

La ontología como herramienta de representación terminológica: consideraciones para su construcción

Roberto Santos Solórzano^{a,‡}, Melchor Sánchez Mendiola^{a,b,§,*}

Facultad de Medicina



Resumen

Las ontologías son instrumentos que describen de manera formal los conceptos dentro de un dominio, las relaciones entre éstos y sus límites. Entre sus propósitos está generar una representación abstracta del campo de conocimiento que pueda ser comprendida tanto por seres humanos como por herramientas digitales, se trata de un sistema complejo de términos con explicaciones que definen un tema y que permiten mejorar la búsqueda, recuperación, visualización y análisis referentes a un campo o dominio, incluyendo la educación en profesiones de la salud. Este trabajo tiene como objetivo abordar aspectos y consideraciones generales sobre el diseño, el desarrollo y la construcción de ontologías, además aborda la importancia de estos instrumentos y atiende algunas dificultades en su definición y su clasificación.

Palabras clave: Documentación; ontología; sistemas de información; vocabulario controlado; terminología.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Ontology as a tool for terminological representation: design considerations Abstract

Ontologies are tools that describe knowledge domains, considering the concepts and relationships among them, as well as their limits. They provide an abstract representation of a field of knowledge, that can be understood by humans and digital devices. As complex systems that

^aCoordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx., México.

^bDivisión de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx., México. ORCID ID:

[‡]<https://orcid.org/0000-0002-2469-0048>

[§]<https://orcid.org/0000-0002-9664-3208>

Recibido: 1-octubre-2022. Aceptado: 12-diciembre-2022.

*Autor para correspondencia: Melchor Sánchez-Mendiola. Circuito Centro Cultural, S/N. Edificio CIPPS. 1er Piso. Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán. Cd. Mx., México. 04510. Teléfono: (52) 55-5622-6666, ext.: 82318.

Correo electrónico: melchorsm@unam.mx

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

posit the terms used by an academic community to define and describe a topic, they facilitate search, recovery, visualization and analysis of knowledge domains, including health professions education. The goal of this paper is to discuss the relevance of these tools for scientific disciplines, to provide an overview of the design, development and construction of ontologies, and to analyze the challenges and difficulties in their definition and classification.

Keywords: *Controlled vocabulary; documentation; information systems; ontology; terminology.*

This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

Desde su aparición, Internet ha sido un impulsor de profundos cambios en la educación, en particular en el nivel superior. Actualmente y potenciados por la pandemia de COVID-19, los entornos Web se han convertido en las plataformas más importantes para comunicación, interacción, creación de contenidos, consulta y revisión de información¹. Sin embargo, el crecimiento exponencial de la información disponible ha traído una gran cantidad de desafíos, como su búsqueda y recuperación eficiente, reutilización e interoperabilidad. Por lo anterior se ha hecho urgente la construcción y aplicación de sistemas de organización y representación del conocimiento; en este sentido, herramientas como los vocabularios controlados ayudan tanto en la descripción de los distintos recursos de información como su recuperación².

Los vocabularios controlados son listas o índices de términos con definiciones precisas, normalizadas y validadas, que establecen relaciones unívocas y precisas entre ellos. Estas herramientas permiten reducir la confusión terminológica y conceptual, reconocer y manejar sinónimos, homónimos y polisemias, y hacer explícitos los supuestos; así, facilitan la búsqueda, recuperación, visualización, análisis y representación de información referente a un dominio^{3,4}. Al mismo tiempo promueven la reutilización del conocimiento, mejoran la comunicación entre los académicos y potencian la interoperabilidad entre sistemas informáticos^{2,5}. Dependiendo de su complejidad oscilan desde una breve lista de términos claramente definidos, mutuamente excluyentes y exhaustivos, como los glosarios, hasta sistemas de jerarquías y redes semánticas, como los tesauros y ontologías⁶.

El interés en desarrollar y usar estos instrumentos, particularmente las ontologías, radica en su utilidad para atender los innumerables problemas derivados de imprecisiones conceptuales y terminológicas, facilitar la organización del conocimiento de acuerdo con las particularidades de cada disciplina y sobre todo su interoperabilidad⁷. Dentro de las ciencias de la salud y particularmente en medicina, ya existen vocabularios controlados con distintos propósitos, como SNOMED (Systematized Nomenclature of Medicine), DeSC (Descriptores en Ciencias de la Salud), UMLS (Unified Medical Language System), MeSH (Medical Subjects Headings) o Gene Ontology.

Este trabajo brinda aspectos y consideraciones generales sobre el diseño, el desarrollo y la construcción de ontologías, además, aborda la importancia de estos instrumentos y atiende algunas dificultades en su definición y clasificación.

EL CONCEPTO DE ONTOLOGÍA

Si bien el término de ontología tiene su origen en la filosofía, en las áreas de informática, ciencias de la computación y ciencias de la información y documentación, desde los años 90 del siglo XX surgió una forma distinta de conceptualizarla. De esta manera el concepto de ontología adquirió dos dimensiones adicionales: tanto como una teoría, ya que propone una manera de representar un cierto dominio y además, como un instrumento, dado que permite especificar, estructurar y comunicar el vocabulario relativo a un dominio⁸.

Las primeras definiciones de ontología, desde este enfoque, son posiblemente la de Neches et al.⁹: “una ontología define los términos y relaciones básicas que comprenden el vocabulario de un área temá-

Tabla 1. Tipos de ontologías (adaptado de Guarino, ref. 14)

Ontología	Características
Nivel más alto	Enfocadas a describir todos los conceptos generales tales como: el tiempo, el espacio, la materia, el objeto, el hecho, la acción, etc.
Dominio	Describen el vocabulario relacionado con un dominio, área o disciplina del conocimiento.
Tarea	Describen actividades o artefactos, por ejemplo: componentes, procesos o funciones.
Aplicación	Describen conceptos que dependen tanto de un dominio específico como de una tarea específica, y generalmente son una especialización de ambas.

tica, así como las reglas para combinar términos y relaciones para definir extensiones del vocabulario”; y la de Gruber¹⁰ que señala que una ontología es: “una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida”. A partir de ellas, surge una vasta investigación con múltiples definiciones, de modo que no hay una sola definición universal o global que permita integrar toda la complejidad del concepto⁸, sino que hay una extensa variedad de ellas que hacen referencia a lo mismo, pero que adquieren diferentes connotaciones con base en el contexto en el que fueron creadas, por ejemplo, por los fines que persigue, la disciplina, el diseño y/o la metodología usada¹¹.

Para los propósitos de este trabajo definimos a una ontología como: instrumento que describe de manera formal los conceptos de un dominio (entendiendo por formal, un lenguaje con una sintaxis y una semántica bien definidas), las relaciones entre éstos y sus limitaciones, para generar una representación abstracta de un campo de conocimiento que pueda ser comprendida tanto por seres humanos como por máquinas, a través de la definición de entidades, atributos, relaciones y axiomas⁸.

En las últimas décadas, la popularidad, el uso y desarrollo de ontologías creció exponencialmente, penetrando en varias disciplinas y áreas del conocimiento^{7,12}, desde las ciencias de la salud, la economía, la industria, la informática, las ciencias de la computación, incluso en la educación^{8,13}. En tanto facilitan varias tareas, se convierten en herramientas importantes para el trabajo académico y para la consolidación de una disciplina, por ejemplo, ayudan a:

- Reducir la confusión terminológica y conceptual dentro de una disciplina.
- Potenciar la interoperabilidad.

- Mejorar la comunicación.
- Compartir la comprensión común de la estructura de información de un campo o área del conocimiento.
- Ayudar a la extracción y recuperación de información de distintas fuentes.
- Posibilitar la reutilización del conocimiento perteneciente a un dominio.
- Hacer explícitos los supuestos de un dominio.
- Analizar el conocimiento de un campo.

No todas las ontologías son iguales. Así como no hay una sola y única definición, existen distintos tipos de ontologías que varían de acuerdo con su propósito, diseño e implementación. Hay ontologías para modelar un dominio, para describirlo o incluso para gestionarlo. Dentro de las clasificaciones más difundidas, que sirve para los propósitos de este trabajo, se encuentra la reportada por Guarino que propone cuatro grupos de acuerdo a sus alcances y al nivel de complejidad¹⁴, de este modo se identifican ontologías: de *nivel más alto*, de *dominio*, de *tareas* y de *aplicación* (tabla 1).

La gran cantidad de definiciones y los distintos tipos de ontologías dificulta su desarrollo y sobre todo su reuso. Es por ello que se hace necesario, en cualquier campo de estudio, contar con una metodología adecuada para la construcción de estos instrumentos donde se brinden de manera organizada y sistematizada los pasos o fases del proceso de desarrollo, las actividades y las técnicas necesarias.

MÉTODO PARA CONSTRUIR UNA ONTOLOGÍA

El proceso de construir una ontología va más allá de una actividad de arquitectura e ingeniería de software. Es una tarea ardua y creativa, que implica la

intervención de un grupo de trabajo interdisciplinario; además, tal como ocurre con su definición y con su clasificación, no hay un método único para su desarrollo, entre otras cosas porque hay muchas formas de representar y configurar un mismo dominio y es común que cada grupo de investigación siga sus propios principios, criterios de diseño y fases de desarrollo. La construcción de una ontología no es un proceso lineal, las etapas para su construcción siguen un ciclo complejo, incluso es posible que se traslapen o que ocurran simultáneamente¹⁵. Esta tarea se complica aún más cuando le añadimos la complejidad que presenta cada uno de los campos, disciplinas, áreas o dominios que se busquen representar, que normalmente concentran una gran cantidad y variedad de información, y que se alimentan de otras áreas del conocimiento.

No obstante, de manera general la metodología para construir una ontología comprende cuatro momentos: en el primero se define el dominio y los alcances de la ontología, comprende la selección de una metodología y la posibilidad de reutilizar otras ontologías; en el segundo, se diseña, desarrolla, estructura y organiza todo el contenido de la ontología, este momento es el que más trabajo conlleva; en el tercer momento, la ontología se transforma en un sistema informático; y por último, en el cuarto momento, se evalúa la ontología¹⁵⁻¹⁷.

Primer momento

Antes de empezar la construcción de la ontología, es necesario considerar que: i) no existe una forma absolutamente correcta de modelar un dominio, siempre habrá diferentes alternativas, ii) el desarrollo de la ontología es necesariamente un proceso iterativo que implica la construcción y deconstrucción constante y iii) la ontología construida representa una cierta realidad y los conceptos que la conforman deben reflejar esta realidad¹⁷. Por ello, se recomiendan tres tareas importantes previas al desarrollo:

- *Definir, clarificar y explicitar el propósito, los límites y los alcances de la ontología.* Esto se puede hacer a través de responder las siguientes preguntas: ¿cuál es el dominio que cubrirá?, ¿para qué se utilizará?, ¿quién la usará y le dará mantenimiento?, y ¿a qué tipo de preguntas dará respuesta?^{15,17}.

- *Construir un cuestionario de competencia.* Contemplar una lista de preguntas que servirán como prueba para generar información respecto a: si la ontología funcionará para responder estas preguntas, si contendrá la suficiente información para responderlas, y si las respuestas requieren un nivel particular de detalle¹⁷.
- *Elegir la metodología.* Hay una gran diversidad de metodologías para la construcción de ontologías, varían en la cantidad de etapas, la complejidad en cada una de estas, el nivel de detalle, el enfoque, entre otros aspectos. ¿Cuál o cómo se debe elegir la metodología adecuada? La selección dependerá del propósito que se persiga, la afinidad y los recursos con los que se cuente. De la enorme diversidad en la literatura especializada, hay dos metodologías ampliamente difundidas, entre otras cosas por su claridad y su flexibilidad: Methontology desarrollada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y la Universidad Politécnica de Madrid, y Ontology Development desarrollada por la Universidad de Stanford^{2,16,18}.
- De ser posible, *reutilizar ontologías existentes.* La tarea de construir una ontología puede ser extenuante, requiere un grupo considerable de personas con distintas formaciones, además, de una gran cantidad de recursos y sobre todo tiempo. Por ello es importante considerar si ya existen ontologías disponibles sobre el dominio a estudiar, valorar si es mejor refinarla y extenderla. Incluso la reutilización de otras ontologías puede ser importante para verificar la interoperabilidad¹⁸.

Segundo momento

Sin importar su tipo o su diseño, todas las ontologías presentan siete componentes esenciales, el desarrollo de cada uno de ellos representa las bases de su construcción^{2,11,15,17}.

- *Clases y subclases.* Se refiere a todos los términos que contiene una ontología. Son la base de la descripción del conocimiento ya que describen los conceptos que pertenecen o se consideran dentro del dominio, es decir, las ideas básicas que se intentan formalizar.

- *Slots*. Se refiere a los roles o propiedades de los términos. Delimitan las propiedades y características de cada concepto describiendo varios rasgos y atributos. Ayudan a definir las características, especificaciones y restricciones de las clases.
 - *Relaciones*. Representan las interacciones entre los conceptos del dominio. Las relaciones pueden ser asociativas, equitativas, jerárquicas o semánticas.
 - *Facetas*. Se refiere a las restricciones de roles. Describen cosas como los tipos de valores, los valores permitidos, el número de valores y cualquier otra característica que un slot puede tomar.
 - *Instancias*. Representan objetos determinados de un concepto.
 - *Funciones*. Son un tipo concreto de relación donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de una ontología.
 - *Axiomas*. Se usan para modelar afirmaciones que son siempre ciertas. Los axiomas permiten, junto con otros elementos, inferir conocimiento sobre los conceptos. Los axiomas se utilizan también para verificar la consistencia de la ontología.
- *Los lenguajes de las ontologías*. Al igual que hay muchas metodologías y herramientas para el desarrollo, existen muchos lenguajes que permiten la creación de ontologías. Aunque estos lenguajes usualmente están basados en lenguajes de la Web semántica, como XML y RDF, es común que se encuentren en constante actualización y transformación, por lo que puede ser difícil definir el que se va a utilizar, no obstante, en la literatura se presentan opciones que ya cuentan con una amplia aceptación: OIL (Ontology Inference Layer), DAML (DARPA Agent Mark-Up Language) y OWL (Web Ontology Language)^{2,18}.

En la revisión de literatura especializada para el desarrollo de este manuscrito no se apreció una correspondencia entre las metodologías, las herramientas de desarrollo y los lenguajes usados en el desarrollo de ontologías. Si un equipo de trabajo elige alguna metodología, no hay una herramienta de desarrollo y un lenguaje óptimo recomendado para dicha metodología. Cada proyecto deberá seleccionar aquella metodología, herramienta y lenguaje que se adapte a sus necesidades, propósitos y que les permita concluir su propuesta. Adicionalmente a la elección de metodología, herramienta y lenguaje, es de suma importancia no perder de vista el contexto y conceptualizar el conocimiento teniéndolo en cuenta.

La adquisición de conocimiento es uno de los procesos más complejos en el desarrollo de ontologías, en este paso se deben consultar diversas fuentes de información, determinando los principales aspectos referentes al dominio abordado y así obtener un conocimiento efectivo que permite la determinación de las clases, las instancias, las relaciones, los atributos, los cuales lo representan.

Cuarto momento

Una vez terminada la ontología, el siguiente paso consiste en evaluarla y validarla, proceso que solo puede suceder cuando se culminó la ontología y solo frente a los usuarios finales, por lo que no hay manera de saber si una ontología cumple con su propósito previo a su uso. Este aspecto no debe subestimarse, dado que conlleva un alto costo tanto humano como de recursos y tiempo¹¹.

Tercer momento

Una vez trabajadas las fases anteriores o durante su desarrollo, la ontología se transforma en un sistema informático, para ello, se recomienda tomar en cuenta las herramientas de desarrollo y los lenguajes de las ontologías:

- *Las herramientas de desarrollo*. Estas herramientas se relacionan con la arquitectura e ingeniería de las ontologías. Las herramientas pueden servir bien para la construcción o para la reutilización de ontologías ya existentes, por lo que entre sus funcionalidades están la edición y consulta, así como la exportación e importación, en algunas ocasiones incluso la visualización gráfica. Actualmente, hay un gran número de estas herramientas, por ejemplo, Ontolingua Server y Ontosaurus, que, si bien son de las primeras en aparecer, siguen siendo muy útiles y funcionales. O bien las de reciente creación y ampliamente difundidas, Protégé 2000, WebODE, y Ontoedit^{2,16,18}.

Tabla 2. Ejemplos de ontologías en educación superior (OES) y ontologías en educación en ciencias de la salud (OECS)

Nombre	Descripción	Referencias
<i>e-LION</i> (OES)	Modelo semántico de integración de datos para mejorar el análisis predictivo en aprendizaje en línea	Paneque et al (2023) ²⁰
<i>CBC model</i> (OES)	Modelo de un curso basado en competencias (CBC) que representa los conceptos fundamentales de la educación basada en competencias y que actúa como un puente entre las ontologías existentes que representan la educación y los recursos educativos abiertos mediante datos vinculados.	Nahhas et al (2019) ²¹
<i>Assessment metadata</i> (OES)	Ontología para la descripción semántica y sintáctica de evaluaciones que sirva como soporte para resolver los problemas de interoperabilidad y reúso de las mismas.	Romero et al (2015) ²²
<i>CTS ontology</i> (OECS)	Ontología para facilitar el estudio de la educación quirúrgica cardiorácnica y el análisis de datos en registros médicos electrónicos (RME).	Panahiazar et al (2023) ²³
<i>OntoSAMSEI</i> (OECS)	Ontología interactiva para apoyar la educación médica basada en simulación y para modelar dominios mal definidos relacionados con la pedagogía a partir de compartir el conocimiento entre los expertos del dominio.	Baghernezhad-Tabasi et al (2021) ²⁴
<i>OntoCIP</i> (OECS)	Ontología para la generación automática de preguntas multilingües para la evaluación en educación médica basada en el método CIP (<i>Comprehensive Integrative Puzzle</i>).	Radovic et al (2020) ²⁵

Aunque hasta el momento no existen herramientas formalizadas ni estandarizadas para realizar la evaluación, se recomienda que desde la versión inicial se someta a la discusión con expertos y se utilice con usuarios para observar su desempeño. Es muy probable que a partir de estas pruebas se requiera revisarla, depurarla y modificarla, generando otras versiones. Barchini et al.¹¹ definen la calidad de una ontología como: “el grado con el que la misma puede ser localizada y recuperada, responde a la estructura invariante del dominio, con un mínimo compromiso ontológico, cumple con los requerimientos especificados y puede usarse/reusarse de manera efectiva”.

En medicina, la aplicación de ontologías es una respuesta a la necesidad de utilizar información voluminosa y compleja, de modo que nuevas ontologías continúan proliferando a medida que surge la necesidad de ellas¹⁹. En la **tabla 2** se presentan algunos de ejemplos de ontologías que se han desarrollado en el campo de la educación superior y la educación en ciencias de la salud.

CONCLUSIONES

La importancia de este trabajo radica en clarificar algunos aspectos sobre las ontologías, mostrar consideraciones generales para su construcción y hacer evidente la importancia de estos instrumentos en

todos los campos del conocimiento, incluida la educación en ciencias de la salud.

Una ontología va más allá de una lista ordenada de palabras y definiciones, se postula como un “vocabulario controlado”, un sistema complejo, una propuesta documental con reglas bien establecidas, validadas y reconocidas. Se concibe como un instrumento normalizado y estandarizado, que permite conocer y entender los términos, proporcionar un antecedente histórico sobre las definiciones vinculadas a la disciplina, así como los cambios en los contenidos de las definiciones a lo largo del tiempo.

Las ontologías son una forma de organizar el conocimiento, una conceptualización del mundo real que provee un vocabulario de un dominio o área de estudio, tal que es posible definir un abecedario común del conocimiento existente para que los sistemas o las personas puedan recuperar o generar nueva información. Si bien son instrumentos muy utilizados para estructurar la información y el conocimiento, el proceso para construirlo es una actividad creativa y ardua, que implica además de gran cantidad de recursos humanos, materiales, monetarios y de tiempo, conocer y aplicar aspectos y consideraciones en cuanto a su construcción.

Este trabajo no pretende que todos los investigadores se dispongan a construir ontologías sobre sus

dominios de conocimiento, busca informar acerca de su utilidad, de manera que se conozcan y usen las ontologías ya existentes, para que se puedan enriquecer y contextualizar. Si en algún momento se desea asumir el reto de construir una ontología, es fundamental que se identifiquen los elementos más importantes para planear su proyecto de desarrollo. 

REFERENCIAS

1. Cabero-Almenara J, Meza-Cano JM. Online undergraduate students' perceptions of the impact of Web 2.0 on higher education / Percepciones de estudiantes de licenciatura en línea sobre el impacto de la Web 2.0 en educación superior. *Culture and Education*, 2019; 31(3):481-508. <https://doi.org/10.1080/11356405.2019.1630953>
2. García Jiménez A. Instrumentos de representación del conocimiento: tesauros versus ontologías. *An. Documentación* [Internet]. 1 de enero de 2004 [citado 8 de diciembre de 2022];7:79-95. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesdoc/article/view/1691>
3. Hassan Montero, Yusef; Núñez Peña A. Diseño de Arquitecturas de Información: Descripción y Clasificación. No Solo Usabilidad [Internet]. 2005;(4). Disponible en: http://www.nosolousabilidad.com/articulos/descripcion_y_clasificacion.htm
4. Barité Roqueta MG. El control de vocabulario en la era digital: revisión conceptual. *Scire* [Internet]. 2014;20(1):99-108. Disponible en: <http://ibersid.eu/ojs/index.php/scire/article/view/4196/3766>
5. Laguens García JL. Tesauros y lenguajes controlados en Internet. *An Doc* [Internet]. 2006;(9):105-21. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/12079/1/ad0907.pdf>
6. Currás E. Ontologías, taxonomía y tesauros: manual de construcción y uso. tercera re. *El Profesional de la Información*. España: Trea Ediciones; 2006. 344 p.
7. Yalcinalp S, Gulbahar Y. Ontology and taxonomy design and development for personalised web-based learning systems. *Br J Educ Technol*. 2010;41(6):883-96. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01049.x>
8. Stancin K, Posic P, Jaksic D. Ontologies in education – state of the art. *Educ Inf Technol*. 2020;25(6):5301-20. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10226-z>
9. Neches R, Fikes RE, Finin T, Gruber T, Patil R, Senator T, et al. Enabling technology for knowledge sharing. *AI Mag*. 1991;12(3):36.
10. Gruber TR. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowl Acquis*. 1993;5(2):199-220.
11. Barchini GE, Álvarez MM. Dimensiones e indicadores de la calidad de una ontología. *Av en Sist e Informática*. 2010; 7(1):29-38.
12. Rosell León Y, Senso Ruiz JA, Leiva Mederos AA. Diseño de una ontología para la gestión de datos heterogéneos en universidades: marco metodológico. *Rev Cuba Inf en Ciencias la Salud*. 2016;27(4):545-67. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132016000400010
13. Tabares Morales V, Duque Méndez ND, Ovalle Carranza DA. Modelo por capas para evaluación de la calidad de Objetos de Aprendizaje en repositorios. *Rev Electrónica Investig Educ*. 2017;19(3):33-48. Disponible en: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/1128/1561>
14. Guarino N. Formal ontology and information systems, Formal Ontology in Information Systems. *Proceedings of the First International Conference (FOIS'98)*, 1998. pp. 3-15.
15. Tabares García JJ, Jiménez Builes JA. Ontology for the evaluation process in higher education. *Rev Virtual Univ Católica del Norte*. 2014;(42):68-79.
16. Corcho O, Fernández-López M, Gómez-Pérez A, López-Cima A. Building legal ontologies with METHONTOLOGY and WebODE. In: *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Verlag; 2005. p. 142-57. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-32253-5_9
17. Noy NF, McGuinness DL. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. 2018. Disponible en: https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf
18. Guzmán JA, López M, Durley I. Metodologías y métodos para la construcción de ontologías. *Sci Tech*. 2012;XVII(50):133-40.
19. Yu AC. Methods in biomedical ontology. *J Biomed Inform*. 2006;39(3):252-66.
20. Paneque M, Roldán-García M del M, García-Nieto J. e-LION: Data integration semantic model to enhance predictive analytics in e-Learning. *Expert Syst Appl*. 2023; 213:118892.
21. Nahhas S, Bamasag O, Khemakhem M, Bajnaid N. Bridging Education and Labor Skills by a Novel Competency-Based Course Linked-Data Model. *IEEE Access*. 2019; 7:119087-98.
22. Romero L, Gutierrez M, Caliusco M. Educational metadata ontology enrichment for e-assessment semantic description. Towards question and test interoperability and reuse. En: *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. 2015.1-6.
23. Panahiazar M, Chern Y, Riojas R, Latif OS, Lokala U, Hadley D, et al. An Ontology for Cardiothoracic Surgical Education and Clinical Data Analytics. *Stud Health Technol Inform*. 2022; 294:407-8.
24. Baghernezhad-Tabasi S, Druette L, Jouanot F, Meurger C, Rousset MC. OntoSAMSEI: Interactive ontology engineering for supporting simulation-based training in Medicine. En: *2021 IEEE 30th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)*. 2021.177-82.
25. Radovic M, Petrovic N, Tosic M. Ontology-Based Generation of Multilingual Questions for Assessment in Medical Education. Vol. 8, *Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes*. 2020; 8:1-15.