



EL EMPLEO DE ONTOLOGÍAS EN SISTEMAS CON BASES DE DATOS RELACIONALES: MAPEO SISTEMÁTICO (2016-2020)

Autor: Lidisvey Herrero González <https://orcid.org/0000-0002-9668-9687>

¹ Ingeniera en Ciencias Informáticas, Hospital Provincial Universitario Cardiocentro “Ernesto Guevara”, Santa Clara, Cuba.

Resumen

El uso de ontologías es utilizado en las áreas de informática porque brindan una forma de representar el conocimiento que facilita la comunicación y la reutilización de componentes de software en sistemas de información. El objetivo del trabajo es identificar las características y resultados del empleo de ontologías en los sistemas de información con bases de datos relacionales publicadas en la literatura científica en el periodo del 2016 al 2020, que faciliten la representación del conocimiento en el diseño y migración de sistemas de información existentes en los servicios cardioquirúrgicos del Cardiocentro. Mediante un mapeo sistemático de la literatura se encontraron 163 trabajos (Scopus, *IEEXPLORE*, Science Direct, Scielo, y otras búsquedas intencionadas en Google Scholar), a los que se le aplicaron criterios de inclusión y exclusión, reduciéndose a 27 en total. Las investigaciones se agruparon por temas relacionados con el uso de ontologías, países, accesibilidad y tipos de trabajos. Este tipo de revisión bibliográfica ofrece una visión general para que investigadores puedan indagar con mayor precisión en temas específicos como las ontologías del sistema cardiovascular.

Palabras Clave: Metodologías; herramientas; lenguajes; Protégé; base de datos relacional, sistema cardiovascular.

Introducción

Existen varias formas para representar el conocimiento que existe sobre un tema o un área de investigación específica. Una de ellas, son las ontologías, que facilitan la conceptualización para hacer explícito el conocimiento, de forma que apoye a especialistas en la comunicación y compatibilidad de la información que se está formulando. El término proviene de la filosofía del siglo XVII y con más popularidad en XVIII, para continuar extendiéndose a otras ramas del saber.

Existen numerosas definiciones para referirse a las ontologías desde la última década del pasado siglo. Para la Inteligencia Artificial "una ontología es una especificación explícita de una conceptualización compartida válida en un contexto determinado" (1). Dña María José Baños después de analizar un conjunto de ellas, expresa que "una ontología es una representación de cierta realidad, expresada a través de términos; que consta de varios componentes, siendo, al menos uno de estos un vocabulario, que representa una serie de conceptos de cierto dominio, y un conjunto de relaciones entre estos, que son explicitadas; que se expresa en un lenguaje tal que permite su procesado por máquinas; y que se construye a partir de un conocimiento compartido entre personas del dominio de interés". (2). Más reciente Esmeralda plantea que "Una ontología es una forma de representación del conocimiento que resulta de seleccionar un dominio o ámbito del conocimiento, en el que se definen tipos, propiedades, y relaciones entre entidades." (3). Por tanto, el uso de ontologías permite definir mejor el vocabulario para un dominio, de modo que la información y el conocimiento de los expertos queden mejor organizados y fáciles de gestionar entre sistemas heterogéneos.

Las ontologías se pueden utilizar en sistemas de información, diseño de bases de datos, almacenes de datos, sistemas basados en conocimiento, entre otras. Entre sus ventajas figura la reutilización del conocimiento, la separación entre la representación del dominio y las operaciones que no se gestionan desde la base de datos sino desde el código de programación; además aumenta la calidad, extensibilidad y flexibilidad para el mantenimiento posterior. (4).

En revisiones de la literatura realizadas anteriormente se pueden identificar metodologías, lenguajes y herramientas que facilitan el proceso de desarrollo de ontologías.

Entre las metodologías se encuentran: Methontology que define un ciclo de vida basado en prototipos en evolución y UPON relacionado con el proceso unificado (UP) y el lenguaje de modelado unificado (UML). Una comparación entre varias metodologías puede encontrarse en (5).

Existen varios lenguajes para la representación del conocimiento mediante ontologías, destacándose OWL (Web Ontology Language) como el más estandarizado y que se divide en tres sublenguajes: OWL-Lite, OWL-DL y OWL-Full.

Además se necesitan editores de ontologías como herramientas para facilitar el trabajo en cada una de las fases del desarrollo de las ontologías, pudieran destacarse algunos como: WebOnto, SWOOP y Protégé. En el artículo (6) se puede observar una comparación entre diferentes herramientas. La mayoría implementadas en java y de código abierto.

Uno de los principales problemas que se pueden encontrar en entidades con sistemas de información, es que estos pueden estar en funcionamiento desde hace mucho tiempo sin contar con documentación sobre su funcionamiento interno que permita la sostenibilidad y mantenimiento. La tecnología en que fueron desarrollados va quedando obsoleta y para la introducción de nuevos requerimientos, migración a nuevas tecnologías o la integración con otros sistemas, la gestión del conocimiento que tienen implícitos tanto en sus bases de datos como en la programación se hace compleja.

Diversos trabajos se han propuesto en la literatura para brindar soluciones a estas dificultades, entre las que aparecen el uso de ontologías con bases de datos relacionales, por lo que conocer como ha sido la producción científica en lo referente al empleo de ontologías en sistemas de información (SI) con bases de datos relacionales en el período del 2016 al 2020 es fundamental para identificar nuevas investigaciones y búsqueda de soluciones.

Los SI basando en ontologías les permiten a los desarrolladores organizar el conocimiento, aprovechar los beneficios de la reutilización de componentes, incluso son útiles para evitar incompatibilidades semánticas entre varios sistemas, por el riesgo de no tener la misma interpretación de la información que manejan.

La producción científica sobre el tema es diversa. Algunas búsquedas en bases de datos especializadas como Scopus, con palabras como "ontology AND

database”, muestran el empleo de ontologías en varias áreas del conocimiento, principalmente en áreas de la medicina, bioinformática e inteligencia artificial.

Objetivo

Identificar las características y resultados del empleo de ontologías en los sistemas de información con bases de datos relacionales publicadas en la literatura científica en el período del 2016 al 2020, que faciliten la representación del conocimiento en el diseño y migración de sistemas de información existentes en los servicios cardioquirurgicos del Cardiocentro.

Diseño metodológico

El estudio preliminar de la literatura científica sobre el tema se hizo mediante el mapeo sistematico o “Systematic Mapping Study (SMS)”, el cual resulta útil para tener una visión más amplia, donde se pueda clasificar y tener informacion sobre las tendencias sobre el conocimiento existente en determinada temática que puedan servir de guía para responder a preguntas de investigación. Como lo afirma Kitchenham: “puede ahorrarle tiempo y esfuerzo a los investigadores y les proporciona nuevas líneas de investigación a dónde dirigirse. Sin embargo, estas deben ser de alta calidad en cuanto a integridad y rigor si provienen de bases de información confiables para continuar”. (7). El objetivo de este tipo de revisión es tener una apreciación global de un área de investigación e identificar cantidad, tipos y resultados disponibles, así como la frecuencia de publicación en el tiempo para ver tendencias. (8)

La metodología utilizada fue la propuesta por Petersen y otros, que consta de cinco etapas, detalladas en (7):

1. Definir preguntas de investigación.
2. Realizar la búsqueda literaria.
3. Seleccionar estudios
4. Clasificar artículos.
5. Extraer y realizar la agregación de datos.

Para llevar a cabo la revisión se determinan las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué tendencias existen en investigaciones sobre metodologías, lenguajes y herramientas para el desarrollo de ontologías en sistemas de información? ¿Cuáles soluciones presentan estos trabajos para obtener ontologías de bases de datos relacionales? ¿Existen ontologías para sistemas de

información que gestionen información sobre pacientes con afecciones cardiovasculares?

Realizar la búsqueda literaria

Son numerosas las bases de datos especializadas en temáticas relacionadas con la informática, por ello se consideraron solamente: Scopus, *IEEXPLORE*, Science Direct, Scielo, y otras búsquedas intencionadas en Google Scholar. El período de búsqueda enfatiza en la producción científica 2016 - 2020 y se utilizó la cadena:

TITLE-ABS-KEY ((*methodology* OR *languages* OR *tools*) AND *ontology* AND *databases*)

A las publicaciones encontradas en cada base de datos, se les tiene que aplicar los filtros necesarios (criterios de exclusión e inclusión), que definen las características que tiene que cumplir para ser considerado en la revisión.

Criterios de Inclusión:

1) La publicación se encuentre en el período 2016 - 2020. 2) El área del conocimiento tiene relación con las ontologías en sistemas de información diseñados con bases de datos relacionales; 3) Que brinde información sobre metodologías, herramientas, lenguajes o librerías para trabajar con ontologías y bases de datos. 4) Solo se incluyen estudios en idioma inglés, portugués y español.

Criterios de Exclusión:

1) No contengan al menos dos de las palabras claves (ontología, bases de datos) 2) Artículos sin acceso libre al texto completo disponible para su revisión.

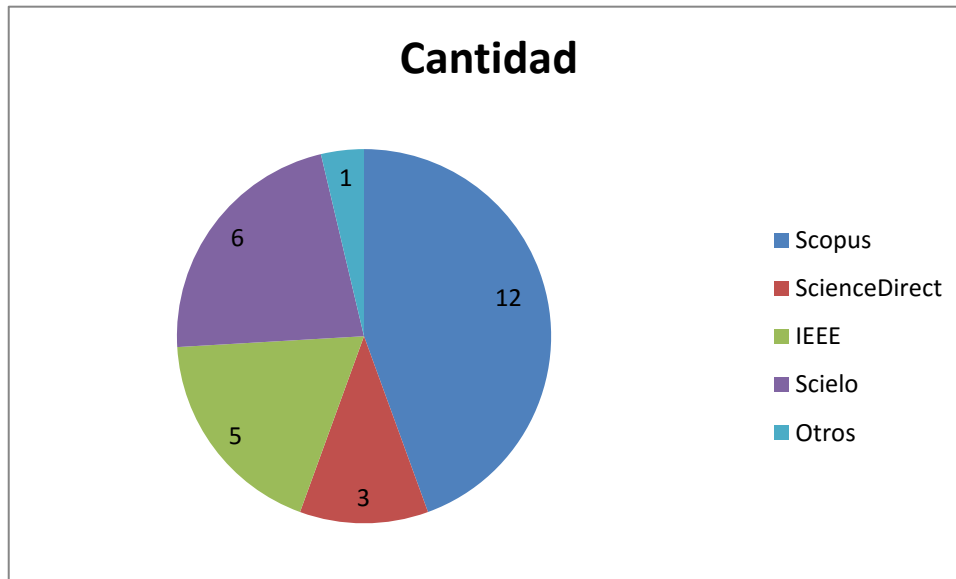
La búsqueda preliminar arrojó 163 artículos candidatos, a los cuales se les realizó primeramente una revisión al título y el resumen para comprobar si tienen relación con los elementos de la investigación, donde quedaron como potencialmente útiles 65 trabajos para una lectura completa de su contenido, que finalmente los redujo a 27.

Para poder registrar toda la información, se exportó la bibliografía almacenada en el gestor bibliográfico Zotero al formato .csv, para cargar en una hoja de cálculo del paquete ofimático todos los datos de la producción científica como:

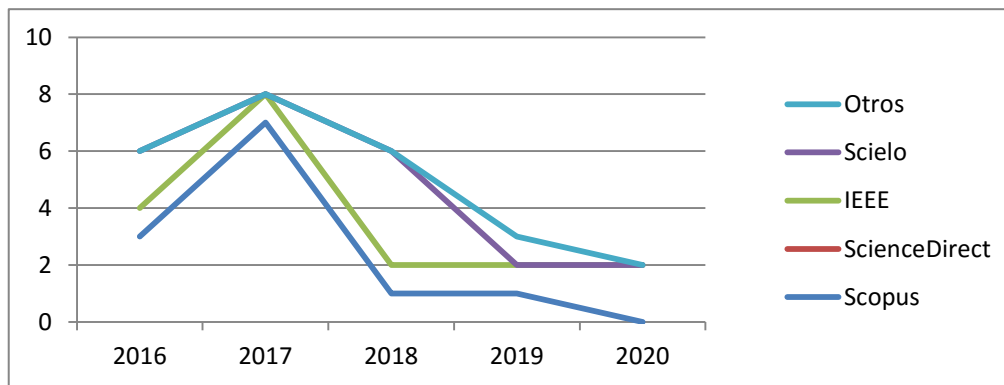
título, autores, base de datos de procedencia, año de publicación, tipo de publicación y el país. También es posible conocer la cantidad de veces que ha sido citado.

Resultados y discusión

La mayor cantidad de artículos sobre ontologías y bases de datos identificados en el período corresponde a Scopus, como se aprecia en la figura.



Un análisis de la producción científica por años muestra un aumento en el 2017.



RP1: ¿Qué tendencias existen en investigaciones sobre metodologías, lenguajes y herramientas para el desarrollo de ontologías en sistemas de información?

Las ontologías en sistemas informáticos se utilizan para dar solución de problemas derivados de la heterogeneidad e interoperabilidad de los datos, al unificar conocimiento en consultas a sistemas de datos heterogéneos con arquitectura distribuida. Las consultas se procesan en lenguaje natural para

brindar mayor facilidad y comodidad, las interacciones y el conocimiento se comparten y actualiza sin depender de la infraestructura. Específicamente en el diseño de sistemas informáticos, el uso de ontologías evita la codificación del conocimiento del negocio que pueda quedar fuera de la base de datos.

Existen repositorios para diferentes tipos de ontologías que permiten a los investigadores reutilizar, redefinir o ampliarlas. Debido a que las ontologías de dominio pueden extenderse o especializarse es necesario consultar los repositorios internacionales que gestionan ontologías como: DAML Ontology Library¹, Suggested Upper Merged Ontology (SUMO)², Ontolingua³ o BioPortal⁴, creado por el Centro Nacional de Ontología Biomédica (NCBO), es el repositorio y sistema de desarrollo más grande del mundo de ontologías biomédicas, codificadas en los formatos más utilizados: OWL, RDF, entre otros. La utilización de WordNet en algunas metodologías ayuda a identificar sinónimos y relaciones semánticas entre los conceptos de las ontologías de dominio y las superiores. (9)

Metodologías

Entre las más usadas se encuentra Methontology, que cuenta con las actividades de especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento. Además ha servido como base a otras modificaciones más recientes como la metodología de Rubén Darío Alvarado, muy utilizada en investigaciones en Cuba. Por ejemplo, un método propuesto para el Banco Central de Cuba que ayuda a sustituir la codificación del negocio por el razonamiento ontológico y mantener el modelo relacional.

Con el aumento de sistemas con bases de datos relacionales y su relación con el desarrollo de la tecnología web, la conversión de datos de una base de datos relacional a un modelo basado en una ontología y descrito en RDF se vuelve extremadamente necesaria, incluso la W3C creó un grupo de investigación para establecer los estándares que faciliten el proceso de conversión. (10).

¹ <http://www.daml.org/ontologies/>

² <http://www.adamease.org/OP/>

³ <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

⁴ <https://bioportal.bioontology.org/>

Mecanismos o enfoques para la conversión entre bases de datos y ontologías como transformation y mapping dirigen el desarrollo.

Los autores en (11) proponen una Metodología para la generación automática de ontologías utilizando información de esquema de base de datos, utilizando OWL DL como lenguaje base.

Lenguajes

El lenguaje de definición de procesos XML o XML Process Definition Language (XPDL) es un estándar definido por WfMC (Workflow Management Coalition) para almacenar e intercambiar el diagrama de proceso. No es un lenguaje de programación, sino un formato que representa los gráficos de la definición del proceso. (12)

El formato Resource Description Framework (RDF) permite identificar y describir recursos, sus propiedades y relaciones con otros recursos. Tiene características comunes con OWL, pero este último es mucho más fuerte en cuanto a vocabulario y sintaxis, por lo que se utiliza para definir restricciones en las ontologías y obtener a una base de datos relacional. Una ventaja del uso de OWL es que se pueden crear mensajes en formato XML, flexible y expresivo, para agregar semántica al esquema que permita inferir determinado conocimiento implícito para adaptarse mejor al dominio y favorecer la comunicación entre usuarios y/o sistemas diferentes, que incluyen técnicas de inteligencia artificial. (13)

SPARQL, estándar lenguaje de consulta utilizado para ontologías, porque es capaz de manejar y recuperar datos almacenados en formato RDF. (14) Algunas extensiones como SPARQL-DL alineado a OWL2. De este lenguaje base se derivan otros como Geospatial Semantic Query Language (GS-QL), que vincula el enfoque de la arquitectura orientada a servicios (SOA) con la web semántica y las ontologías. (15)

Se reafirma OWL2 como el lenguaje de descripción de ontologías estándar recomendado por el Grupo de Trabajo de Ontología Web del W3C, lo que permite inducir conocimiento implícito a través de razonadores semánticos. Es de gran utilidad cuando la información contenida en los documentos necesita ser procesada por otros programas.

La lógica descriptiva (DL) abarca un conjunto de lenguajes de representación del conocimiento, específicamente OWL2 QL se basa en DL-Lite, que fue diseñado para dar respuesta a consultas con gran cantidad de datos. (16)

La estructura de un dominio de conocimiento se representa en un T-Box (Tboxin DL), y los hechos conocidos se almacenan como un A-Box (llamado Aboxin DL). El estudio interesante de (17) muestra el enfoque del razonamiento sobre OWL2 en bases de datos, donde se mantienen las propiedades de atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad, conocidas como ACID.

Herramientas

Para definir las asignaciones o mapeos de ontología a base de datos, enfoque conocido como mapping, las herramientas necesitan que existan ambos modelos para que se produzcan las asignaciones entre ellas. Algunas de estas herramientas son D2R, R2R, R2RML o Karma, herramienta de integración libre que permite transformar o publicar datos en RDF, con base en una ontología, utilizando R2RML a partir de diversas fuentes de datos (bases de datos relacionales, hojas de cálculo, XML, entre otros). (Reyes-Lillo, 2018)

El enfoque transformation genera un modelo de ontología desde un modelo relacional con la misma estructura, o sea, donde a cada tabla de la base de datos se asigna a una clase de ontología, las columnas con objetos de tipo data property, las filas con instancias y las columnas de clave externa para las relaciones entre instancias. Entre las herramientas que permiten la transformación se encuentran el plugin DataGenie de Protégé.

Los autores en (18) presentan comparaciones entre herramientas para el mapeo y la transformación, donde los modelos de datos relacionales existentes se pueden utilizar para crear ontologías, mientras que las ontologías existentes se pueden utilizar para generar esquemas (conceptuales).

Entre la comunidad científica se emplea generalmente Protégé como herramienta o editor de ontologías, que permite exportar ficheros en formatos RDF/XML y OWL/XML, aunque se pueden encontrar otras como por ejemplo: AllegroGraph, Jena framework o TopBraid Suite. (19)

El desarrollo de un Plug-in para Eclipse, llamado Onto2DB, puede generar automáticamente un modelo conceptual de una base de datos relacional a partir de una ontología. (20)

RP2: ¿Cuáles soluciones presentan para obtener ontologías de bases de datos relacionales?

Los autores en (21) plantean que el uso de bases de datos basadas en ontologías proporciona un esquema flexible y adaptable, con la capacidad de extraer relaciones complejas que surgen de la estructura de datos. La implementación de una aplicación de código abierto y gratuita para visualizar los datos utilizando Chado como esquema de base de datos relacional para manejar representaciones complejas de conocimiento biológico, permite integrar datos diversos en una sola base de datos, que se basa en ontologías para la clasificación y análisis de la información almacenada. Integra otras herramientas para su desarrollo como son: PostgreSQL, una interfaz web basada en Web2py y pychado, un módulo Python creado como una interfaz entre la aplicación web y la base de datos.

Los sistemas que emplean el enfoque de acceso a datos basado en ontologías, OBDA, traducen de forma automática o semiautomática las consultas ontológicas realizadas en SPARQL en consultas a bases de datos con lenguaje SQL. Un ejemplo aplicado al desarrollo industrial es el de la empresa Statoil, que emplean ontologías y mapeos semiautomáticos en bases de datos relacionales. (22). Un sistema de consulta visual (VQS) basado en ontología, conocido como OptiqueVQS, muestra cómo se amplía para un lenguaje de consulta temporal llamado STARQL. (23)

Se crean técnicas que permiten que la información pueda representarse con ontologías a partir de bases de datos relacionales, utilizando razonadores capaces de inferir el conocimiento implícito, chequear la consistencia entre las clases de la ontología y retroalimentar el modelo relacional. (4)

Las entidades y los campos del modelo relacional se convierten en conceptos y relaciones. Las tuplas de la base de datos en instancias, encargadas de poblar las ontologías, o sea, captar la información del modelo relacional e introducirlo en el ontológico. Una revisión bibliográfica sobre los métodos de población identifica que estos han ido evolucionando desde los manuales, altamente costosos, luego los semiautomáticos hasta los automáticos, que buscan evaluar mayor cantidad de información en menos tiempo y sin la necesidad de intervención humana. (24)

El trabajo (25), muestra el modelo conceptual confeccionado con la herramienta Visual Paradigm UML 8.0 Enterprise Edition, donde se presentan todas las

clases y relaciones que se utilizaron para diseñar una ontología de apoyo a las pruebas de software, utilizando la metodología Methontology. Para la transformación del modelo conceptual al formal se utilizó el editor Protégé en su versión 5.2, y los plugins GraphViz y OWLViz la visualización de los conceptos y relaciones creadas mediante grafos. El uso de propiedades de los objetos (object property y data property) permite establecer relaciones semánticas entre las clases. (26).

En cada fase de la metodología es posible apoyarse en el marco de chequeo de la herramienta Protégé y su razonador Pellet, con el fin de corregir inconsistencias sintácticas y obtener un código libre de errores. La propuesta de ontología final se puede cargar en formato RDF al servicio de validación web de la W3C. El artículo (27) muestra una revisión de otros tipos de evaluación de ontologías.

Los usuarios hacen las consultas con SPARQL, mediante la API (Jena Interface para RDF), que envía la consulta al D2RQ que con lenguaje SQL convierte diferentes RDB(datos de BD relacional) en RDF. El resultado se devuelve al usuario de manera transparente como si estuvieran unificadas. Otras librerías útiles son OWL API y M2O (puede cargar la ontología desde un modelo orientado a objetos).

La herramienta Protégé exporta los ficheros RDF/XML con las ontologías, que son cargados por Jena Ontology API⁵, que incluye las clases "OntModel" y "ModelFactory" para crear modelos de las ontologías en lenguaje Java.

La librería OWL API y alguno de los razonadores que esta brinda, entre ellos: Pellets y Hermits, permite obtener la inferencia de conocimiento.

RP3: ¿Existen ontologías para sistemas de información que gestionen información sobre pacientes con afecciones cardiovasculares?

Principalmente en la IA se observa el uso de ontologías para sistemas de expertos que modelan el conocimiento, como en los registros médicos para identificar enfermedades o síntomas, definir diagnósticos.

La ontología de diagnóstico de enfermedades humanas o Human Disease Diagnosis Ontology (HDDO), se retroalimenta de la información de los registros médicos del paciente, PubMed como base bibliográfica sobre medicina y el

⁵ <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>

repositorio biomédico de acceso libre, BioPortal, que contiene Systematized Nomenclature of Medicine-Clinical Terms (SNOMED-CT), and International Clinical Classification of Diseases-Tenth Revision (ICD-10). Utiliza la herramienta Protégé para la generación de la ontología en formato OWL.(28)

La inclusión de términos que representen las prácticas de enfermería en los registros médicos es vital para general interoperabilidad de los datos, donde SNOMED es el estándar que incluye esos conceptos de interés en la enfermería. (29)

Específicamente para el conocimiento del vocabulario del sistema cardiovascular humano existe una ontología publicada en el repositorio BioPortal⁶, desarrollada utilizando Protegé como herramienta de modelado y que puede ser útil para el desarrollo de sistemas específicos al dominio.

Conclusiones

Es fundamental poder identificar todo el vocabulario y especificaciones de un sistema, no solo a inicio de su desarrollo sino en todo momento para que exista compatibilidad y facilite el mantenimiento y comunicación con otros. Numerosas investigaciones se han desarrollado para este fin, específicamente en el uso de ontologías como forma de representación formal del conocimiento en un dominio específico, para lo cual se han desarrollado metodologías, lenguajes y herramientas que ayuden en el proceso de extraer información de las bases de datos y retroalimentarse con la actualización de la ontología asociada.

La herramienta que más se identifica en las publicaciones es Protegé, que incluye razonadores y un conjunto de plugins para la validación y actualización. Esta investigación es la base para continuar profundizando en el uso de ontologías que faciliten el mantenimiento de algunas bases de datos que se utilizan actualmente en el Cardiocentro de Santa Clara y que deben recibir mantenimiento y ajustes para comunicarse con sistemas más modernos y juntos puedan facilitar la toma de decisiones con relación a datos clínicos de pacientes cardiovasculares.

Bibliografía

1. Schreiber G. Chapter 25 Knowledge Engineering. En: Harmelen F van, Lifschitz V, Porter B, editores. Handbook of Knowledge Representation

⁶ <https://bioportal.bioontology.org/ontologies/HO>

[Internet]. Elsevier; 2008. p. 929-46. (Foundations of Artificial Intelligence; vol. 3). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574652607030258>

2. Dña. María José Baños Moreno. Propuesta de modelado de una ontología de dominio para la representación de acciones en política-economía [Tesis de Doctorado]. UNIVERSIDAD DE MURCIA; 2017.
3. Esmeralda Rivera, Gabriel Chavira, Angeles Ahumada, Carlos Ramírez, Margarita Zavala. Construcción y evaluación de un modelo ontológico nutricional. *Rev Iberoam Cienc.* 2018;
4. Yoan Antonio López Rodríguez, Yusniel Hidalgo Delgado, Nemury Silega Martínez. Método para la integración de ontologías en un sistema para la evaluación de créditos. *Rev Cuba Cienc Informáticas.* 2016;Vol. 10, No. 4, Octubre-Diciembre, 2016:97-111.
5. Rizwan Iqbal, Masrah Azrifah Azmi Murad, Aida Mustapha, Nurfadhlin Mohd Sharef. An analysis of ontology engineering methodologies: A literature review. *Res J Appl Sci Eng Technol.* 2013;(16):2993--3000.
6. Usha Yadav, Gagandeep Singh Narula, Neelam Duhan, Vishal Jain⁴ and B. K.Murthy. Development and Visualization of Domain Specific Ontology using Protege. *Indian J Sci Technol.* 2016;Vol 9(16).
7. Kitchenham BA, Budgen D, Brereton OP. Using mapping studies as the basis for further research – A participant-observer case study. *Inf Softw Technol.* 2011;53(6):638-51.
8. Petersen K, Feldt R, Mujtaba S, Mattsson M. Systematic Mapping Studies in Software Engineering. *EASE.* 2008;1-10.
9. Apisakmontri P, Nantajeewarawat E, Ikeda M, Buranarach M. An ontology-based framework for semantic reconciliation in humanitarian aid in Emergency information systems. *J Inf Process.* 2016;24(1):73-82.
10. Reyes-Lillo D. Integración semiautomática de tecnologías de la web semántica en bases de datos de patentes. *Palabra Clave.* 2018;8:7-8.
11. An J, Park YB. Methodology for Automatic Ontology Generation Using Database Schema Information. *Mob Inf Syst [Internet].* 2018;2018. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048152906&doi=10.1155%2f2018%2f1359174&partnerID=40&md5=acd07cfbf4015e95c33df449d7c73f97>
12. Peterson AT. What is XML Process Definition Language (XPDL) [Internet]. 2019 [citado 8 de enero de 2021]. Disponible en: <http://xpd.org/what-is-xml-process-definition-language-xpdl/>
13. Garrido P, Barrachina J, Martinez FJ, Seron FJ. Smart tourist information points by combining agents, semantics and AI techniques. *Comput Sci Inf Syst.* 2017;14(1):1-23.

14. Li L, Gao S, Liu Y, Qin X. Enhanced SPARQL-based design rationale retrieval. *Artif Intell Eng Des Anal Manuf AIEDAM*. 2016;30(4):406-23.
15. Yus R, Bobed C, Mena E. A Knowledge-Based Approach to Enhance Provision of Location-Based Services in Wireless Environments. *IEEE Access*. 2020;8:80030-48.
16. Soylu A, Giese M, Jimenez-Ruiz E, Kharlamov E, Zheleznyakov D, Horrocks I. Ontology-based end-user visual query formulation: Why, what, who, how, and which? *Univers Access Inf Soc*. 2017;16(2):435-67.
17. Liu Y, McBrien P. Transactional and incremental type inference from data updates. *Comput J*. 2017;60(3):347-68.
18. Munir K, Anjum MS. The use of ontologies for effective knowledge modelling and information retrieval. *Appl Comput Inform*. 2018;14(2):116-26.
19. Buranarach M, Supnithi T, Thein YM, Ruangrajitpakorn T, Rattanasawad T, Wongpatikaseree K, et al. OAM: An ontology application management framework for simplifying ontology-based semantic web application development. *Int J Softw Eng Knowl Eng*. 2016;26(1):115-45.
20. Hajji M, Qbadou M, Mansouri K. Onto2DB: Towards an eclipse plugin for automated database design from an ontology. *Int J Electr Comput Eng*. 2019;9(4):3298-306.
21. Gonzalez S, Clavijo B, Rivarola M, Moreno P, Fernandez P, Dopazo J, et al. ATGC transcriptomics: A web-based application to integrate, explore and analyze de novo transcriptomic data. *BMC Bioinformatics* [Internet]. 2017;18(1). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013403110&doi=10.1186%2fs12859-017-1494-2&partnerID=40&md5=459ed395d0d700fdeb6bd208a0c650a7>
22. Kharlamov E, Hovland D, Skjæveland MG, Bilidas D, Jiménez-Ruiz E, Xiao G, et al. Ontology Based Data Access in Statoil. *J Web Semant*. 2017;44:3-36.
23. Soylu A, Giese M, Schlatter R, Jimenez-Ruiz E, Kharlamov E, Özçep O, et al. Querying industrial stream-temporal data: An ontology-based visual approach. *J Ambient Intell Smart Environ*. 2017;9(1):77-95.
24. Blandón Andrade JC, Zapata Jaramillo CM. Una revisión de la literatura sobre población de ontologías. *Ing- Desarro*. 2018;36:259-84.
25. Castañeda Martínez A, Parker Leyva C, Fernández Pérez Y, López Rodríguez YA. Ontología de apoyo a las pruebas de software en la UCI. *Rev Cuba Cienc Informáticas*. 2018;12:222-35.

26. Cruz Segura Y, Silega Martínez N, Parra Fernández A. Método basado en ontología para representar decisiones de diseño. *Rev Cuba Cienc Informáticas*. 2018;12:147-51.
27. Amith M, He Z, Bian J, Lossio-Ventura JA, Tao C. Assessing the practice of biomedical ontology evaluation: Gaps and opportunities. *J Biomed Inform*. 2018;80:1-13.
28. Kim G, Lee D. Intelligent Health Diagnosis Technique Exploiting Automatic Ontology Generation and Web-Based Personal Health Record Services. *IEEE Access*. 2019;7:9419-44.
29. Kim J, Macieira TGR, Meyer SL, Ansell (Maggie) M, Bjarnadottir (Raga) RI, Smith MB, et al. Towards implementing SNOMED CT in nursing practice: A scoping review. *Int J Med Inf*. 2020;134:104035.