleccionar los estudios primarios candidatos.

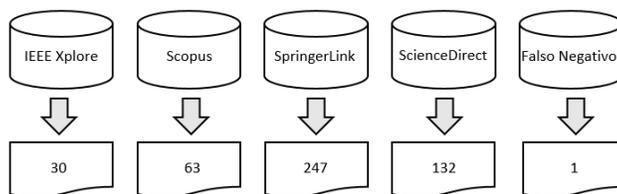


Figura 2. Número de estudios encontrados por repositorio digital.

A partir del proceso de filtrado se comprobó que un total de veintinueve (29) documentos refieren a las preguntas de investigación. Por otra parte, se identificaron cuatrocientos cuarenta y tres (443) falsos positivos, es decir, trabajos que describen propuestas que no cumplen con los criterios de inclusión y; por lo tanto, se encuentran fuera del alcance del MSL y se descartaron. La Figura 3 muestra la frecuencia de los artículos seleccionados por año de publicación.

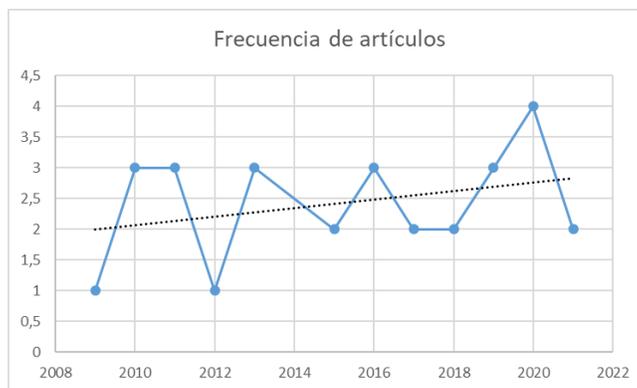


Figura 3. Frecuencia de artículos seleccionados por año.

3.4. Búsqueda de conceptos claves

Una vez identificadas las publicaciones candidatas se leyeron y analizaron sus resúmenes en pos de categorizar los tópicos más relevantes. La figura 4 muestra la frecuencia de palabras claves en las publicaciones candidatas con el fin de detectar las temáticas relevantes. Por medio de esta representación, se puede reconocer el uso de ontologías, frameworks, web semántica, lógica difusa, big data, learning analytics y representación del conocimiento en el dominio de la FPC tanto en CI como en educación superior.

Cuadro 3. Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión
CI 1. Investigaciones con propuestas precisas de aplicación de modelos y/o métodos formales en el dominio del FPC y ACE haciendo especial hincapié en los currículos basados en competencias en carreras de ingeniería.
CI 2. Estudios publicados en idioma inglés y español. Esto se basa en que la mayor divulgación que presentan los trabajos escritos en dichos idiomas en el área de la ingeniería de sistemas y de la formación basada en competencias.
CI 3. Escritos publicados en las librerías digitales entre los años 2009 y 2022.
CI 4. Trabajos publicados en formato: Journal Article y Conference paper.
CI 5. Trabajos en los cuales se incluya a los términos identificados como relevantes que se encuentran presentes en la cadena de búsqueda.
Criterios de Exclusión
CE 1. Investigaciones cuya aplicación no sea el contexto de las carreras de ingeniería o currículos basados en competencias.
CE 2. Se excluyen las investigaciones que no estén redactadas en inglés o español.
CE 3. Estudios cuya fecha de publicación se encuentre fuera del período comprendido entre 2009 y 2022.
CE 4. Propuestas e investigaciones publicados en formato de libro de texto, capítulos de libro, tesis, position paper, keynotes, opinión, tutorial, poster o panel.
CE 5. Trabajos que no contengan en título, resumen o palabras claves, los términos utilizados en la cadena de búsqueda.

3.5. Proceso de extracción y mapeo de datos

Consiste en la lectura y análisis completo de los trabajos considerados relevantes, para responder las preguntas de investigación. Seguidamente, se detallan los resultados conseguidos y se responden las preguntas de investigación planteadas.

Q1. ¿Existen modelos y/o métodos formales para representar currículos basados en competencias en CI?

Entre los trabajos de los diversos autores se encuentran: (i) modelos basados en ontologías, (ii) marcos, (iii) modelos para la representación del conocimiento o de las competencias y (iv) otros.

En el primer grupo, se incluyen trabajos como el de Gluga y otros [11] que aporta un enfoque para el diseño curricular que garantice que los alumnos desarrollen progresivamente habilidades genéricas; y un enfoque de mapeo semántico liviano validado que respalde la visualización del plan de estudios contra múltiples conjuntos de marcos de objetivos de aprendizaje.

En [12] se presenta una ontología denominada EntreCompoOnto para la representación semántica de competencias basada en el Framework EntreComp. No obstante, sólo refleja características técnicas o estructurales de la FPC.

En [13] se desarrolla una ontología que conceptualiza la idea de competencias en la formulación del currículo de las CI: A su vez, esta ontología es parte de una red de ontologías resultado de trabajos previos de los autores.

Kurzaeva y otros [14] describen el método para desarrollar un modelo ontológico capaz de conformar el contenido de las competencias de Tecnología de la Información (TI) y evaluarlas en los estudiantes universitarios.

En [15] presenta una revisión de la literatura del uso de ontologías para: modelado y gestión del plan de estudios, descripción de dominios de aprendizaje, datos de aprendizaje y servicios de aprendizaje electrónico.

Hedayati y otros [16] estudiaron cómo una plataforma para el mantenimiento de ontología colaborativa podría mejorar el desarrollo curricular en el dominio de la educación vocacional relacionada con las TIC.

En [17] se presenta un modelo conceptual basado en una ontología para el diseño curricular en el que se define de manera básica la estructura de una competencia y se incluyen dimensiones, a grandes rasgos, sin profundizar en aspectos involucrados en el dominio.

En [18] definen un modelo de diseño curricular que consta de un framework compuesto por: modelo ontológico, espacio de formación, mapa de competencias y estructura del currículum, y una metodología para instanciarlo.

Por otra parte, en [19] se presenta la conversión de un modelo de competencias en una ontología.

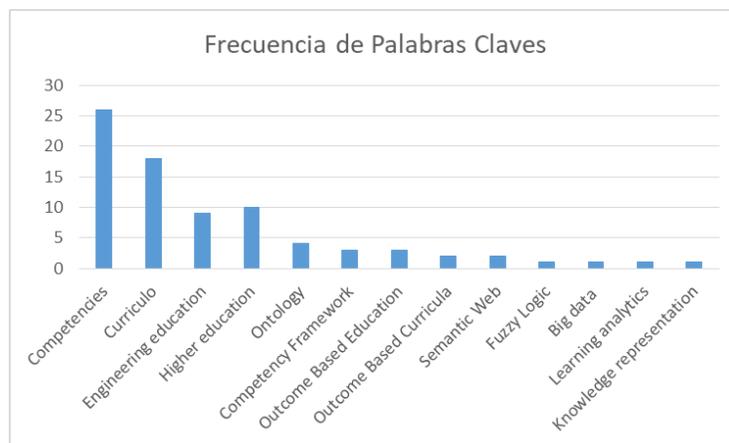


Figura 4. Frecuencia de palabras claves por artículos seleccionados.

En el segundo grupo, se encuentran trabajos como el de Ghemri y otros [20] que expone un marco de aprendizaje experiencial para potenciar las habilidades laborales y la experiencia de los estudiantes alineadas con los requisitos de competencia de los empleadores.

En [21] comparan múltiples marcos internacionales de competencias en Tecnología de la Información y la comunicación (TIC) para guiar el desarrollo de currículos.

En [22] se presenta un marco teórico basado en enfoques de aprendizaje auténtico aplicables en educación superior para diseñar actividades que permitan a los estudiantes desarrollar habilidades de empleabilidad.

A su vez, May y otros [23] presentan un enfoque que combina dos perspectivas teóricas: la EQF (European Qualification Framework for Lifelong Learning) y la de las taxonomías del área educativa definidas por Bloom, Krathwohl y, Ferri y Aziz.

En [24] se propone un marco pedagógico híbrido para entornos de e-learning, que incluye un conjunto de principios para el diseño de evaluación de competencias dentro del Enfoque Basado en Competencias y el Enfoque basado en objetivos.

En [25] se explica cómo usar un marco de competencias a lo largo del ciclo de vida de un curso de la Universidad de Singapur.

Dentro del tercer grupo, Ramírez y Sanchez [26] proponen un modelo de representación de competencias: Competences Memory Map (MM-Competences) para modelar la relación entre los elementos de una competencia y las estructuras creadas por la asociación de múltiples competencias empleando para ello un grafo dirigido.

En [27] amplían la investigación sobre Competence-based Knowledge Space Theory y presentan una metodología para construir y evaluar modelos para aprendizaje informal adaptativo en el lugar de trabajo mejorado por la tecnología.

El último grupo está integrado por aquellos trabajos que proponen:

(i) modelos conceptuales: A partir de una amplia gama de entornos en [28] proporcionan una visión conceptual y una crítica de las competencias implementadas, discuten los procesos que permiten definir un mapa de competencias dentro de la educación en ingeniería y presentan un proyecto piloto de aprendizaje para la FPC en ingeniería electrónica en España.

En el caso de [29] adoptan un modelo curricular basado en competencias y ciclos propedéuticos para garantizar la adecuación a la industria y, circunscriben el trabajo al programa de la asignatura ingeniería de software aplicando el enfoque de pensamiento sistémico.

En [30] presentan un modelo para incorporar la preparación profesional en la educación formal para formar un nuevo modelo de aprendizaje basado en comunidades de práctica que utiliza learning analytics y social networks techniques; tal modelo consta de tres módulos principales: preparación para la carrera, predicción de la carrera y desarrollo de la carrera.

En [31] se plantea un modelo de currículo basado en resultados, a la vez que analizan las diversas facetas de la filosofía, enfoque y estructura de este modelo curricular; así mismo describen brevemente la planificación, diseño, implementación y evaluación del currículo, el proceso de desarrollo.

En [32] desarrollan un modelo curricular holístico de ingeniería en India “Engineering Diploma Curriculum NITTTR-MSBTE Model 2016” que informa al alumno las competencias declaradas por la industria en términos observables y medibles y los “resultados intermedios” en varias etapas del recorrido curricular.

En [33] presentan un enfoque sistemático orientado a la competencia para el desarrollo del currículo, respetando por igual todos los tipos de competencias requeridas. Como estudio de caso, se muestra cómo se utilizó este enfoque para diseñar el plan de estudios de un programa de estudio orientado a la ciencia de datos.

En la propuesta de [34] diseñan un modelo, usando las categorías descritas en el modelo de Tuning, para analizar las relaciones entre los resultados de aprendizaje percibidos y las competencias.

Finalmente, en [35] definen el concepto de competencia como elemento referencial de algunos de los cambios que se están produciendo en la educación superior y profundizan en la idea de formación en competencias informacionales, cuyo sentido se analiza en esta aportación.

(ii) modelos y métodos para adquirir, aumentar, seguir o visualizar competencias: en [36] exponen que las habilidades genéricas pueden y deben desarrollarse desde el primer año de universidad a través de métodos de aprendizaje activos y por esto los aplican a un curso de primer año de ingeniería agrícola, describen estos métodos y se analiza su utilidad para la adquisición de competencias por parte de los alumnos.

Tomando como base la premisa de que puede ser muy difícil entender y comparar para los futuros estudiantes, personal de la industria e incluso profesores las pautas curriculares propias de cada subdisciplina informática, en [37] los autores describen dos actividades experimentales con el objetivo de explorar la posibilidad de obtener conjuntos de datos cuantitativos para la visualización de currículos uno basado en competencias y el otro basado en áreas de conocimiento. También muestran ejemplos de cómo los usuarios pueden explorar las diversas pautas curriculares a través de la visualización.

Por otra parte, en [38] a partir de un currículo orientado a las competencias con la matriz de las competencias a formar, como principal componente, y las materias a estudiar, presentan un modelo de sistema que monitorea la formación de competencias. El modelo de evaluación de competencias se basa en la integración de los resultados de aprendizaje de las asignaturas (incluidos sus contribuciones ponderadas) en la formación de competencias.

(iii) comparación de estándares de acreditación ABET en el campo de la ingeniería con las competencias internacionales según el modelo de IPMA. Esta comparación revela que existe la necesidad de aplicar modelos holísticos en la definición de un plan de estudios de CI y la pertinencia de estos modelos en la definición de programas de ingeniería en América Latina [39].

Para concluir, los modelos basados en ontologías identificadas no añaden elementos semánticos que faciliten la comprensión de los conceptos modelados por todos los interesados del dominio dado que sólo reflejan características técnicas o estructurales de la FPC o de los currículos. Los marcos y los trabajos

incluidos en el último grupo facilitan la identificación de conceptos del dominio de la FPC que habilitan su conceptualización pero no presentan modelos que puedan ser comprensible por una computadora.

Q2. ¿Cuáles son las técnicas de la inteligencia artificial (IA) aplicadas en el dominio de la FPC?

En [40] se expone una revisión sistemática de la literatura sobre sistemas recomendadores basados en competencias a partir de la cual se identifican 5 (cinco) propuestas para los sistemas basados en conocimiento y 10 (diez) para sistemas recomendadores híbridos.

Como parte de las propuestas que abordan los sistemas basados en conocimiento se encuentran los siguientes trabajos:

En [41] presentan un estudio de usabilidad aplicado a un proceso de aprendizaje formal que involucra un conjunto de herramientas de e-evaluación para: autoevaluación, evaluación por pares y evaluación sumativa y, luego una simulación Sistema de recomendación (RS) en Technology Enhanced Learning (TEL). En primer lugar, las herramientas de evaluación recopilan los resultados que se guardan y clasifican de acuerdo con el Marco Europeo de Cualificaciones. En segundo lugar, los resultados se analizan para identificar las brechas de competencias de los estudiantes, los indicadores inteligentes de este análisis se muestran a los alumnos y finalmente, el sistema de recomendación simulado produce sugerencias sobre recursos reforzados para cada alumno de acuerdo con sus brechas de competencias.

En [42] presentan un trabajo sobre la recomendación de canciones basada en la competencia humana (CBSR) con el objetivo principal de simular computacionalmente los conocimientos de un profesor de canto para recomendar canciones difíciles en función de la competencia vocal del cantante, y proponen un método de aprendizaje supervisado para entrenar una función de evaluación de la calidad de la voz.

En [43] analizan los modelos de competencias en los entornos de aprendizaje inteligentes; para ello formalizan un modelo de competencias que combina habilidades, conocimientos y rendimientos que utilizan para definir competencias reales para los alumnos y también competencias prerequisite para actividades y recursos.

En [44] apoyan el aprendizaje en el lugar de trabajo mediante recomendaciones de expertos y recursos de aprendizaje de una manera personalizada y sensible al contexto, a la vez presentan un sistema de recomendación que evalúa teóricamente en función de los requisitos del usuario y prácticamente con un proceso de evaluación temprana.

Finalmente, en [45] proponen un sistema de recomendación que ayuda a los usuarios a detectar cuáles son los conocimientos y habilidades que van perdiendo para un puesto laboral dado y qué cursos universitarios pueden tomar para planificar su aprendizaje permanente; muestran la arquitectura del sistema pro-

puesto, un estudio de caso para explicar cómo funciona, una encuesta a validar su utilidad y usabilidad y algunas conclusiones tras su primera experimentación.

En cuanto a los trabajos para sistemas recomendadores híbridos se mencionan, en primer lugar el escrito de [46] que describe un sistema de recomendación denominado 2HRT para las organizaciones responsables del control interno de la administración financiera del Estado en Portugal con el objetivo de gestionar competencias y la asignación de los recursos humanos más adecuados a las tareas con el propósito de optimizar progresivamente la eficacia de sus recursos humanos. El sistema recomendador presentado incorpora filtrado colaborativo y técnicas de recomendación basadas en el contenido y el enfoque de razonamiento basado en casos.

En [47] describen un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje basado en competencias y presentan las experiencias realizadas durante la aplicación del sistema a grupos de posgrado; el objetivo es colaborar para construir estrategias didáctico-pedagógicas con el apoyo de los objetos en la educación superior, teniendo a las competencias como base.

En el trabajo de [48] demuestran cómo implementar un sistema de recomendación para el aprendizaje adaptativo y tutorías que utiliza tecnologías de computación semántica; el prototipo explota la semántica para analizar diversos datos relacionados con el aprendizaje permanente que coincidan con un catálogo de cursos disponibles para encontrar (y sugerir) aquellos que podrían abordar déficits específicos.

En [49] estudian el impacto de los sistemas de recomendación en los equipos en entornos de colaboración asistidos por computadoras y detallan los resultados de dos experimentos que muestran cómo las recomendaciones afectan las interacciones en los equipos. Los equipos que usaron recomendaciones dedicaron menos esfuerzo en el manejo de la información y más compromiso en la comunicación que los equipos sin recomendaciones.

Tomando como base las actividades de los usuarios en plataformas colaborativas en [50] como primera instancia definen el modelado de caminos colaborativos que pueden considerarse como un conjunto de información que registra las interacciones del usuario y considerarlos como un tipo de recurso en el sistema de información. En consecuencia, construyen un modelo para analizar y explotar los caminos que podrían ayudar al usuario; una vez obtenido el modelo de caminos y competencias, así como el método de análisis y cuantificación, proponen un sistema de recomendación de competencias basado en la plataforma web E-MEMORAe desarrollada utilizando tecnologías web 2.0.

El modelo para programas educativos de TV digital interactiva planteado en [51] integra el concepto de competencias con información contextual a fin de establecer estrategias de filtrado de acuerdo con los requerimientos educativos; además, agrega un filtrado basado en ontologías para mejorar la capacidad de inferencia de otros enfoques tales como coincidencia basada en el contenido, colaborativa y coincidencia sintáctica.

En [52] presentan un sistema de recomendación híbrido basado en lógica difusa, teoría de conjuntos aproximados y tecnologías semánticas que pueden

emplear los gerentes de proyectos para formar equipos de desarrollo de software que aplican Scrum; el sistema recomienda cuál es el mejor equipo basado en el personal disponible y las competencias requeridas por cada paquete de trabajo del proyecto.

En [53] proponen un sistema basado en conocimiento para evaluar las competencias de los postulantes/empleados en el dominio del cuidado de la salud y recomendar materiales didácticos; a su vez, presentan la arquitectura del sistema y discuten de qué manera se aplica la semántica, es decir, cómo se desarrollaron las ontologías y las reglas.

En [54] los autores proponen un sistema para recomendar actividades y recursos que ayuden a los estudiantes a alcanzar niveles de competencia a lo largo de un curso online o semipresencial. Para esto, el sistema tiene en cuenta experiencias de antiguos alumnos almacenadas y clasificadas previamente y, para ofrecer consejos de aprendizaje exitosos, analiza los niveles de competencia actuales del estudiante en comparación con el rendimiento de antiguos estudiantes similares.

Por último, en [55] describen un sistema de recomendación híbrido de objetos de aprendizaje centrados en el estudiante y basados en una técnica que combina tres enfoques: basado en el contenido, colaborativo y basado en el conocimiento. Los objetos de aprendizaje que se adecuen al perfil del estudiante se recuperan de los repositorios utilizando los metadatos descriptivos almacenados de estos objetos.

Si bien hay técnicas de IA aplicadas en el dominio de la FPC no se hallaron estudios que muestren que las mismas estén enfocadas en los currículos basados en competencias en CI y tampoco que sean de aplicación exclusivas en el ámbito de la educación superior.

4. Resultados y discusiones generales

La figura 5 lista las revistas y conferencias ordenadas por frecuencia, de acuerdo a las publicaciones detectadas.

Se puede visualizar que las revistas que presentan mayor frecuencia de publicación en el dominio analizado son Education and Information Technologies, Procedia - Social and Behavioral Sciences e International Journal of Educational Technology in Higher Education. La primera representa el 17,24 % y las dos siguientes el 6,90 % cada una de la muestra total de artículos seleccionados.

En este MSL se identificaron dos tipos de modelos que resultan de interés: los basados en ontologías -que son los de mayor presencia- y los modelos para la representación del conocimiento o de las competencias. Por otra parte, se evidencia la utilización de sistemas recomendadores en el dominio de las competencias. Una de las interpretaciones más destacada es que hay una ausencia de propuestas que abarquen específicamente el modelado integral de currículos para la FPC en general y en las CI en particular. Esto lleva a sostener que el modelado formal para los currículos basados en competencias aún requiere in-



Figura 5. Frecuencia de artículos seleccionados por Revista y Conferencias.

investigación y hace necesario continuar con el análisis de los aportes específicos en los tipos de modelos detectados.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

Como se puede observar, a partir de los trabajos analizados hasta el momento, la mayoría de ellos definen modelos que representan sólo una parte de los diversos aspectos involucrados en la FPC (interesados, contexto, diseño curricular, semántica de los conceptos, entre otros) y, por lo tanto, no son útiles para lograr un modelo formal que sirva de soporte al desarrollo de sistemas de información que gestionen currículos para la FPC de las CI. Los aportes más valiosos están dados por los trabajos que presentan modelos basados en ontologías o que representan conocimiento o competencias.

Específicamente, y en relación a los distintos enfoques y modelos que se pudieron hallar, aún queda mucho trabajo por hacer en el ámbito del modelado de currículos para la FPC. Motivo por el cual, se propone como futura línea de investigación ampliar el estudio de los modelos basados en ontologías y los que representan competencias o conocimiento en el dominio de las CI de la República Argentina de acuerdo con los estándares y lineamientos propuestos por CONFEDI. Esto facilitará el diseño y desarrollo de sistemas de información para gestionar currículos bajo este enfoque.

Por lo expuesto hasta aquí, se reconoce la importancia de emplear de técnicas de la ingeniería de software, para identificar requerimientos, realizar un agrupa-

miento semántico de los mismos, y así llegar a un modelo que sea legible por máquinas.

Referencias

1. De Alba, A., Puiggrós, A.: Curriculum: crisis, mito y perspectivas. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Centro ... (1991)
2. Petersen, K., Vakkalanka, S., Kuzniarz, L.: Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology* 64, 1–18 (Aug 2015), <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950584915000646>
3. Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., Mattsson, M.: Systematic mapping studies in software engineering. In: 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12. pp. 1–10 (2008)
4. CONFEDI: Competencias genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina. Universidad Nacional de San Juan, San Juan (2006)
5. Cukierman, U.: Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería. de Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería. Experiencias en América Latina, Bogotá, ACOFI/CONFEDI pp. 27–39 (2018)
6. Tobón Tobón, S.: Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Ecoe, Bogotá, Col. (2015), oCLC: 958434885
7. Tobón, S.: Formación basada en competencia: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Ecoe Ediciones, Bogotá, 2da. edn. (2013)
8. Zapata, C.M., Ocampo, C.A., Giraldo, G.L.: Representación del conocimiento en currículo mediante esquemas preconceptuales. *Pedagogía y saberes* (31), 78–88 (2009)
9. Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., Mattsson, M.: Systematic Mapping Studies in Software Engineering (Jun 2008), <https://scienceopen.com/document?vid=6d552894-2cc3-4e2b-a483-41fa48a37ef8>
10. Medina López, C., Alfalla Luque, R., Marín García, J.A.: Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía (2010)
11. Gluga, R., Kay, J., Lever, T.: Foundations for modeling university curricula in terms of multiple learning goal sets. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 6(1), 25–37 (2013)
12. Piedra, N., Caro, E.T.: Entrecomponento: An ontology for semantic representation of entrepreneurship competences. In: 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE). pp. 1113–1118 (2018)
13. Romero, L., Saucedo, C., Calusco, M.L., Gutierrez, M.: An ontology for describing competency-based curriculum at engineering careers. In: 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). pp. 1–7 (2019)
14. Kurzaeva, L.V., Povitukhin, S.A., Usataya, T.V., Usatyi, D.U.: The development of ontological model for increasing the competitiveness of university graduates in information technologies. *Journal of Physics: Conference Series* 1691(1), 012003 (Nov 2020), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1691/1/012003>
15. Stancin, K., Posic, P., Jaksic, D.: Ontologies in education – state of the art. *Education and Information Technologies* 25(6), 5301–5320 (Nov 2020), <https://link.springer.com/10.1007/s10639-020-10226-z>

16. Hedayati, M.H., Laanpere, M., Ammar, M.A.: Collaborative ontology maintenance with concept maps and Semantic MediaWiki. *International Journal of Information Technology* 9(3), 251–259 (Sep 2017), <http://link.springer.com/10.1007/s41870-017-0030-y>
17. Barrera, M., Montaña, N., Ramos, E.: An ontological approach to support design competency-based curriculum. In: 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI). pp. 1–6. IEEE (2012)
18. Villalobos, J., González, O., Jiménez, C., Rueda, F.: Curricula design model for designing and evaluating systems and computing engineering programs. In: 2011 Frontiers in Education Conference (FIE). pp. S4E–1–S4E–7 (2011)
19. Reise, C., Seliger, G.: KNOWLEDGE BASED SYSTEMS FOR PLANNING LEARNING OUTCOMES IN MANUFACTURING ENGINEERING p. 9 (2010)
20. Ghemri, F., Bouras, A., Gasmi, H.: Framework of experiential learning to enhance student skill. In: 2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF). pp. 149–154 (2017)
21. Harmse, A., Wadee, A.A.: Competency frameworks as activators for curriculum development in ict courses: A comparative study. In: 2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD). pp. 1–8 (2020)
22. Ornellas, A., Falkner, K., Edman Stålbrandt, E.: Enhancing graduates' employability skills through authentic learning approaches. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning* 9(1), 107–120 (Feb 2019), <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/HESWBL-04-2018-0049/full/html>
23. May, D., Ossenberg, P.: Modelling competences: Developing a holistic competence model for engineering education. In: 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). pp. 936–944. IEEE (2014)
24. El Asame, M., Wakrim, M., battou, A.: Designing e-assessment activities appropriate to learner's competency levels: Hybrid pedagogical framework and authoring tool. *Education and Information Technologies* 27(2), 2543–2567 (Mar 2022), <https://link.springer.com/10.1007/s10639-021-10607-y>
25. Shankararaman, V., Ducrot, J.: Leveraging competency framework to improve teaching and learning: A methodological approach. *Education and Information Technologies* 21(5), 1299–1327 (Sep 2016), <http://link.springer.com/10.1007/s10639-015-9383-7>
26. Ramirez, C., Sanchez, E.: Competences memory map: A model for the representation of competences applied in education. In: 2012 IEEE 11th International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing. pp. 363–371. IEEE (2012)
27. Ley, T., Kump, B., Albert, D.: A methodology for eliciting, modelling, and evaluating expert knowledge for an adaptive work-integrated learning system. *International Journal of Human-Computer Studies* 68(4), 185–208 (2010), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581909001773>
28. Edwards, M., Sanchez-Ruiz, L.M., Sanchez-Diaz, C.: Achieving competence-based curriculum in engineering education in spain. *Proceedings of the IEEE* 97(10), 1727–1736 (2009)
29. Ontiveros, E.P.H., Antolinez, S.V.: Design, construction and implementation of a professional education program of software engineering: Design curriculum experience for the software industry. In: 2013 XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI). pp. 1–12 (2013)

30. Khousa, E.A., Atif, Y., Masud, M.M.: A social learning analytics approach to cognitive apprenticeship. *Smart Learning Environments* 2(1), 14 (Dec 2015), <http://www.slejournal.com/content/2/1/14>
31. Agrawal, V.K., Earnest, J., Gupta, S., Tegar, J., Mathew, S.S.: Outcome based engineering diploma curriculum - 2012 gujarat experiment. In: 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). pp. 1864–1870 (2013)
32. Ulseth, R., Ewert, D., Johnson, B.: Work in progress — implementation of a project-based learning curriculum. In: 2011 Frontiers in Education Conference (FIE). pp. F1F–1–F1F–2 (2011)
33. Sedelmaier, Y., Landes, D., Erculei, E.: How to design a competence-oriented study program for data scientists? In: 2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). pp. 1582–1586 (2021)
34. Juaneda-Ayensa, E., Olarte-Pascual, C., Emeterio, M.C.S., Pelegrín-Borondo, J.: Developing new “Professionals”: Service learning in marketing as an opportunity to innovate in higher education. *Studies in Educational Evaluation* 60, 163–169 (2019), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191491X18301688>
35. De Pablos Pons, J.: Higher Education and the Knowledge Society. Information and Digital Competencies. RUSC. *Universities and Knowledge Society Journal* 7(2) (Jul 2010), <http://rusc.uoc.edu/rusc/ca/index.php/rusc/article/view/v7n2-de-pablos.html>
36. Bautista, I.: Generic competences acquisition through classroom activities in first-year agricultural engineering students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 13(1), 29 (Dec 2016), <http://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-016-0028-8>
37. Takada, S., Cuadros-Vargas, E., Impagliazzo, J., Gordon, S., Marshall, L., Topi, H., van der Veer, G., Waguespack, L.: Toward the visual understanding of computing curricula. *Education and Information Technologies* 25(5), 4231–4270 (Sep 2020), <http://link.springer.com/10.1007/s10639-020-10127-1>
38. Koshkin, V.V., Maslennikov, A.S., Steshina, L.A., Starigina, N.N., Petukhov, I.V.: In-House Monitoring over Student Competence Formation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 186, 582–586 (2015), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815023435>
39. Palma, M., Ríos, I.d.l., Miñán, E.: Generic competences in engineering field: a comparative study between Latin America and European Union. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 15, 576–585 (2011), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811003235>
40. Yago, H., Clemente, J., Rodriguez, D.: Competence-based recommender systems: a systematic literature review. *Behaviour & Information Technology* 37(10-11), 958–977 (2018)
41. Florian, B., Fabregat, R.: Usability study of tel recommender system and e-assessment tools united. In: *International Conference on Human-Computer Interaction*. pp. 138–142. Springer (2011)
42. Mao, K., Shou, L., Fan, J., Chen, G., Kankanhalli, M.S.: Competence-based song recommendation: Matching songs to one’s singing skill. *IEEE Transactions on Multimedia* 17(3), 396–408 (2015)
43. Paquette, G.: Competency-based personalization process for smart learning environments (2016)
44. Emmenegger, S., Hinkelmann, K., Laurenzi, E., Thönssen, B., Witschel, H.F., Zhang, C.: Workplace learning-providing recommendations of experts and learning resources in a context-sensitive and personalized manner: An approach for

- ontology supported workplace learning. In: 2016 4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD). pp. 753–763. IEEE (2016)
45. Bañeres Besora, D., Conesa Caralt, J.: A life-long learning recommender system to promote employability (2017)
 46. Isaias, P., Casaca, C., Pifano, S.: Recommender systems for human resources task assignment. In: 2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications. pp. 214–221. IEEE (2010)
 47. Cazella, S.C., Behar, P.A., Schneider, D., Silva, K.K.d., Freitas, R.: Developing a learning objects recommender system based on competences to education: Experience report. In: New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2, pp. 217–226. Springer (2014)
 48. Montuschi, P., Lamberti, F., Gatteschi, V., Demartini, C.: A semantic recommender system for adaptive learning. *IT Professional* 17(5), 50–58 (2015)
 49. Damiani, E., Ceravolo, P., Frati, F., Bellandi, V., Maier, R., Seeber, I., Waldhart, G.: Applying recommender systems in collaboration environments. *Computers in Human Behavior* 51, 1124–1133 (2015)
 50. Wang, N.: Towards a competency recommender system from collaborative traces. Ph.D. thesis, Université de Technologie de Compiègne (2016)
 51. Duran, D., Chanchí, G., Arciniegas, J.L., Baldassarri, S.: A semantic recommender system for idtv based on educational competencies. In: Iberoamerican Conference on Applications and Usability of Interactive TV. pp. 47–61. Springer (2016)
 52. Colomo-Palacios, R., González-Carrasco, I., López-Cuadrado, J.L., García-Crespo, Á.: Resyster: A hybrid recommender system for scrum team roles based on fuzzy and rough sets (2012)
 53. Khobreh, M., Ansari, F., Dornhöfer, M., Fathi, M.: An ontology-based recommender system to support nursing education and training. In: *Lwa*. pp. 237–244 (2013)
 54. Chavarriaga, O., Florian-Gaviria, B., Solarte, O.: A recommender system for students based on social knowledge and assessment data of competences. In: European Conference on Technology Enhanced Learning. pp. 56–69. Springer (2014)
 55. Rodríguez, P.A., Ovalle, D.A., Duque, N.D.: A student-centered hybrid recommender system to provide relevant learning objects from repositories. In: International Conference on Learning and Collaboration Technologies. pp. 291–300. Springer (2015)