ONTOLOGÍAS: principios y aplicaciones en la bibliotecología

Adriana Suárez Sánchez

La presente obra está bajo una licencia de:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Este es un resumen legible por humanos (y no un sustituto) de la licencia. Advertencia.

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la la misma licencia del original.

Ontologías: principios y aplicaciones en la bibliotecología

COLECCIÓN
SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTAL
Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información

Ontologías: principios y aplicaciones en la bibliotecología

Adriana Suárez Sánchez

Universidad Nacional Autónoma de México
2022

Q387.4
S83

Suárez Sánchez, Adriana.
Ontologías : principios y aplicaciones en la bibliotecología / Adriana Suárez Sánchez. - México : UNAM. Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, 2022.
xi, 197 p. - (Sistematización de la información documental)
ISBN: 978-607-30-6446-0

Ontología (Recuperación de la información). 2. Organización del conocimiento. 3. Sistemas de almacenamiento y recuperación de información. I. Título. II. ser.

Diseño de cubierta: Mario Ocampo Chávez

Primera edición: 07 de septiembre de 2022
D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas
y de la Información
Circuito Interior s/n, Torre II de Humanidades,
pisos 11, 12 y 13, Ciudad Universitaria, C. P. 04510,
Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México

Esta edición y sus características son propiedad
de la Univesidad Nacional Autónoma de México.
Prohibida la reproducción total o parcial por
cualquier medio sin la autorización escrita
del titular de los derechos patrimoniales.

ISBN: 978-607-30-6446-0

Publicación dictaminada
Impreso y hecho en México

Contenido

Introducción vii

Ontologías: aspectos contextuales

Organización del conocimiento 3
Definición 3
Propósito y fundamentos 8
Ontologías y organización del conocimiento 11
Sistemas de organización del conocimiento y ontologías 13
Definición y tipología 13
Evolución histórica 16
Niveles semánticos en los sistemas de organización del conocimiento 23
De la ontología a las ontologías 30
Ontología como rama filosófica 30
Las ciencias computacionales gestan ontologías 33

Ontologías: principios

Definición 39
Tipología 51
Estructura 54
Metodología de construcción 59
Planeación 60
Determinación del dominio 63
Selección de conceptos 67
Estructuración de clases 74
Definición de instancias 81
Asentamiento de propiedades 85
Construcción de relaciones 86
Axiomas 94
Evaluación 94

Lenguajes de expresión, lenguajes de consulta y editores 97
Lenguaje de Marcado Extensible (XML, Extensible Markup Language) 98
Marco de Descripción de Recursos (RDF Resource Description Framework) 98
Lenguaje de Ontologías Web (OWL Web Ontology Language) 102
Sistema para la Organización del Conocimiento Simple (SKOS Simple Knowledge Organization System) 105
Protocolo SPARQL (Protocol and RDF Query Language) 108
Editores de ontologías 110

Ontologías: aplicaciones y tendencias

Aplicaciones 115
Representación de dominios de conocimiento 115
Indización de recursos de información 120
Web semántica 126
Sistemas de datos enlazados 134
Procesos de aprendizaje 139
Interoperabilidad de sistemas 141
Recuperación temática semántica 143
Tendencias actuales y futuras 147
La investigación sobre ontologías 147
Repositorios de ontologías 148
Reúso de ontologías 151
Procesos automatizados en el desarrollo de ontologías 152
Bibliotecólogos y ontologías 155

Conclusiones 157
Referencias bibliográficas 163
Índice de figuras 183
Anexo 1. Ontología de Fenómenos Naturales (OFN) 185

Introducción

La presente obra analiza las ontologías en el marco de los Sistemas de Organización del Conocimiento (SOC). Los SOC son todos los esquemas aplicables al arreglo sistemático del universo de saber y, en su desarrollo histórico, la ciencia bibliotecaria ha construido y empleado varias de estas herramientas, entre las que es posible mencionar las listas de temas, los encabezamientos de materia, las clasificaciones bibliográficas, los tesauros, las taxonomías, las folksonomías y las ontologías.

Las listas de temas emergieron en las bibliotecas de la Antigüedad, fueron muy usadas durante la Edad Media y actualmente siguen siendo aplicadas en la organización del conocimiento. Los encabezamientos de materia y las clasificaciones bibliográficas aparecieron entre 1880 y las primeras décadas del siglo XX, motivados por la imperante necesidad de contar con instrumentos para dar orden y estructura al universo de saber. Los tesauros y las taxonomías surgieron en la segunda parte del siglo XX debido a la especialización de la ciencia y la gestión del conocimiento en bases de datos. Por último, las folksonomías y las ontologías fueron motivadas por las tecnologías de la información y la organización del conocimiento en contextos web.

Las ontologías son parte de un conjunto de instrumentos derivados de las tecnologías de la información y comunicación que en las últimas décadas han incidido preponderantemente en la bibliotecología. Tal incidencia contempla los soportes de la información, las plataformas disponibles para la construcción de catálogos bibliotecarios, la biblioteca digital, los esquemas de metadatos y los sistemas de información orientados a contextos bibliotecológicos digitales. En gran medida, las ontologías constituyen una arista más de toda una revolución tecnológica que ha tenido presencia en el campo en los últimos tiempos.

Actualmente, las ontologías forman parte de los instrumentos que la disciplina bibliotecaria puede emplear para organizar el cúmulo de saber que el ser humano ha desarrollado. No obstante, en comparación con otros esquemas (encabezamientos de materia, tesauros), no se forjaron en el nicho bibliotecológico, sino que su surgimiento se asocia con dos disciplinas antecedentes: la filosofía y las ciencias computacionales.

Las raíces de las ontologías se anclan en la filosofía, asociadas a la Ontología —con mayúscula— que es la ciencia del ser en tanto ser. El concepto ontología —en minúscula— se adhiere a la ciencia filosófica y se aleja de ella. Se adhiere porque extrapola el significante a todas aquellas disciplinas que explicitan conocimiento sobre la realidad. Se aleja porque, a diferencia de la Ontología, que analiza los entes de la realidad, su naturaleza y la complejidad de su existencia, la ontología sólo se enfoca en la identificación y caracterización esquematizada de fragmentos del conocimiento.

Tras la extrapolación del vocablo fuera del campo filosófico, el segundo nicho en el que las ontologías tuvieron presencia fue el de las ciencias computacionales. A mediados de 1970, los informáticos emprendieron numerosas investigaciones cuyo objetivo fue identificar instrumentos tecnológicos que les permitieran explicitar conocimiento en agentes artificiales. Los expertos centraron su atención en la Ontología, que históricamente había sido considerada la ciencia de las existencias, y encontraron que ésta analizaba los entes, sus categorías, sus relaciones y sus rasgos universales y particulares para modelar la realidad. De la Ontología extrajeron

principios epistemológicos para la organización del conocimiento y diseñaron una herramienta a la que denominaron ontología.

Por mucho tiempo, las ontologías fueron asunto exclusivo de las ciencias computacionales; no obstante, hacia mediados de 1990 llamaron la atención del gremio bibliotecario debido a la diseminación de un conjunto de artículos académicos en los que autores como Gruber (1995); Borst, Akkermans y Top (1997); Vickery (1997); Hodge (2000), y Noy y McGuiness (2001) señalaron sus ventajas en el modelado y la gestión temática del conocimiento. Históricamente, la bibliotecología había desarrollado vocabularios controlados como listados de temas, encabezamientos de materia, clasificaciones bibliográficas y tesauros, y por casi un siglo tales instrumentos constituyeron un paradigma en la segmentación de las parcelas de conocimiento y el ordenamiento temático de los recursos de información albergados en las bibliotecas. Empero, pese a contar con sus propias estructuras, desde finales de la década de los noventa las ontologías se fueron introduciendo al campo y a inicios del presente milenio se formalizaron como un SOC más, compartiendo espacio con las estructuras tradicionales de la bibliotecología.

Desde hace más de dos décadas, las ontologías son un tema reiterado en la bibliotecología y los estudios de la información. La revista *Knowledge Organization* en cada uno de sus volúmenes incluye al menos un artículo sobre el tema; la *International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development* registra este año su doceava edición; la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos ha desarrollado su plataforma *Ontology for Library of Congress Classification*; un número considerable de revistas en español como *Scire: Representación y Organización del Conocimiento*; *Anales de Documentación*; *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información,* y *E-Ciencias de la Información* han publicado investigaciones relevantes al respecto y las disciplinas trabajan esforzadamente en la construcción de repositorios de ontologías como BioPortal y OBO Foundry.

En la actualidad las ontologías son sistemas con alto potencial semántico en la representación, organización y recuperación del conocimiento debido a los elementos conceptuales, categorizadores,

atributivos y relacionales que las caracterizan. Son herramientas explicitadoras del saber, cuya relevancia de investigación reside al menos en tres aspectos: el tratamiento terminológico-conceptual que ha caracterizado los lenguajes documentales, las posibilidades de organización del conocimiento en espacios digitales que se adhieren a la web semántica y la construcción de grafos asociados a nuevas formas para la explicitación y ordenamiento categorial del universo intelectual en sistemas.

Aunque desde principios del milenio las ontologías cuentan numerosos estudios teóricos y aplicados, en algunas regiones, incluyendo México, aún persiste un alto grado de desconocimiento y confusión sobre el tema. A partir de lo señalado anteriormente, este libro tiene por objetivo analizar las ontologías desde una perspectiva bibliotecológica que considere su contextualización, sus principios y sus aplicaciones. Sobre el tema es necesario señalar que para los bibliotecólogos es imperioso saber que las ontologías son una explicitación de una conceptualización en sistemas computacionales, pero también es necesario contar con trabajos que analicen los instrumentos desde la perspectiva de nuestro campo de estudio.

De manera general, esta obra pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Qué son las ontologías? ¿Qué tipología comprenden? ¿Cuáles son sus elementos formantes? ¿Qué metodología se debe seguir en su construcción? ¿Cuál es la relación entre ontologías y sistemas de organización del conocimiento? y ¿qué aplicaciones pueden tener en la disciplina bibliotecaria?

Para lograr el objetivo establecido y dar respuesta a las preguntas de investigación, el presente libro ha sido estructurado en tres capítulos:

- En el capítulo uno se revisan los aspectos contextuales de las ontologías. Se analiza su vinculación con la organización del conocimiento, los sistemas de organización del conocimiento, su potencialidad de expresión semántica y su asociación con la filosofía y las ciencias computacionales, disciplinas en las que han tenido presencia, antes de insertarse en el ámbito bibliotecario.

- En el capítulo dos se analizan los principios de las ontologías. Se examina su definición, su tipología, la estructura prototípica de las ontologías, se propone una metodología de construcción y se revisan los lenguajes de consulta, expresión y editores necesarios para planear y diseñar ontologías.
- En el capítulo tres se exponen las aplicaciones que las ontologías ofrecen en la bibliotecología; entre ellas se revisan la organización de dominios de conocimiento, la indización de recursos de información, su función como pilares de la web semántica y de sistemas de datos enlazados, la generación de conocimiento entre usuarios, la interoperabilidad de sistemas y la recuperación semántica.

Como puede apreciarse, esta obra es el resultado de un interés particular por difundir entre la comunidad bibliotecaria el tema de las ontologías. Todos hablamos de ontologías, pero pocos son los que realmente comprenden su esencia, sus características y la utilidad que pueden tener. Para quienes nos hemos adentrado en el mundo de las ontologías, la experiencia nos ha mostrado que pueden actuar de forma similar a los lenguajes documentales a la vez que se integran en un contexto más amplio y actual que promete abundantes frutos en la representación, organización y recuperación del conocimiento.

Finalmente, este libro está dirigido a todos los bibliotecólogos que, como yo, comparten un gusto particular por la organización del conocimiento. Considerando lo anterior, los temas expuestos en la obra, en todo momento, son explicados de manera sencilla y clara, para que tanto los profesionales como los alumnos en formación puedan comprender adecuadamente cada uno de los temas. El fin último del libro es mostrar las ventajas de las ontologías, para que el lector atrevido y bien documentado esté en posibilidades de emprender proyectos aplicados en contextos bibliotecólogos digitales.

Ontologías:
aspectos contextuales

ORGANIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Definición

La bibliotecología es una ciencia que integra diversas áreas temáticas: normalización y estándares, organización del conocimiento, usuarios de la información, lenguajes documentales, educación bibliotecológica, lectura, bibliometría, etcétera. Analizar las ontologías en este campo implica contextualizarlas en el área de la organización del conocimiento y la información, en la que son consideradas sistemas para la explicitación formal del conocimiento con rasgos terminológicos, conceptuales, categoriales, atributivos y relacionales.

En nuestra área disciplinar, en discurrir cotidiano, es común asistir a ponencias o encontrar artículos sobre la organización del conocimiento (Knowledge Organization-KO). Incluso, contamos con una asociación profesional denominada Sociedad Internacional para la Organización del Conocimiento (International Society for Knowledge Organization-ISKO), que desde 1989 se consolidó internacionalmente y, actualmente, es una organización

multidisciplinar en la que confluyen expertos de las ciencias de la información, la informática, la lingüística, la filosofía, la bibliotecología, la archivología, la museología y otras áreas.

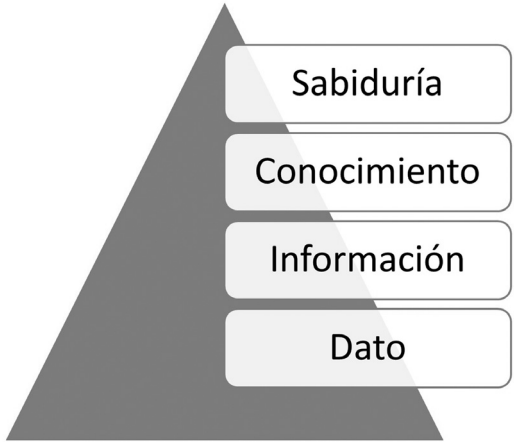
La organización del conocimiento se vuelve cada vez más un término común, pero ¿qué es la organización del conocimiento? Bates (2010) afirma que el vocablo cuenta con amplio uso en la bibliotecología; no obstante, su denominación siempre implica reflexión y discusión.

La *organización* es la acción y efecto de ordenar, considerando una disposición y arreglo. Al ser una disposición, prepara o coloca las cosas de cierto modo y, dado que dispone, arregla algo de modo conveniente. En la actividad subyacen dos aspectos: uno de utilidad, en un contexto determinado; y otro normativo, establecido previamente por un sujeto, una comunidad, una institución, etcétera.

En lo que a *conocimiento* atañe, es ese "algo" que se intenta organizar. Al respecto, Pérez Montoro (2004) indica que, en las ciencias documentales, la noción de conocimiento considera dos tendencias: la perspectiva epistemológica y la perspectiva informacional. Desde la perspectiva epistemológica, el conocimiento es un estado cognitivo, un proceso en virtud del cual la realidad se refleja y reproduce en el pensamiento humano (Zagzebski 2017). Desde la perspectiva informacional, el conocimiento es un estado mental proveniente de la asimilación de información. Se forma de un conjunto de saber que el sujeto alberga en la mente, a la vez que puede evidenciarse o hacerse tangible en fragmentos cognitivos que el sujeto comparte con otros miembros de su comunidad, haciendo uso del lenguaje y el registro del saber en recursos de información (libros, revistas, videos, etcétera).

Para Rowley y Hartley (2008), el conocimiento se inscribe en una cadena cognitiva amplia que se origina en el dato y asciende hasta la consolidación del saber en su sentido más general (Figura 1):

Figura 1. Jerarquía dato-información-conocimiento-sabiduría



Fuente: elaboración propia, con información de Rowley y Hartley (2008).

- *Dato* es una representación que simboliza alguna propiedad de un objeto, evento, cosa, etcétera. Es una unidad mínima que carece de significado cuando está aislado y sólo obtiene valor a la luz de un contexto en el que se inserta.
- *Información* son datos estructurados que han sido procesados en un contexto específico que les proporciona significado, valor, uso o relevancia. Constituye un mensaje con posibilidad de cambiar el estado de conocimiento del sujeto. La información es el sustituto físico del conocimiento y su razón de ser se desvanece si la alejamos de su función social, que consiste en mejorar la calidad de vida de los seres humanos y desarrollar el pensamiento crítico (Farradane 1979).
- *Conocimiento* se construye mediante la asimilación de información, implica la síntesis de la información, el asentamiento de ideas, la experiencia, el procesamiento del entendimiento y la integración de la información en un marco de conocimiento individual o grupal.

- *Sabiduría* es la habilidad de usar el conocimiento y la experiencia en diversos ámbitos en los que ser humano se desenvuelve. Puede aplicarse en la forma de actuar, la toma de decisiones, las relaciones humanas, los ámbitos académicos, etcétera.

En la práctica, el conocimiento es conceptualizado de múltiples formas. Primero, es considerado un proceso cognitivo (neuronal) que opera en el cerebro humano, el cual les permite a los sujetos asimilar nueva información. Segundo, el vocablo es usado para referirnos a las representaciones de esa información asimilada por las personas que son manifestadas en algún tipo de expresión (habla, textos, artículos, libros, etc.). Por último, la tercera connotación hace referencia a la naturaleza diversa del conocimiento científico y al conocimiento subjetivo o la interpretación que las personas hacen de la información recibida culturalmente (Bonome 2012).

Según Collins (2010), el conocimiento puede ser tácito o explícito. El conocimiento tácito es una experiencia personal, mientras que el conocimiento explícito, de interés para las ciencias de la información, se exterioriza. Peña Vera (2011) coincide con esta idea al señalar que el conocimiento explícito es aquel que ha sido materializado mediante su registro en algún soporte y por tanto puede ser socializado para producir nuevo conocimiento, reflexionar, evaluar, generar propuestas y dar soluciones.

La noción de conocimiento explícito se corresponde con el conocimiento objetivo planteado por Karl Popper en sus obras *La lógica de la investigación científica* (2008) y *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista* (2007). De acuerdo con el autor, el conocimiento está en la mente humana pero no permanece ahí. Si lo hiciera, el ser humano no sería lo que es hoy en día. En su forma explícita, el conocimiento se manifiesta en teorías, conjeturas y suposiciones. Por demás, se hace concreto en códigos lingüísticos registrados en un universo de saber tangible formado por libros, artículos, videos, audios, recursos multimedia, etcétera.

Una vez revisada la denominación de conocimiento, resulta necesario volver a nuestro término “organización del conocimiento”.

Al respecto es importante señalar que en la bibliotecología el vocablo se ha consolidado como una materia esencial en la formación de los bibliotecólogos; no obstante, es común escuchar entre los detractores del término que el conocimiento no se puede organizar porque se encuentra en la mente de las personas.

Ante aseveraciones de tal índole, es necesario aclarar dos aspectos. Primero, que el término organización del conocimiento es un constructo conceptual, esto es, una unidad léxica empleada por una comunidad de usuarios en un contexto particular y con propósitos específicos. Segundo, que la organización del conocimiento guarda relación con el conocimiento explícito, ese que se encuentra registrado en algún soporte o se verbaliza y, desde este punto de vista, es una entidad concreta que puede ser organizada.

Sobre la denominación, Ingetraut Dahlberg, miembro fundador de la ISKO, señala que el vocablo 'organización del conocimiento' tiene su origen en dos obras de Bliss: *The organization of the science and the system of the sciences* (1929) y *The organization of knowledge in libraries and the subject approach to books* (1939), que fueron la piedra angular en la constitución y denominación de la Sociedad Internacional para la Organización del Conocimiento.

Desde sus orígenes, la organización del conocimiento fue conceptualizada como un campo disciplinar fundamental en un momento de transición entre la teoría clasificatoria, que enarboló la Sociedad de Clasificación, y el ordenamiento del saber en contextos digitales y el ciberespacio que en las últimas décadas ha caracterizado a la bibliotecología y las ciencias de la información.

Siguiendo las palabras de Dahlbeg (2006, 12), en la organización del conocimiento "el objeto y su área de actividad están como sujeto y predicado; es decir, 'conocimiento' en el sentido de lo 'conocido o el saber' y 'organización' en el sentido de la actividad de construir algo según un plan".

En definitiva, la organización del conocimiento es a la vez un dominio y una actividad. En un sentido reducido, "refiere a tareas como la descripción, la indización y la clasificación de documentos llevadas a cabo en bibliotecas, bases de datos bibliográficos, archivos y otros tipos de 'instituciones de memoria'" (Hjørland 2008,

86). Mientras que, en un sentido amplio, remite a la división socialmente aceptada del quehacer intelectual, es decir, esa esquematización del universo de saber que, de modo subjetivo, realizan las universidades, las disciplinas, la sociedad, los medios de comunicación, etcétera.

Propósito y fundamentos

La organización del conocimiento es una labor esencial de las ciencias de la bibliotecología. Su trascendencia radica en que el conocimiento está *ahí*, en la mente humana y en fragmentos de información registrados en recursos, pero que con fines de comunicación requiere explicitarse en sistemas que lo determinen. En tal sentido, entraña tres grandes funciones:

- *Función epistemológica*: organizamos el conocimiento para darle sentido a lo existente.
- *Función cognitivo-social*: la organización del conocimiento responde a un fin cultural. Los seres humanos se mueven en "redes sistémicas de interacción en las que es preciso articular informaciones y conocimientos" (Peña Vera 2011, 15) y para ello es necesario contar con una disposición que posibilite acceder al universo intelectual de modo sencillo, rápido y preciso.
- *Función recuperadora*: la organización del conocimiento es necesaria en todo intento posterior de obtener información de forma precisa y efectiva.

Como dominio, la organización del conocimiento detenta dos propósitos:

- Analizar el conocimiento en sus diversas manifestaciones: como elemento de saber, en relación con el lenguaje y como pilar para la creación del conocimiento explícito en declaraciones, textos u otros recursos.

- Construir sistemas de organización del conocimiento: son estructuras formadas por nomenclaturas de conceptos, clases y relaciones que permiten esquematizar el universo intelectual que los individuos, las instituciones y la sociedad poseen. Entre tales instrumentos se encuentran los encabezamientos de materia, los tesauros, las ontologías y otros esquemas.

Hasta principios del milenio, la organización del conocimiento se orientaba principalmente a las actividades que las bibliotecas y otros centros documentales realizaban para ordenar sus recursos de información. Sin embargo, actualmente es un campo de interés para todas aquellas disciplinas en las que se organiza información en agentes computacionales, se construyen esquemas del universo intelectual y se desarrollan teorías relacionadas.

Tanto en la estructuración del saber, como en la construcción de sistemas de organización del conocimiento, entre los que se incluyen las ontologías, la organización del conocimiento se afianza en varios postulados teóricos (Hjørland 2008):

- Acercamiento tradicional: contempla las últimas décadas del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XX, periodo caracterizado por las teorías bibliotecológicas sobre el control bibliográfico y el empleo dominante de sistemas como encabezamientos de materia, clasificaciones bibliográficas y tesauros, capaces de representar el universo de conocimiento y ordenar temáticamente recursos de información.
- Análisis facetado: considera los preceptos establecidos por Ranganathan sobre la representación de tópicos de conocimiento, considerando las facetas que un tema puede tener. Según esta teoría, un tema puede descomponerse según sus atributos: personalidad, espacio, materia, energía y tiempo.
- Recuperación de información: la organización del conocimiento y la recuperación de información tienen un fin común: permitir a los usuarios encontrar información relevante. Hacia mitad del siglo XX, la recuperación de la información

cobró gran relevancia debido a la inserción de agentes tecnológicos como mediadores entre el usuario y las colecciones de las bibliotecas.

- Perspectiva del usuario: durante mucho tiempo, la organización del conocimiento tuvo un marcado enfoque bibliográfico; no obstante, desde 1970 los creadores de clasificaciones, los indizadores de recursos y los desarrolladores de sistemas se interesaron en las necesidades del usuario. Tal hecho permitió la creación de sistemas terminológicamente inclusivos adaptados a comunidades específicas.
- Aproximaciones bibliométricas: consideran la construcción de mapas bibliométricos sobre el universo de conocimiento, ya sea mediante la identificación de temas relevantes, la producción científica o la citación. El enfoque bibliométrico también ha contribuido en la construcción de sistemas de organización del conocimiento, especialmente en el diseño de tesauros, al servir como técnica para la detección de la terminología de áreas, por ejemplo: botánica, neurología, genética, historia del arte, psicología, etcétera.
- Análisis de dominio: enfoque de la organización del conocimiento que apareció a principios de la década de 1990. Señala que las representaciones del conocimiento nunca son neutrales, sino que reflejan las necesidades de un grupo de usuarios y responden a un propósito específico. Se fundamenta en la teoría de análisis de dominio.

A partir de su desarrollo histórico, la organización del conocimiento es un campo en el que el arreglo coherente y sistemático del universo de saber es el paradigma principal de la investigación científica y del desarrollo de sistemas. Estos dos extremos se entrelazan y existe una relación indisoluble entre las teorías involucradas en la organización del conocimiento y los sistemas de organización del conocimiento, entre los que es posible mencionar las clasificaciones, las taxonomías, los tesauros y las ontologías.

Ontologías y organización del conocimiento

Como actividad, la organización del conocimiento es una tarea que los bibliotecólogos llevan a cabo en las unidades de información (archivos, museos, bibliotecas, bases de datos, bibliotecas digitales, repositorios). Tal actividad considera la ejecución de procesos y el empleo de sistemas de organización del conocimiento que apoyan la tarea. El análisis temático, la clasificación y la indización constituyen los procesos, mientras que los encabezamientos de materia, las clasificaciones bibliográficas, los tesauros, las taxonomías y las ontologías son los sistemas auxiliares de la actividad.

En la bibliotecología, los sistemas para la organización del conocimiento cuentan con una larga tradición. Tras la instauración de la disciplina bibliotecaria en el siglo XIX, autores como Melvin Dewey (1851-1931) y Charles A. Cutter (1837-1903) promovieron el diseño de estructuras conceptuales que compendiaran de manera lógica y coherente las parcelas que configuran el universo de saber humano. Consecuentemente, durante las últimas décadas del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX emergieron los grandes sistemas de organización del conocimiento, gestados en el seno de la bibliotecología: Sistema de Clasificación Decimal Dewey, Clasificación de la Biblioteca del Congreso, Clasificación Decimal Universal y Lista de Encabezamientos de Materia de la Biblioteca del Congreso.

Por décadas, las bibliotecas emplearon tales herramientas en la organización temática de los recursos de información; empero, las últimas décadas del siglo XX, caracterizadas por un creciente avance tecnológico, trajeron consigo nuevos (o renovados) instrumentos. Vickery (2008) establece que en el desarrollo de la ciencia bibliotecaria los índices de los libros fueron las formas más básicas de los sistemas de organización del conocimiento. Sin embargo, al paso del tiempo, los sistemas se han hecho más y más complejos, a la vez que han asumido nuevas funciones, lo que ha generado la aparición de nuevas denominaciones como clasificaciones, encabezamientos de materia, tesauros, taxonomías y ontologías.

Las ontologías son una denominación reciente referida a un lenguaje documental enfocado en contextos digitales y el ciberespacio. Forman parte de un modelo reciente de la representación del conocimiento, definido como paradigma hombre-máquina, que contempla la mediación de agentes computacionales en la representación, organización y recuperación de la información.

Como sistemas de organización del conocimiento, las ontologías son una explicitación de una conceptualización, un catálogo del mundo, una estructura jerárquica, una terminología y un listado de objetos. En síntesis, son modelos cognitivos sobre una realidad que se intenta hacer asequible y comunicable entre humanos y agentes computacionales.

Ahora bien, en la bibliotecología persiste un cuestionamiento constante respecto a la función de las ontologías. De antemano se supone que, como sistemas para la organización del conocimiento, posibilitan simbolizar, ordenar y buscar información. Sin embargo, esta función, que en esencia es muy clara, se torna confusa cuando algunos autores establecen que las ontologías son vocabularios controlados mientras que otros asumen que son bases de conocimiento relacionales.

Al respecto, Stuart (2016) señala que las ontologías son ambas cosas. Esto implica que, por una parte, pueden ser útiles en la indización temática de los recursos de información, con una función similar a la de los vocabularios controlados y, al mismo tiempo, pueden ser usadas como bases de conocimiento que favorecen el razonamiento de los sistemas computacionales. En el mismo tono, el World Wide Web Consortium (2012) señala que no existe una división tajante entre la función de las ontologías como vocabularios controlados y como bases de conocimiento.

Bajo el rubro de explicitaciones del universo de conocimiento, las ontologías operan como un vocabulario controlado o lenguaje documental. "Se asemejan a las clasificaciones y a los tesauros, en tanto que definen conceptos y relaciones de modo sistemático, pero a la vez son más complejas, debido a su capacidad para definir la semántica y relaciones explícitas de manera comprensible para los agentes computacionales" (Suman 2014, 50). Este tipo de ontologías,

generalmente en forma de ontologías terminológicas y ontologías ligeras, son útiles para la bibliotecológica porque ordenan temáticamente áreas de saber generales (medicina, derecho) o específicas (cardiología, derecho penal) y se extrapolan al consecuente arreglo temático de los recursos de información que tales campos generan.

Como bases de conocimiento, las ontologías son representaciones de porciones de saber, modelan fragmentos cognitivos de una persona, comunidad o institución. En tal función, se asemejan a mapas conceptuales comprensibles para las máquinas. Este tipo de ontologías, generalmente en forma de ontologías modeladoras y ontologías axiomatizadas, es útil para la bibliotecología porque posibilita el razonamiento de las computadoras tanto en funciones de recuperación de información, como en la construcción de la web semántica o la explicitación de procesos que un agente artificial debe realizar.

SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y ONTOLOGÍAS

Definición y tipología

Como se mencionó en el apartado anterior, una actividad esencial de la organización del conocimiento es la creación de sistemas de organización del conocimiento, que son todas aquellas estructuras para organizar la información y promover la gestión del universo intelectual (Hodge 2000). Los SOC poseen tres grandes funciones: estructurar de manera lógica y coherente las parcelas o nichos de conocimiento que la humanidad ha desarrollado en su devenir histórico, explicitar en modelos la estructura terminológica y categorial del conocimiento y arreglar temáticamente recursos de información en centros documentales y de información.

La denominación *sistemas de organización del conocimiento* ha sido ampliamente asignada a un conjunto de instrumentos como encabezamientos de materia, tesauros, ontologías, mapas tópicos, anillos de sinónimos, registros de autoridades, taxonomías,

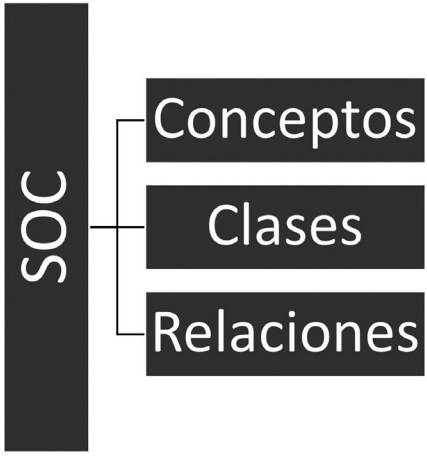
folksonomías, etcétera. Empero, en asociación con algunos autores y corrientes bibliotecológicas específicas, el vocablo confluye con otras denominaciones. A tales herramientas, Abbas (2010, 3) las llama *estructuras para la organización del conocimiento*; Curras (2005, 34) las considera *lenguajes documentales*; Wright (2008, 1) prefiere el término *recursos para la representación del conocimiento*; Bath (2013, 38) opta el vocablo *herramientas para la organización del conocimiento,* mientras que la Sociedad Internacional para la Organización del Conocimiento (2021) se ha declinado por el término *sistemas de organización del conocimiento*.

Pese a sus variadas denominaciones, el consenso común asume que los sistemas para la organización del conocimiento se mantienen anclados entre lo intangible y lo tangible; de ahí que frecuentemente estén asociados con el conocimiento y la información:

- Desde la parte epistemológica, cuando se construyen son diseñados con una visión teórica y estandarizada del universo de saber en la mente (Abbas 2010). Tras la acción representadora, se descubre una naturaleza humana que al no poder abarcar los objetos o el conocimiento tal como existen en la realidad, trata de reducir lo heterogéneo y confuso a claras unidades del intelecto.
- Desde la parte pragmática, su relación con el conocimiento explícito y la información se observa en las aplicaciones que pueden tener; es decir, su relación directa con el arreglo de la información documental (Taylor y Joudrey 2009) y su posterior recuperación.

A partir de su estructura, los sistemas de organización del conocimiento son un conjunto de herramientas con características comunes y diferenciadoras. Entre las características comunes que los SOC comparten, es posible mencionar su composición, cimentada en conceptos, clases y relaciones (Figura 2):

Figura 2. Estructura básica de los sistemas de organización del conocimiento



Fuente: elaboración propia, 2021.

Sobre tales nociones, los conceptos son ideas, expresadas en palabras, que forman el entendimiento (Ferrater 1944), representan, diferencian y definen las entidades de un campo, lo que posibilita, por un lado, su existencia y, por otro, la comunicación intrínseca y extrínseca del área. Las clases consisten en el ordenamiento que les es asignado a las personas, los objetos o los conceptos, considerando sus características. Mientras que las relaciones son asociaciones entre los elementos conceptuales.

En cuanto a sus características diferenciadoras, los sistemas para la organización del conocimiento han sido divididos en tres grupos:

- *Listados de términos* (archivos de autoridad, glosarios, diccionarios y diccionarios geográficos): se componen de conceptos ordenados alfabéticamente y, algunas veces, integran su definición.
- *Clasificaciones y categorizaciones* (encabezamientos de materias, clasificaciones bibliográficas, taxonomías y esquemas

de categorización): para modelar un dominio de conocimiento integran conceptos, clases y, algunas veces, relaciones jerárquicas.

- *Listas de relación* (tesauros, redes semánticas y ontologías): en la explicitación de los campos de conocimiento contemplan conceptos, clases y relaciones jerárquicas y asociativas.

Entre tales categorizaciones de los sistemas de organización del conocimiento, las ontologías se insertan en el último grupo, formado por listas de relación, y se caracterizan por ser herramientas terminológicas, conceptuales, categorizadoras, atributivas y relacionales que superan en complejidad estructural a los sistemas incluidos en los grupos anteriores.

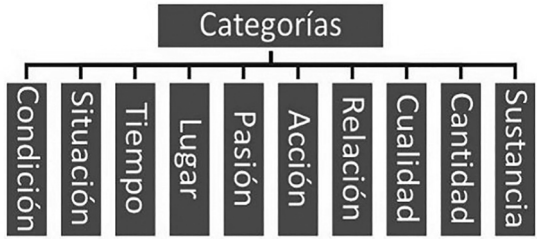
Evolución histórica

Los sistemas de organización del conocimiento son tan antiguos como las unidades de información mismas y su desarrollo constituye un largo proceso que contempla desde rudimentarias listas de temas, hasta complejas ontologías.

En la gestación de los SOC la filosofía tuvo un rol central. Como señala San Segundo Manuel (1996), en las doctrinas de los filósofos se encuentra el embrión de la concepción del mundo posterior y el principio de la clasificación de los conocimientos y coordinación de las ciencias.

A la luz de la filosofía, un pensador que contribuyó indirectamente en la formación de las estructuras organizadoras del conocimiento fue Aristóteles (384 a.C-322 a.C). En *Historia Animalium* (2002) determinó la importancia de las propiedades de los entes y su influencia en la construcción de categorías que los agruparan en conglomerados comunes. Por demás, en su obra *Categorías* (2009), el filósofo griego propuso una clasificación de los predicamentos o modos del ser que concretó en diez clases (Figura 3):

Figura 3. Categorías de Aristóteles



Fuente: elaboración propia con información de Aristóteles (2009).

Siglos después, Plinio el Viejo (23-79 d.C.) escribió *Naturalis historia* (2001), una obra enciclopédica formada por 36 libros y un índice para facilitar su acceso. Tal índice es de suma importancia en el desarrollo histórico de los sistemas de organización del conocimiento, en tanto que fundamenta el saber humano en diez clases (Figura 4):

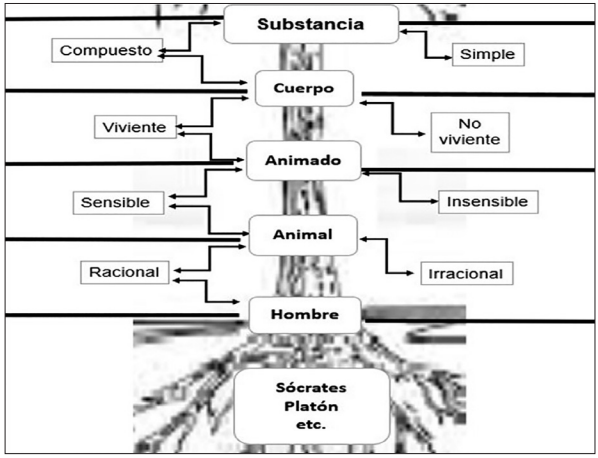
Figura 4. Índice de *Naturalis historia*

1. Cosmos	6. Botánica-Medicina
2. Geografía	7. Zoología-Medicina
3. Antropología	8. Minerales
4. Zoología	9. Arquitectura
5. Botánica	10. Artes

Fuente: elaboración propia con información de Plinio el Viejo (2001).

Otro pensador que contribuyó indirectamente en la organización del saber y la formación de los SOC fue Porfirio (232-304 d.C.). En su obra *Isagoge* (2003), el filósofo neoplatónico formuló una división de los entes bajo principios jerárquicos y dicotómicos. El esquema resultante fue una taxonomía derivativa, conocida como el árbol de Porfirio, en el que las clases son motivadas por la inclusión o exclusión de las entidades en conjuntos (Figura 5):

Figura 5. Árbol de Porfirio



Fuente: elaboración propia con información de Porfirio (2003).

Isidoro de Sevilla (570-636) es otro de los pensadores que merece especial atención. En su obra *Etymologiae* (2006) reúne y sistematiza una porción significativa del saber relevante en su época y lo ordena en un índice temático formado por veinte nodos (Figura 6):

Figura 6. Nodos del saber en *Etymologiae*

1. Acerca de la gramática	11. Acerca del hombre y los seres prodigiosos
2. Acerca de la retórica y la dialéctica	12. Acerca de los animales
3. Acerca de las matemáticas	13. Acerca del mundo y sus partes
4. Acerca de la medicina	14. Acerca de la tierra y sus partes
5. Acerca de las leyes y los tiempos	15. Acerca de los edificios y campos
6. Acerca de los libros y oficios eclesiásticos	16. Acerca de las piedras y los metales
7. Acerca de Dios, los ángeles y los fieles	17. Acerca de la agricultura
8. Acerca de la Iglesia y las sectas	18. Acerca de la guerra y los juegos
9. Acerca de las lenguas, los pueblos, los reinos, la milicia, las ciudades y los parentescos	19. Acerca de las naves edificios
10. Acerca de las palabras	20. Acerca de los vestidos, las provisiones, los utensilios domésticos y rústicos.

Fuente: elaboración propia con información de Isidoro de Sevilla (2006).

Durante la Edad Media, la organización del conocimiento tuvo gran trascendencia en la vida académica, donde predominaron en número e importancia los estudios relacionados con el *Trivium* (gramática, lógica y retórica) y el *Quadrivium* (aritmética, geometría, música y astronomía). Aunque en ese momento las bibliotecas eran pequeñas, Taylor y Joudrey (2009) señalan que contenían en promedio 500 o 700 manuscritos; los encargados de su gestión construyeron listas de temas como formas de inventario y búsqueda de los recursos.

En ese periodo, un pensador que reflexionó constantemente sobre la división del conocimiento y la educación fue Francis Bacon, quien propuso la división temática del saber en tres categorías fundamentales (Figura 7):

Figura 7. División del conocimiento de Francis Bacon

Fuente: elaboración propia con información de Francis Bacon (1984).

Iniciado el siglo XVI, la filosofía renacentista centró su mirada en el hombre, a la vez que fue una etapa en la que emergieron nuevas ciencias. Como reflejo de esta coyuntura histórica, las bibliotecas se consolidaron en el ámbito académico y se vincularon con la información requerida en los espacios educativos. De igual forma, la producción de recursos de información (libros y revistas) aumentó, lo que consolidó parcelas de saber bien documentadas. Justo entonces, la esquematización del conocimiento entró en una nueva etapa. Frängsmyr argumenta que "en la Europa de los siglos

XVI y principios del XVII, la idea de estructurar el conocimiento fue más que una metáfora, expresó un deseo literal de dar al mundo de las ideas un contexto físico concreto" (2001, 7).

Tiempo después, hacia mediados del siglo XVII, se registró un hecho de suma importancia en el marco de la organización del conocimiento: la sistematización denominativa y jerárquica de las ciencias naturales. Carlos Linneo (1707-1778), naturalista sueco, construyó una taxonomía de las entidades biológicas fundamentada en principios categorizadores y una nomenclatura específica (reino, filo, clase, orden, familia, género y especie). Tal hecho implicó la consolidación de los principios categorizadores y la denominación normalizada de entidades de la realidad que, posteriormente, se convertirán en una tendencia sistematizadora de otras disciplinas.

Durante el siglo XVIII, observamos otro trabajo intelectual que contribuyó en la organización del conocimiento: la *Encyclopaedia*, obra francesa que incluyó más de 70,000 entradas temáticas, redactadas por reconocidos intelectuales. La organización del conocimiento en la enciclopedia tuvo un fin trascendental. Diderot señaló que su propósito era reunir el conocimiento que predominaban en la sociedad y difundirlo en su tiempo y los tiempos posteriores.

Como todo sistema de organización del conocimiento, la estructuración del saber contenido en la enciclopedia francesa fue un asunto ampliamente discutido entre sus colaboradores. Diderot en su obra *Prospectus* había dividido las ciencias en artes liberales y artes mecánicas; mientras que D'Alembert, en su *Discurso preliminar*, se manifestaba a favor de retomar la esquematización de Francis Bacon, basada en tres categorías: historia, filosofía y obras de la imaginación, dando prioridad al entendimiento del hombre y no a las disciplinas existentes. Finalmente, aunque la enciclopedia emergió asociada a postulados filosóficos, económicos y políticos, en términos de ordenamiento del saber, implicó el inventario y la esquematización de las ciencias de su tiempo.

Tiempo después, durante el siglo XX, otra contribución relevante en el desarrollo de los sistemas para la organización del conocimiento procedió de las ciencias cognitivas, un campo interdisciplinario que estudiaba la mente humana y sus procesos.

En tal campo George Lakoff analizó la categorización como premisa de la organización del conocimiento humano. Según Lakoff (1987), las categorías agrupan las cosas en conjuntos caracterizados por similitudes o propiedades y, cuando el humano se mueve a través del mundo, automáticamente categoriza gente, animales, objetos, cosas, etcétera. Sus estudios evidenciaron que la categorización es fundamental en cualquier comprensión de cómo pensamos y funcionamos y, de igual forma, es esencial para entender eso que nos hace humanos. En gran medida, la categorización constituye un reflejo o representación del mundo que las personas, las comunidades y la sociedad poseen.

Hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el quehacer bibliotecario se transformó en la profesión de hombres y mujeres comprometidos con la organización del conocimiento. Como resultado, la sistematización del saber humano tuvo un gran avance a la luz de la bibliotecología (Abbas 2010). En 1876 Melvin Dewey desarrolló el Sistema de Clasificación Decimal Dewey (CDD). En 1897 la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos publicó la primera versión de la *Clasificación de la Biblioteca del Congreso* (LCC). Un año después, en 1898, apareció la primera edición de los *Encabezamientos de Materia de la Biblioteca del Congreso* (LCSH). En 1904 se concretó la Clasificación Decimal Universal (CDU) y en 1933 apareció Colon Classification (CC).

Las herramientas antes mencionadas se erigieron como los sistemas de organización del conocimiento formales que, una vez surgidos en el seno de la bibliotecología, de manera vertiginosa se instauraron como los auxiliares idóneos para la esquematización del saber. Derivado de ello, rápidamente se expandieron a un número considerable de bibliotecas locales, nacionales e internacionales, así como a otros ámbitos en los que también se llevaban a cabo procesos ordenadores: archivos, museos, centros documentales, etcétera.

Hasta 1980 los sistemas antes mencionados fueron herramientas paradigmáticas asociadas a la organización del conocimiento. Pero, justo entonces, el abanico de los SOC se amplió debido a la emergencia de numerosas tecnologías de la información y de

la comunicación. Remito a Chowdhury y Chowdhury (2007), quienes argumentan que, con la introducción de la web y las bibliotecas digitales, el mundo de la información cambió de manera dramática en términos de volumen, variedad, formato, naturaleza y complejidad de recursos de información. Tal hecho motivó la aparición de nuevas herramientas y estándares para organizar el conocimiento, en concordancia con nuevos tipos de recursos, renovados espacios de la biblioteca en la web y apremiantes necesidades de recuperación de información en contextos digitales.

En este periodo, un segundo fenómeno que también incidió en la renovación de los sistemas para la organización del conocimiento fue la necesidad de organizar el universo de conocimiento de manera comprensible para los humanos y para los agentes artificiales. Originalmente los SOC fueron diseñados para estructurar la información documental de manera que fuese comprendida por los humanos. Pero, al mismo tiempo, en la era digital se hizo necesario estructurar la información en agentes tecnológicos, es decir, de manera lógica y coherente para que un sistema recuperador estuviera en posibilidad de responder a las solicitudes de los usuarios. Bajo esta nueva tendencia, el sistema recuperador se convirtió en un elemento mediador entre el usuario y las colecciones de la biblioteca.

Las tecnologías de la información y la comunicación transformaron el panorama de la organización del conocimiento en sus recursos, la forma de organizarlos y las herramientas asociadas a dicha actividad. Debido a ello, "un número significativo de SOC convencionales (tesauros, clasificaciones, taxonomías) fueron transformados para acomodarse a la web semántica" (Golub, Schmiede y Tudhope 2019, 1) y, a la vez, surgieron otros instrumentos como folksonomías y ontologías.

Keyser (2012) coincide al respecto cuando asume que por más de una centuria las bibliotecas habían estado trabajando con clasificaciones, encabezamientos de materia y tesauros, pero en la década de 1980 y 1990 nuevos instrumentos para explicitar, clasificar e indizar conocimiento y documentos fueron desarrollados en el mundo de la gestión del conocimiento.

Niveles semánticos en los sistemas de organización del conocimiento

En la bibliotecología las ontologías son uno entre muchos esquemas para organizar la información y promover la gestión del conocimiento y, como se señaló en el apartado anterior, comparten características con otros lenguajes documentales, pero al mismo tiempo se diferencian.

Al respecto es posible señalar que los encabezamientos de materia, las clasificaciones bibliográficas y los tesauros fueron gestados en el seno de la bibliotecología como vocabularios controlados, mientras que las ontologías emergieron en el ámbito computacional como sistemas para la explicitación del conocimiento en agentes informáticos.

Una segunda característica definitoria de las ontologías es que son sistemas conceptuales, categoriales, atributivos y relacionales para la representación y organización del conocimiento en ambientes digitales. Tal hecho implica que pueden ser empleadas en las mismas funciones que los vocabularios controlados, pero, además, poseen la capacidad de representar y organizar entidades (reales o abstractas), procesos y fenómenos de la realidad en sistemas artificiales (Tudhope y Nielsen 2007).

En el momento previo al surgimiento de las ontologías, los expertos en cómputo se cuestionaron cuál era la estructura ideal para explicitar conocimiento de modo sintáctico y semántico en los sistemas de información. En torno a tal interrogante, los informáticos consideraron el empleo de listas de temas, encabezamientos de materia, clasificaciones, taxonomías o tesauros, pero éstas nos les parecieron herramientas adecuadas.

Ante tal afirmación es necesario plantearnos dos interrogantes: ¿por qué tales herramientas no fueron adecuadas? y ¿por qué fue necesario que las ontologías emergieran? La respuesta es: porque la explicitación del conocimiento en agentes computacionales y en contextos web requiere una mayor precisión semántica que supera la estructura de los vocabularios controlados.

Pongamos, por ejemplo, el siguiente esquema:

◊ Biología
- Citología
- Zoología
- Botánica
- Genética

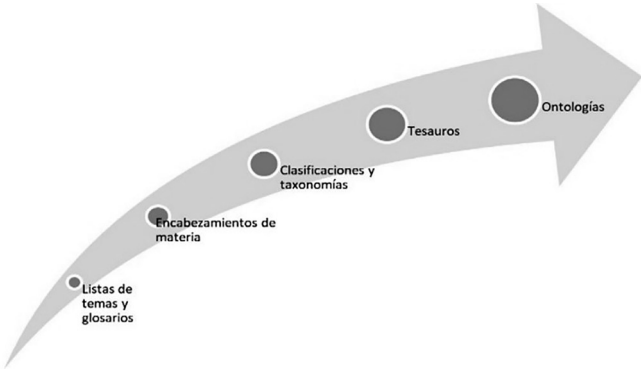
A partir de nuestra capacidad intelectual, los humanos estamos en posibilidad de comprender que la biología es un campo de conocimiento amplio que se constituye de cuatro subdisciplinas que son citología, zoología, botánica y genética. Pero, en comparación, un sistema computacional no cuenta con esta capacidad de deducción. Consecuentemente, modelar conocimiento en agentes artificiales implica ir más allá de los términos como etiquetas lingüísticas; considera integrar herramientas semánticas que permitan el razonamiento de los sistemas.

La semántica en los sistemas de información empezó a ser un tópico de interés hacia finales del siglo XX y en los albores del presente siglo se ha consolidado como una característica esencial. Según Rowley y Hartley (2008), la semántica en un sistema depende de las relaciones entre elementos conceptuales que posibilitan dotar a un término de cierto significado que en un contexto aislado no evidenciaría.

Fensel, Hendler, Lieberman y Wahlster (2005) profundizan más sobre el asunto e indican que la semántica se encuentra vinculada con la forma de representación de la información, esto es, su estructuración no sólo a nivel de unidades léxicas, sino en entramados terminológicos, conceptuales y relacionales complejos que en las últimas décadas son posibles de crear gracias a las tecnologías de la información y comunicación.

Ahora bien, si volvemos a nuestra pluralidad de sistemas de organización del conocimiento, encontramos que éstos pueden colocarse en distintos grados semánticos, desde los más esenciales hasta los más complejos (Figura 8):

Figura 8. Semántica en los sistemas de organización del conocimiento



Fuente: elaboracion propia con información de Bergman (2007).

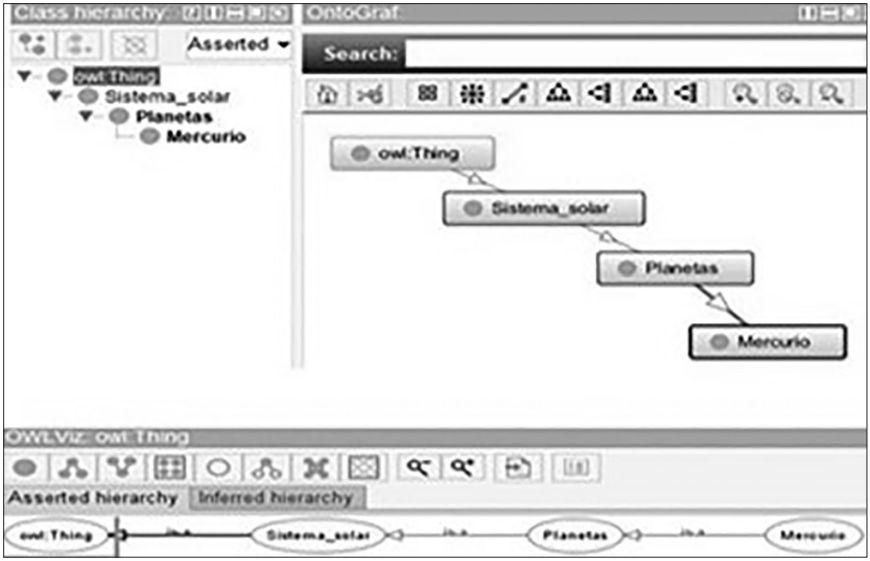
Los glosarios y listados de temas se mantienen en un nivel semántico bajo porque se componen de términos sin vinculación. Le siguen los encabezamientos de materia que incluyen conceptos y establecen relaciones *úsese* y *úsese para*. Luego, tenemos las clasificaciones y taxonomías que incluyen términos y los colocan en una estructura jerárquica. Posteriormente, en dicha escala semántica aparecen los tesauros, esquemas más complejos que engloban conceptos y los integran en una estructura relacional, mediante sus vinculaciones de término amplio (TA), término específico (TE) y términos relacionados (TR). Por último, las ontologías se mantienen en el nivel semántico más alto, en tanto que son redes que modelan un dominio de conocimiento de forma conceptual, atributiva, categorial y relacional.

En la práctica:

- Un listado de temas incluye el término:
  Mercurio
- Los encabezamientos de materia consideran el término y una delimitación significativa:
  Mercurio (Planeta)

- Las clasificaciones y taxonomías incorporan el término y lo colocan en una estructura jerárquica:
  Planetas
  - Mercurio
- Los tesauros contemplan el término y establecen relaciones semánticas generales:
  Mercurio
  TA Planetas
  TE Superficie planetaria
  TR Tierra
- Mientras que la ontología incorpora el término en una estructura conceptual, jerárquica, relacional y gráfica como sigue (Figura 9):

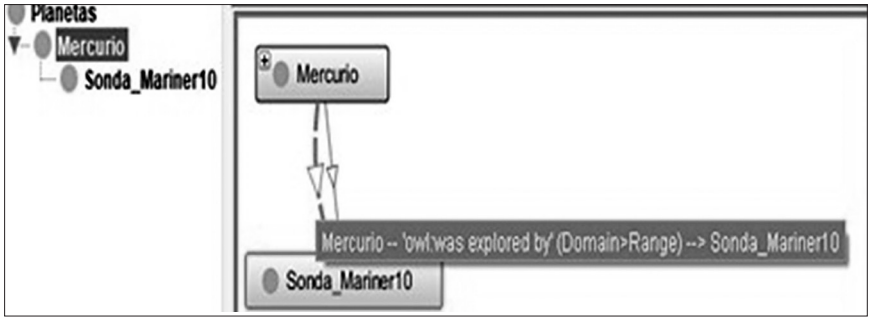
Figura 9. Semántica en ontologías



Fuente: elaboración propia, 2021.

Aunado a ello, una ontología está en posibilidades de integrar la definición del concepto: "planeta del sistema solar más cercano al Sol"; definir las propiedades del término: "Composición: rocoso", "Ascensión recta: 61.414 grados sexagesimales", "Período orbital sinódico: 115.88 días" y establecer cualquier tipo de relación general o específica entre el concepto y otros elementos denominativos del sistema, por ejemplo, indicar que "Mercurio" fue explorado por la "Sonda Mariner 10" (Figura 10):

Figura 10. Relación semántica en ontología

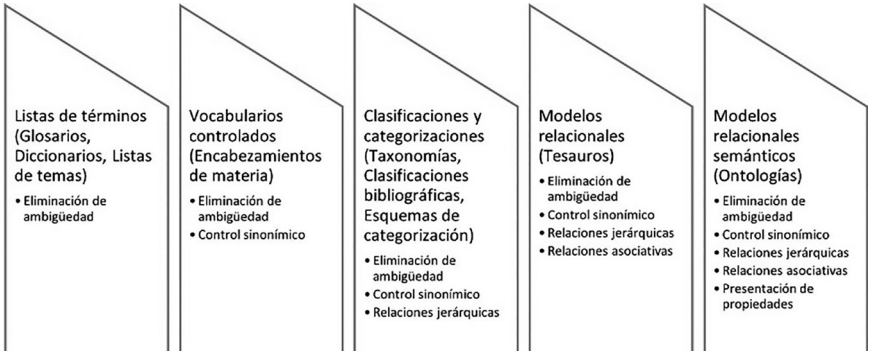


Fuente: elaboración propia, 2021.

En este orden de ideas, observamos que los sistemas de organización del conocimiento poseen distintos niveles semánticos. Mientras algunos sólo representan las entidades a través de etiquetas lingüísticas, otros posibilitan la construcción de explicitaciones semánticas complejas. Sobre esta característica de los SOC es importante señalar que entre más compleja es la precisión ontológica de un sistema, mayores serán sus posibilidades para representar universos o fragmentos de conocimiento en ambientes web.

Así pues, la semántica que poseen los sistemas de organización del conocimiento incide en su capacidad para representar, organizar y recuperar conocimiento (Figura 11):

Figura 11. Caracterización de los sistemas de organización del conocimiento



Fuente: elaboracion propia con información de Zeng (2008).

En la figura anterior es posible detectar las ventajas ofrecidas por los sistemas para la organización del conocimiento en lo tocante a: eliminación de ambigüedad, control de sinonimia, determinación de relaciones jerárquicas y asociativas y presentación de propiedades. Las listas de temas son sistemas que posibilitan la eliminación de la ambigüedad. Los encabezamientos de materia eliminan la ambigüedad y controlan las formas sinonímicas. Las clasificaciones y categorizaciones eliminan la ambigüedad, controlan la sinonimia y establecen relaciones jerárquicas. Los tesauros eliminan la ambigüedad, controlan la sinonimia y establecen relaciones jerárquicas y asociativas. Finalmente, las ontologías recuperan todas las características de los esquemas antecedentes (eliminación de ambigüedad, control de sinonimia, relaciones jerárquicas, relaciones asociativas) y agregan la presentación de propiedades.

A partir de la semántica que contemplan las ontologías, en bibliotecología son altamente útiles bajo dos rubros: ontologías terminológicas y ontologías modeladoras.

Como ontologías terminológicas, cumplen con los requerimientos de acceso temático establecidos por la American Library Association, bajo la división de Library Collections and Technical Services (American Library Association 2021):

- Asistir a los usuarios en la identificación del camino más eficiente para el descubrimiento y recuperación de recursos.
- Ayudar a los usuarios a enfocar sus búsquedas.
- Permitir una recuperación óptima.
- Permitir una precisión óptima.
- Asistir a los usuarios en el desarrollo de estrategias de búsqueda alternativas.
- Proveer lo anterior de modo eficiente y efectivo.

De igual forma, se adhieren a las pautas sobre el acceso temático establecidas en *Functional Requeriments for Subject Authority Data* (FRSAD) (International Federation of Library Association 2010):

- Contar con sistemas basados en: entidades, atributos y relaciones.
- Ofrecer a los usuarios instrumentos de acceso por temas más flexibles que posibiliten la navegación desde la visión conceptual, jerárquica y asociativa.
- Explorar las relaciones entre temas o sus denominaciones (por ejemplo, explorar las relaciones con el objetivo de entender la estructura de un dominio de información y su terminología).
- Diferenciar entre clases e instancias que frecuentemente se confunden en muchos sistemas de acceso temático.
- Establecer un entramado rico de atributos y relaciones que posibilite a los usuarios definir con precisión temas de interés.

En una primera función, las ontologías —bajo el rubro terminológico (ontologías terminológicas)— se asemejan a los vocabularios controlados desarrollados para su uso en un dominio, disciplina o comunidad de práctica. Contienen las especificaciones formales de los términos de un dominio y las relaciones entre ellos; no obstante, en lo que se diferencian de los vocabularios controlados es en las diversas formas en que se construyen o representan: en lugar de utilizar una estructura jerárquica o alfabética en su

visualización, la ontología emplea gráficos que delimitan los términos y las relaciones a través de facetas.

En una segunda función —bajo el rubro modelador (ontologías axiomatizadas)— las ontologías son teorías que especifican el vocabulario de un campo, así como las clases, propiedades y relaciones indispensables para representar el conocimiento y describir situaciones específicas al interior (Kim 2005). En este contexto, la ontología es un marco conceptual que se utilizará para un propósito determinado:

> Una ontología web realiza descripciones de objetos basadas en los principios de interoperabilidad semántica mediante la definición de clases, propiedades, relaciones y axiomas. Esto permite diseñar estructuras complejas de información que además de facilitar el intercambio y la exploración de datos, apunta a la ejecución de inferencias para obtener información que en su principio no se declara explícitamente en los datos (Pastor 2011, 74).

Bajo esta segunda función, son ampliamente usadas en la inteligencia artificial y los sistemas computacionales que requieren transferencia de información para llevar a cabo procesos.

DE LA ONTOLOGÍA A LAS ONTOLOGÍAS

Ontología como rama filosófica

Las ontologías como sistemas para la organización del conocimiento hunden sus raíces en la Ontología –con mayúscula. Específicamente, en una rama filosófica conceptualizada como "la ciencia del ser [que] trata de aquello en que todo cuanto es consiste, del ser en general que conviene y determina a todos los seres particulares, es decir, todos los entes o cosas que son" (Ferrater 1944).

La Ontología, del griego οντος 'del ente', genitivo del participio del verbo εἰμί 'ser, estar' y λόγος 'ciencia, estudio, teoría', es una subdisciplina que ha sido estudiada por diversos pensadores.

Goclenio en *Lexicon Philosophicam quo tanquam clave philosophiae fores aperiuntur* manifiestó su importancia como la filosofía del ente; Calovio en *Scripta philosophica* habló reiteradamente de la Ontología como la ciencia del ser y enfatizó su relación con el orden de las cosas que construyen la realidad; Leibniz en *Encyclopaediam arcaman* consideró que la Ontología es la ciencia de algo y nada, ente y no ente, cosa y modo de la cosa, sustancia y accidente (Ferrater 1944; Abbagnano 1963; García 1999). Mientras que Heidegger en *Los conceptos fundamentales de la metafísica* (1995) señala que la Ontología es la ciencia de la existencia, del ser último e irreductible, de un *primo ens*, del que todo lo demás está constituido.

Durante el siglo XVII, autores como Lorhard, Goclenio, Clauberg, Leibniz, Hamel y Le Clerc[1] hablaron de Ontología; sin embargo, la paternidad del término ha sido atribuida a Cristian Wolff, quien dividió la filosofía en metafísica general y metafísica especial en sus obras *Philosophia practica universalis, mathematica methodo conscripta* y *Philosophia prima sive Ontologia*.

En el periodo que Ferrater llama la prehistoria de la Ontología, hasta antes del siglo XVIII, la Ontología estuvo exclusivamente vinculada con la existencia de las entidades; no obstante, hacia mediados del siglo XIX surgió una segunda conceptualización, abanderada especialmente por Hartmann, que la caracterizó como una ciencia de las esencias o bien una teoría de los objetos (Ferrater 1944).

A partir de ese momento, la Ontología se bifurcó en dos corrientes conceptuales, como la ciencia de la existencia y como la ciencia de la esencia (Ferrater 1944):

---

1 Para mayor información al respecto puede consultarse: Jacob Lorhard en *Ogdas Scholastica* (1606), Rodolfo Goclenio en *Lexicon Philosophicum* (1613), Johannes Clauberg en *Principia Philosophia* (1656), Jean Baptiste du Hamel en *Philosophia vetus et nova* Gottfried Leibniz en *Introduction ad Encyclopediam Arcanam* (1683) y Jean Le Clerc en *Ontologias Sive de Ente in Genere* (1692).

- En un sentido amplio o existencialista incluye el ser y sus notas esenciales, las diversas clases de seres que existen, las causas que los producen, su potencia, sus sustancias y accidentes (Palladares 1964). Tal visión se corresponde con la Ontología primigenia como naturaleza del ser y las cosas en general.
- En un sentido estricto o esencial, considerado reduccionista, y adaptado a una Ontología moderna y hasta materialista (Ferrater 1944), ha sido acotada a una teoría de los objetos o un sistema de categorías.

A esta segunda connotación de Ontología fue a la que se acercaron los expertos en cómputo para conceptualizar su sistema al que denominaron ontología —con minúsculas—. Establecido tal aspecto, es vital preguntarnos si existe una relación directa entre la Ontología y el instrumento formalizado por los informáticos. Responder a este cuestionamiento es un asunto de suma reflexión porque la Ontología estudia las existencias y las relaciones entre los entes desde una visión abstracta y, en oposición, los profesionales del área computacional consideran una visión reduccionista, práctica y trivial de la Ontología filosófica.

Pese a ello, el vínculo entre Ontología y ontología se fundamenta en una teoría de las entidades (reales o abstractas) y su simbolización a partir de elementos conceptuales, categoriales y atributivos. Sobre esta simplificación de la Ontología, es necesario señalar que, al paso del tiempo, diversas disciplinas se han acercado al campo filosófico para retomar algunos de sus preceptos teóricos. Hurtado y Nudler señalan que a lo largo del tiempo el vocablo Ontología ha producido nociones diversas y vastas. Por demás, "hoy en día el término se ha vuelto más laxo" (Hurtado y Nudler 2007, 6), pues ahora incluye cuestiones asociadas con la teoría de las guisas, la ontología newtoniana del espacio y el tiempo, la ontología de las entidades culturales, la relación entre ontología y literatura, la naturaleza metafísica del sujeto y las ontologías en las ciencias computacionales y las ciencias de la información.

Las ciencias computacionales gestan ontologías

Fuera de la filosofía, las ciencias computacionales fueron el segundo nicho que empleó el término Ontología, aunque ya no registraron la palabra como tal, sino ontología —con minúscula y frecuentemente la forma plural (ontologías)—.

El vocablo se insertó en el campo durante la primera mitad de la década de 1980. Hepp (2007), Gruber (2008) y Sánchez, Cavero y Marcos (2007) indican que las ciencias computacionales han adoptado diversas teorías que acarrean sus conceptos y a mediados de los ochenta el concepto ontología empezó a usarse con un significado diferente al que tenía en la filosofía.

La inserción del término consideró la conceptualización de la Ontología como un sistema categorial o lo que Smith llama *ontología adecuatista*, que es una:

> Taxonomía de entidades que existen en la realidad, la cual acepta entidades en todos los niveles de agregación, desde lo microfísico hasta lo cosmológico, incluyendo también, en los niveles intermedios, el mesocosmos de entidades de escala humana (en contraste con varias formas de reduccionismo en Filosofía) (Smith 2007, 67).

Para quienes asumen la Ontología desde una visión adecuatista, planear y diseñar ontologías es una labor descriptiva que no busca la esencia del ser, la predicación o la explicación, sino más bien la taxonomía, el inventario y la exposición de las entidades (Smith 2007).

A mediados de 1980, las ciencias computacionales asomaban a una época caracterizada por bases de datos, la ingeniería computacional y la inteligencia artificial. En dicho contexto, a las ontologías se les observó como herramientas del recóndito espacio académico que se insertaron en la web (McGuiness 2001). Justo entonces, la adopción del término *ontología* y la creación de una herramienta altamente semántica para la explicitación de dominios de conocimiento en sistemas computacionales intentaba resolver tres problemas de la informática:

- La falta de postulados teóricos que posibilitaran modelar el "mundo" en los sistemas computacionales.
- La imprecisión de los instrumentos empleados para comunicar conocimiento consensuado.
- Los problemas de transferencia de conocimiento entre agentes mecánicos y humanos, así como entre diversos agentes mecánicos.

Con el claro objetivo de encontrar las herramientas idóneas para el modelado de conocimiento en agentes artificiales, McGraw y Harbisson-Briggs (1991) exploraron marcos de referencias conceptuales, mapas cognitivos, taxonomías, clasificaciones y tesauros. A partir de su evaluación, concluyeron que tales instrumentos eran empleados en el modelado de catálogos bibliotecarios, archivos y centros documentales dando buenos resultados; no obstante, en tareas más complejas, en las que era necesario representar y organizar con mayor precisión un área de saber, resultaban insuficientes porque carecían de una estructura semántica que permitiera la transferencia significativa de datos entre agentes artificiales.

Observado tal inconveniente, los expertos en cómputo determinaron que en la representación de dominios de conocimiento era necesario dotar a la máquina de entramados significativos fundamentados en técnicas complejas de representación:

> Desde la perspectiva de la IA, las bases de conocimiento eran vistas como una sumarización de conocimiento en la "mente de…" y "usada por...". Así, para que una máquina fuera capaz de resolver un problema, debía poseer una base. Tal base, obviamente no puede ser el conocimiento como tal, sino una representación de este, debidamente estructurado (Vickery 1997, 278).

Establecido tal precepto, los expertos del área encauzaron sus investigaciones hacia la Ontología, una disciplina con amplia tradición en la categorización, la determinación de propiedades y el establecimiento de relaciones entre objetos, entidades y la realidad misma.

Terminada la etapa de investigación y experimentación, las ciencias computacionales gestaron un instrumento explicitador del conocimiento al que denominaron ontología. La ontología computacional se aproxima y se aleja de la Ontología filosófica. Se aproxima en principios: categorización, jerarquías, instanciación, teorías todo/parte, etcétera. Se aleja en tanto que no es una disciplina sino un artefacto tecnológico y pragmático que los profesionales de las computacionales emplean en la simbolización del conocimiento.

En el ámbito de las ciencias computacionales:

> [...] la ontología no se ocupa del realismo ontológico, esto es, de la cuestión de si sus conceptualizaciones son verdaderas respecto de alguna realidad existente de manera independiente; más bien, es una empresa estrictamente pragmática. Empieza con conceptualizaciones y a partir de ellas se encamina hacia la descripción de los correspondientes dominios de objetos (también llamados "conceptos" o "clases"), concebidos estos últimos nada más que como nodos existentes en modelos de datos, o elementos de ellos, que han sido creados teniendo en mente fines prácticos específicos (Smith 2007, 61).

En el espacio de las ciencias computacionales y la inteligencia artificial, una ontología es una especificación de una conceptualización (Gruber 1995). Borst, Akkermans y Top (1997) agregan que son especificaciones formales de significados compartidos. Mientras que Guarino (1995) las considera teorías lógicas que dan cuenta explícita o parcial de una noción; es decir, representacionales explícitas, cuyo objetivo es mostrar o compartir universos o fragmentos de conocimiento.

Jiménez Mavillard abunda sobre esta función modeladora que caracteriza a las ontologías, cuando afirma que son:

> Una representación formal de un determinado dominio o área de conocimiento. Esta representación consiste en la extracción de los conceptos más importantes del dominio y de las relaciones que se

> dan entre ellos, creándose una estructura de conceptos relacionados que proporciona un vocabulario común para el conocimiento modelado por la ontología que constituye una importante forma de compartir información (Jiménez-Mavillard 2008, 1).

En las ciencias computacionales y la inteligencia artificial, las ontologías son importantes porque:

> [...] son un medio para modelar formalmente la estructura de un sistema, por ejemplo, las entidades relevantes y las relaciones que emergen de esta observación, la cual es usada para ciertos propósitos [...] la ingeniería ontológica analiza las entidades relevantes y las organiza en conceptos y relaciones, siendo representadas, respectivamente, por predicados unarios y binarios (Guarino *et. al.* 2004, 2).

Dada la necesidad computacional de explicitar el conocimiento y optimizar el tratamiento de la información para que sea interpretada por las computadoras sin necesidad de la intervención humana (Senso 2003), la ontología se convierte en el instrumento idóneo para representar y compartir información, mediante el establecimiento de conceptos, propiedades, relaciones y axiomas que simbolizan una realidad en un sistema artificial (Hepp 2007).

Por más de una década (1980-1990) las ontologías cumplieron cabalmente con su tarea de explicitar el conocimiento en sistemas computacionales. Luego, a mitad de la década de 1990, el mundo se volvió digital y la información, así como numerosos espacios de las bibliotecas, migraron a la web. Fue entonces que las ontologías iniciaron una nueva etapa de expansión.

En lo que a las ciencias de la información y a la bibliotecología concierne, las ontologías se extrapolaron del espacio de los sistemas inteligentes hacia el área de la representación, organización y recuperación del conocimiento. Considerando lo anterior, al periodo de 1997 a 2022 se le ha caracterizado por la inclusión de las ontologías en la bibliotecología, bajo principios y aplicaciones que se revisarán en los capítulos subsecuentes de esta obra.

Ontologías: principios

Definición

Antes de la década de 1980 la Ontología sólo tuvo presencia en la bibliotecología como disciplina filosófica que aportó fundamentos para la construcción de los sistemas de organización del conocimiento. En tal periodo, *Library and Information Science Sources (LISS)* registra trabajos sobre la relación Ontología-Comunicación, Ontología-Educación y Ontología-Categorización. En mismo periodo, *Library Information Science Abstracts (LISA)* registra trabajos en los que se observa la tendencia Ontología-Bibliotecología en la construcción de vocabularios controlados.

Las ontologías, como un sistema de organización del conocimiento, empezaron a tener presencia en la bibliotecología a partir de la década de los noventa. Su introducción se registró en el área de la organización del conocimiento y la información, campo en el que aconteció un traslape teórico-práctico entre las teorías y herramientas de las ciencias computacionales y los postulados de las ciencias documentales. Así, del espacio de los sistemas inteligentes, las ontologías se agregaron a la representación y organización

de dominios y recursos de información en contextos bibliotecológicos digitales.

En 1995, Heijst, Falasconi, Abu-Hanna, Schereiber y Stefanelli (1995) propusieron el uso de ontologías en la organización de colecciones documentales del ámbito médico. En ese mismo año, Wang y Wang (1995) publicaron en *Journal of Information Science* una alegoría sobre la utilidad de las ontologías en la construcción de sistemas de información. Su propuesta tiende un puente entre las ciencias computacionales y la bibliotecología, en tanto que asocia las ontologías con la representación del conocimiento y el control del vocabulario.

También en 1995 se emprendió un proyecto de suma importancia en la Universidad de Ámsterdam denominado The Kactus Library of Ontologies, cuyo objetivo fue la construcción de ontologías de dominio sobre física, geometría y materia de la ciencia. Al paso del tiempo, tal proyecto fue retomado en los trabajos de Dalianis y Persson (1997), Ontolingua (2000) y DAML Ontology Library (2004), lo que evidenció la reusabilidad de las ontologías.

En 1997, Vickery (1997) publicó en *Journal of Information Science* un artículo clave para la inserción de las ontologías en la bibliotecología. Dicho estudio reflexionó sobre la aparición del término "ontología" en la ingeniería del conocimiento y su traslado hacia las ciencias de la información. Aunado a ello, definió las ontologías como una especificación explícita de un mundo posible de ser representado en un sistema informático. Un aspecto esencial de su trabajo fue la comparación entre las ontologías y otros instrumentos utilizados en las ciencias documentales para la representación temática de dominios de conocimiento: vocabularios controlados y clasificaciones.

Pasada la mitad de la década de los noventa, la comunidad bibliotecológica se mantuvo recelosa ante las ontologías. Hubo, incluso, quienes consideraron que eran asunto exclusivo de los ingenieros en sistemas que frecuentemente forman parte de la plantilla bibliotecaria dedicada al mantenimiento y soporte computacional. No obstante, paulatinamente el tópico tomó mayor interés y, hacia fines de la década, los planteamientos de Vickery

(1997), Guarino (1995) y Gruber (1995), grandes teóricos de las ontologías en el ámbito de las ciencias computacionales, empezaron a circular con fuerza en la bibliotecología hasta convertirse en un tema recurrente de artículos y encuentros de la especialidad.

Como señala García Marco (2008, 123), "los artículos sobre ontologías [en las ciencias documentales] son muy raros hasta 1992, año en que el tema comienza a despegar". Posteriormente, hacia finales de la década de los noventa, las revistas especializadas en temas bibliotecarios anexaron investigaciones al respecto.[1] Entre los primeros estudios destacan las investigaciones de Weinstein y Birmingham (1998), Soergel (1999), Shum, Motta y Domingue (2000) y Amann, Scholl y Fundulaki (2000) que analizan la utilidad de las ontologías en los sistemas de información.

Iniciado el siglo XXI, las ontologías se convirtieron en un tema de mayor interés y la producción literaria al respecto se incrementó. Al realizar una búsqueda temática derivada de los elementos: "*ontolog*?" y "*ontologies*" en las bases bibliotecológicas Library and Information Science, Emerald e Information Science and Technology, evidenciamos que la literatura a partir del año 2000 se quintuplicó en comparación con la literatura existente de 1995 a 2000.

Hacia finales del siglo XX, las ontologías suscitaron el interés de los bibliotecólogos debido a las ventajas ordenadoras señaladas por especialistas que se acercaron prematuramente al tema. En ese momento, autores como Guerrero Bote y Lozano Tello señalaron que:

> Las ontologías proporcionan un método más rico de organizar el conocimiento, permitiendo realizar deducciones mediante el uso de axiomas entre los conceptos formalizados. El conocimiento formalizado de las ontologías tiene como característica fundamental su disposición para ser reutilizado, por lo que inducirán un gran avance en el entendimiento de diversos sistemas de representación

1 Los primeros trabajos se registran el *Journal of the American Society for Information Science*, *International Information & Library Review* e *International Journal of Digital Libraries* en el periodo 1995-2000.

> del conocimiento y llevará a fomentar el desarrollo de aplicaciones basadas en estos sistemas (Guerrero y Lozano 1999, 1).

Aunado a ello, la presencia de las ontologías en la bibliotecología coincidió con un momento crítico de la bibliotecología en el que la fuerte presencia tecnológica derivó, por una parte, en el ordenamiento de recursos físicos arreglados en estanterías y, por otra, en la apremiante necesidad de organizar colecciones digitales en el ciberespacio. Al paso del tiempo, se ha observado que la inclusión de nuevas herramientas asociadas a la organización del conocimiento es parte de un fenómeno más amplio, liderado por las tecnologías de la información y la comunicación (García 2008).

En el año 2000 las ontologías fueron formalizadas como un sistema de organización del conocimiento (Hodge 2000). No obstante, entre el gremio bibliotecológico persistió una discusión primordial: ¿son herramientas importadas del ámbito computacional o la evolución de técnicas bibliotecológicas adecuadas a nuevos contextos? Al respecto, autores como Vickery (1997), Hjørland (2002a) y García Marco (2008) argumentan que son herramientas de las ciencias computacionales extrapoladas a la bibliotecología. En oposición, Moreiro (2006), García (2004), Sánchez-Cuadrado, Morato Lara, Palacios Madrid y sus colegas (2007), indican que los fundamentos de las ontologías han estado presentes en la práctica bibliotecológica por siglos, sirviendo teóricamente para la construcción de encabezamientos de materia, taxonomías, clasificaciones y tesauros.

Sobre el asunto, es imperioso señalar que:

- La temática ontológica ha sido un común denominador de la bibliotecología. Basta con revisar los numerosos artículos hasta mediados de la década de 1990 en los que se estudian los fundamentos que subyacen a la representación de la información. En tales trabajos, autores como Dahlberg (1992) y Vakkari, Cronin e Yliopisto (1992) hacen un recuento explícito de la función de la Ontología en la construcción de los SOC.

- Pese a ello, considerar que las ontologías, como SOC, siempre han estado presentes en la bibliotecología es un error: lo que existía era un conjunto de principios representadores tomados de la Ontología y no un sistema formal con el mismo nivel de relevancia que los encabezamientos de materia, las clasificaciones o los tesauros.

Considerando lo anterior, es posible afirmar que las ontologías son instrumentos representadores nacidos en la inteligencia artificial, específicamente en las áreas de representación y organización del conocimiento, que debido a su alto potencial se han expandido a todas aquellas áreas que gestionan conocimiento, información y recursos de información. En tal sentido, la expansión del término ontologías hacia la bibliotecología constituye la punta del iceberg de un proceso de reconfiguración disciplinar, como resultado de la integración de diversas ciencias en el marco del desarrollo tecnológico info-comunicacional (García 2007).

Durante las primeras dos décadas del presente siglo la investigación sobre ontologías se ha fortalecido debido a la naturaleza de las herramientas. Encontramos investigaciones teóricas (Guerrero Bote y Lozano Tello 1999; Gilchrist 2003; Jones 2005; García Marco 2007; Soler Monreal y Gil Leiva 2010; Barcellos 2014, y Stuart 2016); estudios sobre su función en las bibliotecas digitales (Ferran, Mor y Minguillón 2005; Warren y Alsmeyer 2005; Liu, Wang, Bai y Chen 2010; Fox y Da Silva Torres 2014, y Ferilli y Redavid 2020); reflexiones sobre su aplicación en la organización y recuperación de la información (Kabel, Hoog y Wielinga 2004; Stojanovic 2005; Tian, Sompalli, Wang y Luo 2016, y Dos Reis y Ferneda 2021), y trabajos que las mencionan como pilares de la web semántica (Sure y Studer 2005; Ordóñes de Pablos, Nigro, Tennyson *et al.* 2012; Hammar, Hitzler, Krisnadhi *et al.* 2017, y Salma, Bouneffa y Habiba 2019).

En los tiempos actuales, la presencia de las ontologías en la disciplina bibliotecaria es constante y relevante. Sin embargo,

su conceptualización es un asunto difuso porque, al ser un metatérmino,[2] ha traído consigo rasgos significativos de su paso por las distintas disciplinas en las que han tenido presencia. Ante tal hecho, si bien es importante que los bibliotecólogos conozcan la clásica noción de Gruber (2008), a la luz de las ciencias computacionales, bajo la cual las ontologías son "una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida", tal definición es vaga en el marco de la organización de la información documental.

Surge entonces una interrogante esencial: ¿qué conceptualización de ontología resulta idónea en la bibliotecología? En el campo, es posible recuperar numerosas conceptualizaciones que pueden ser agrupadas en tres rubros significativos (Figura 12):

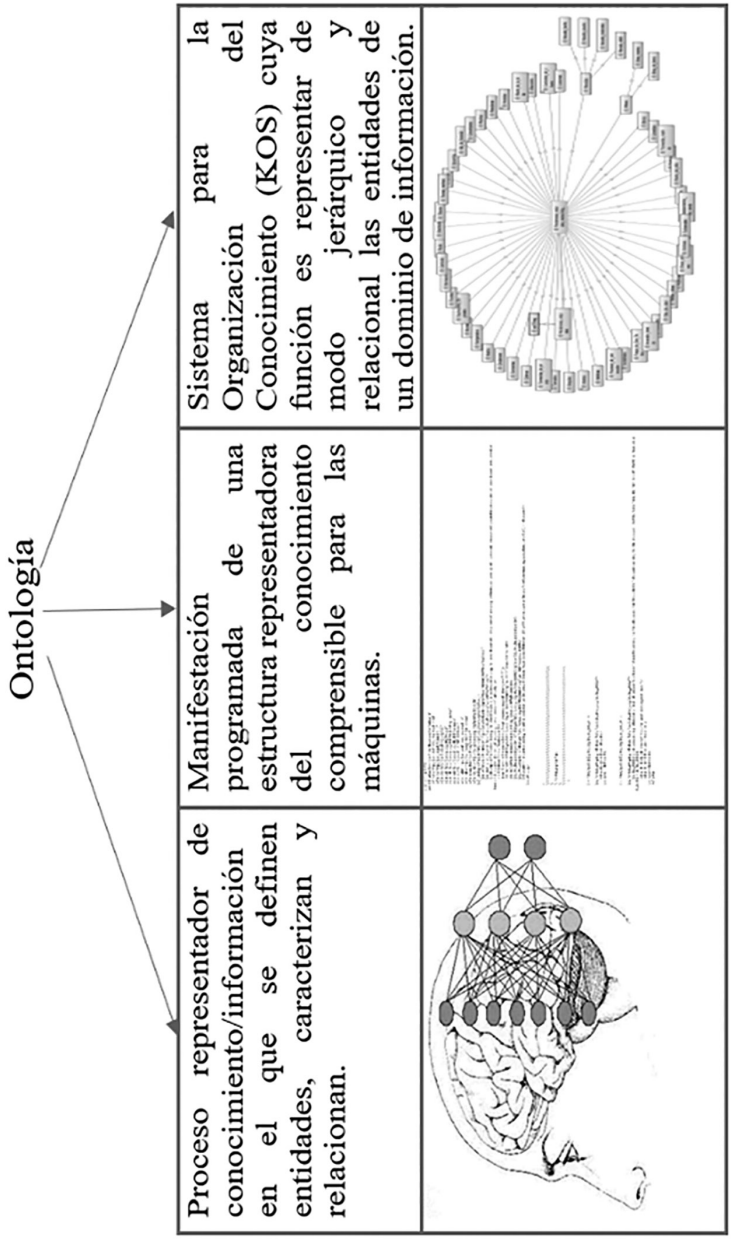
- Ontología como proceso representador: en el que se definen entidades, se caracterizan y relacionan.
- Ontología como manifestación programada: que explicita un dominio a partir de conceptos, relaciones y axiomas comprensibles para los ordenadores.
- Ontología como sistema de organización del conocimiento: cuya función es representar de manera conceptual, atributiva, jerárquica y relacional las entidades de un dominio de información.

La primera noción se asume como un conjunto de principios ontológicos[3] que subyacen a la organización del conocimiento. La segunda corresponde a la parte técnica de una ontología, esto es, una estructura programada. Por último, la tercera denominación, que es la más adecuada en la ciencia bibliotecológica, la concibe

2 Se entiende por metatérmino el proceso por el cual "un término deja una terminología en la cual tiene su origen para ser usado en otra terminología" (Moreira y Santos 2014, 53).

3 Se utiliza el término principios ontológicos referido a fundamentos filosóficos: teorías todo/parte, instanciación, entidades, dependencia de unidades, etcétera. Tal noción se retoma de Mauricio Barcellos Almeida (2014).

Figura 12. Ontología-Conceptualizaciones en la bibliotecología



Fuente: elaboración propia, 2021.

como un sistema de organización del conocimiento para el arreglo de dominios (en el marco de la estructuración de la ciencia) y el arreglo de la información o recursos de información (en el marco de las ciencias de la información y las ciencias documentales).

Bajo este tercer rubro, las últimas décadas se han caracterizado por la creciente definición de las ontologías desde una perspectiva documental y bibliotecológica. En 1999, Guerrero Bote y Lozano Tello señalaron que:

> Una ontología define el vocabulario de un área mediante un conjunto de términos básicos y relaciones entre dichos términos, así como las reglas que combinan términos y relaciones que amplían las definiciones dadas en el vocabulario (Guerrero y Lozano 1999, 3).

Un año después, Hodge (2000) estableció que las ontologías son un sistema equiparable con los encabezamientos de materia, los tesauros y las clasificaciones bibliográficas, etcétera. Pese a ello, también deben ser considerados sistemas más complejos, con gran capacidad para proveer altos niveles semánticos. Retomo sus palabras cuando indica que:

> [...] Ontología es la etiqueta más reciente que se ha puesto a algunos sistemas de organización del conocimiento. La comunidad de gestión del conocimiento está desarrollando ontologías como modelos conceptuales específicos. Pueden representar relaciones complejas entre objetos, e incluyen las reglas y axiomas que faltan en las redes semánticas. Las ontologías que describen conocimiento en un área específica suelen estar conectadas con sistemas de minería de datos y gestión del conocimiento (Hodge 2000, 7).

Peña Vera también define las ontologías y señala que reúnen los términos de un dominio de conocimiento bajo una estructura jerárquica y relacional que está modificando las formas tradicionales establecidas en la organización y representación del conocimiento:

> Las ontologías agrupan términos junto con sus definiciones y relaciones, en entornos siempre informatizados. Para que el computador pueda interpretarlos debe contar con una síntesis, es decir, símbolos y reglas de interpretación y relación; también, con una semántica que le proporcione el significado de las expresiones construidas [...] van más allá de establecer un orden entre relaciones entre los conceptos, se orientan sobre todo a determinar la naturaleza de las relaciones y las interconexiones. En términos generales, implican una evolución de los instrumentos de ORC [Organización y Representación del Conocimiento] y un cambio de paradigma en cuanto al seguimiento de los estándares tradicionales y establecimiento de asociaciones entre conceptos que no se manejaban anteriormente (Peña 2011, 192).

En las definiciones esbozadas es posible detectar los rasgos que definen a las ontologías frente a otros sistemas de organización del conocimiento. Por un lado, las ontologías emergen en contextos informatizados y se caracterizan por una estructura semántica rica que permite la simulación del dominio tratado a partir de conceptos, clases y relaciones complejas. Por otro, una de sus características fundamentales es que pueden desplegarse como estructuras o grafos que presentan visualmente la estructura de un área de conocimiento de forma diferente a la establecida en encabezamientos de materia o tesauros, cuya tendencia está asociada a la organización alfabética de los temas presentes en diversos campos de saber.

Abbas (2010) enfatiza este despliegue gráfico de las herramientas cuando menciona que las ontologías se comparan con otros vocabularios controlados desarrollados para su uso en un dominio, disciplina o comunidad de práctica específicos. Sin embargo, en lo que difieren de los vocabularios controlados es en las diversas formas en que se representan: en lugar de utilizar una estructura jerárquica estricta para mostrar las relaciones, la ontología puede estructurarse utilizando un gráfico no lineal que bosqueja los términos y las relaciones, utilizando facetas.

García Jiménez (2004) también considera relevante esta característica gráfica de las ontologías cuando señala que son modelos visuales a través de los cuales es posible observar las conexiones que persisten

en un dominio de conocimiento. Tenemos entonces que su desarrollo semántico complejo y las relaciones cruzadas que las forman permiten simular de manera visual la estructura conceptual y relacional de áreas de conocimiento.

En cuanto a funciones, en el dominio bibliotecológico, las ontologías, a semejanza de otros SOC, se asocian con actividades representadoras y organizadoras del conocimiento. Desde la representación, posibilitan simular dominios de conocimiento establecidos: "química", "dulces típicos mexicanos", "suculentas", etcétera, como lo hacen los tesauros. Mientras que, bajo su función ordenadora, pueden ser aplicadas en la organización temática de los recursos de información.

Remito a Zeng cuando señala que:

> Una ontología abarca la estructura clasificatoria usada por las taxonomías y los tesauros. Pero su principal característica es la presentación de propiedades para cada clase dentro de la estructura clasificatoria. Con una taxonomía completa y propiedades exhaustivas, una ontología funciona de dos modos: como un vocabulario conceptual y como una plantilla de trabajo que permite el almacenamiento, la búsqueda y el razonamiento, basado en instancias y reglas (Zeng 2008, 176).

A partir de tal definición, para que una herramienta sea considerada una ontología, tanto en el contexto bibliotecológico como en el marco de los sistemas de organización del conocimiento, deberá cumplir con las siguientes características (Figura 13):

Figura 13. Ontología-Características

Fuente: elaboración propia, 2021.

- Como *sistema de conocimiento*: son una colección de información sobre un tema en particular que revela el conocimiento de una persona, un conjunto de personas, una empresa o un grupo social o bien teorizaciones del saber construidas a lo largo del tiempo. Son especificaciones explícitas de una conceptualización. Las conceptualizaciones se encuentran en la mente de las personas; empero, a través de los programas y lenguajes computacionales es posible extraer porciones de conocimiento humano con miras a explicitarlo en sistemas de información.
- Como *sistema representador*: se suscriben a la idea de que el conocimiento se encuentra albergado en la mente humana, pero para ser comunicado y compartido requiere materializarse. La naturaleza inmaterial del conocimiento y la necesidad de las personas de comunicar su saber ha dado lugar

a modelos cognitivos-conceptuales que se concretan en simbolizaciones. Una tarea fundamental de la bibliotecología y de los bibliotecólogos consiste en hacer accesible el conocimiento, mediante su representación en alguna forma (texto, sonido, grafos, etc.) y proveer a las personas de las herramientas y procedimientos que les permitan acceder a él.

- Como *sistema de conceptos*: especifican las entidades conceptuales de un dominio de conocimiento, a través de una colección de términos, arreglados en una jerarquía y con las relaciones entre ellos.
- Como *sistema atributivo de conceptos*: conceptualizan y contextualizan términos mediante la asignación de propiedades o atributos (elementos descriptivos).
- Como *sistema asociativo de conceptos:* emplean proposiciones para establecer vínculos entre los conceptos que presentan. Las asociaciones están presentes en otros vocabularios controlados, pero, en comparación con éstos, las ontologías establecen un entramado más amplio que supera la tradición *use* y *úsese para* de los encabezamientos de materia o las asociaciones TE (término específico), TA (término amplio) y TR (término relacionado) de los tesauros.
- Como *sistema comprensible para los humanos y las máquinas*: posibilitan el descubrimiento y la localización de información tanto para las personas como para las computadoras. Tal característica las inserta en el contexto de los sistemas inteligentes que forman parte de la web semántica, una red dotada de significado con potencialidad organizadora y recuperadora de información (Pastor 2011).

Aunque las ontologías comparten rasgos con otros sistemas para la organización del conocimiento, su trascendencia radica en que son instrumentos terminológicos, conceptuales, atributivos y relacionales comprensibles para humanos y máquinas. Teniendo en cuenta las ideas antecedentes, es posible resumir que, en el ámbito bibliotecológico, las ontologías son sistemas aplicables a la

organización de dominios de conocimiento, la organización de la información y aún los recursos de información.

Tipología

Las ontologías cuentan con un amplio espectro de características y utilidades en funciones asociadas con la representación, organización y recuperación del conocimiento. En tal sentido, cuentan con una amplia tipología.

Según Uschold y Gruninger (1996), el nivel de complejidad de las ontologías debe ser el rasgo definitorio que las coloque en una tipología y, en concordancia, señalaron la existencia de:

- Ontologías altamente informales: expresadas en lenguaje natural y carentes de relaciones entre los términos que incluyen.
- Ontologías semi formales: expresadas en un punto medio entre el lenguaje controlado y el natural. Incluyen relaciones básicas entre los conceptos que integran.
- Ontologías formales: los términos son altamente definidos y formalizados mientras que las relaciones son múltiples y con alta vinculación semántica.

Van-Heijist, Scheiberg y Wielinga (1997) asumieron que el abanico tipológico de las ontologías es vasto y formularon el siguiente agrupamiento:

- Ontologías terminológicas: especifican términos para representar el conocimiento en un dominio.
- Ontologías de información: especifican la estructura de registros.
- Ontologías de modelado de conocimiento: especifican conceptualizaciones de conocimiento (individual o social) mediante una estructura semántica rica.

- Ontologías de aplicación: contienen las definiciones necesarias para modelar el conocimiento en una aplicación computacional.
- Ontologías de dominio: expresan conceptualizaciones válidas solamente para un dominio o área de conocimiento.
- Ontologías genéricas: son similares a las ontologías de dominio, sólo que las conceptualizaciones que contemplan son válidas en varios campos de conocimiento.

Para Guarino (1995), la aplicación de las ontologías debe ser priorizada como el factor fundamental para su categorización. Así, es posible hablar de:

- Ontologías de procesos complejos: describen términos y relaciones implicadas en una función que necesita ser modelada en un agente artificial, consideran variables como espacio, tiempo, materia, objeto, evento, acción, etc. También describen tareas o actividades (diagnósticos, ventas, registros, etcétera.).
- Ontologías de dominio: describen el vocabulario y las relaciones de un área de conocimiento particular (medicina, genética, mecatrónica, ingeniería automotriz, etc.).
- Ontologías de aplicaciones: describen conceptos de un dominio que sirven para modelar actividades automatizadas en sistemas (traducción, control de autoridades, anillos de sinónimos, etcétera.).

Corcho, Fernández y Gómez (2003) asumieron que la carga semántica es el factor más importante de las ontologías y establecieron dos categorías:

- Ontologías ligeras: incluyen conceptos, una jerarquía de conceptos, relaciones entre los conceptos y propiedades que los describen.
- Ontologías pesadas: incorporan conceptos, una jerarquía de conceptos, relaciones y propiedades que los describen y

consideran, además, la inclusión de axiomas y restricciones de las propiedades.

Abecker y Elst (2004) esbozaron una tipología que considera la relación de las herramientas con los sistemas de información y propusieron tres grupos:

- Ontologías organizacionales: describen la información en un metamodelo, por ejemplo, la estructura de una institución o la gestión de los recursos de información de una corporación.
- Ontologías de dominio: sirven para explicitar áreas específicas.
- Ontologías empresariales: modelan procesos empresariales o de negocios en un contexto que posibilite la trasferencia de conocimiento.

Lacasta, Nogueras-Iso y Zarazaga-Soria (2010) afirman que en el contexto bibliotecológico persisten dos tipos de ontologías:

- Ontologías terminológicas: contienen términos que representan conceptos de dominios de información. Son ampliamente usadas por bibliotecas, museos, archivos y otros centros de información para representar, organizar y recuperar temáticamente recursos almacenados.
- Ontologías modeladoras: contienen términos y relaciones para el modelado de procesos, dominios, tareas en agentes artificiales, datos enlazados y la web semántica.

En la ciencia bibliotecaria son relevantes tres de las propuestas tipológicas revisadas. Según Uschold y Gruninger, en las ontologías es vital considerar el nivel de formalización: ontologías informales, ontologías semiformales y ontologías formales. A partir de lo señalado por Guarino, podemos planear y diseñar ontologías de procesos, dominios y aplicaciones. Por último, como señalan Lacasta,

Nogueras-Iso y Zarazaga-Soria, las ontologías pueden ser terminológicas o modeladoras.

Estructura

La estructura de las ontologías es fundamental para su planeación y diseño. Sin embargo, la identificación de los elementos que las componen es un asunto difuso debido a que las diferentes disciplinas encargadas de su estudio no identifican con exactitud los mismos elementos y persiste, además, un alto grado de ambigüedad denominativa en los elementos que las conforman.

Según Gruber (1995), las ontologías están constituidas por:

- Objetos
- Conceptos
- Clases
- Relaciones
- Atributos
- Instancias
- Axiomas

Noy y Mcguiness (2001) integran:

- Conceptos en un dominio del discurso
- Clases
- Propiedades de conceptos (también llamados *slots*)
- Atributos de conceptos
- Restricciones de propiedades (o restricciones de *slots* o restricciones de rol)
- Instancias (o individuos)

Delgado Gómez (2002) considera los siguientes elementos formantes:

- Grupos
- Propiedades y atributos

- Relaciones
- Propiedades y relaciones de segundo orden
- Relaciones de subgrupo
- Partes, todos y grupos complejos
- Procesos, estados y grupos de procesos

Corcho, Fernández López y Gómez Pérez (2003) contemplan:

- Clases conceptuales
- Atributos de clases
- Instancias
- Atributos de instancias
- Relaciones
- Constantes
- Axiomas

García Jiménez (2004) indica que una ontología se compone de:

- Clases
- Subclases
- *Slots* (en ocasiones llamados roles o propiedades)
- Facetas (también llamadas restricciones de rol)
- Instancias
- Funciones
- Axiomas

Café y Mendes (2009) proponen una estructura formada por:

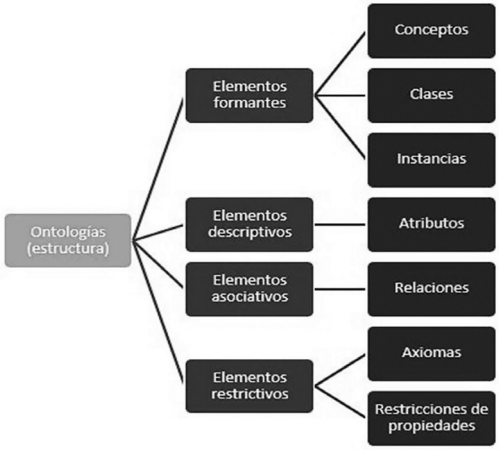
- Clases y subclases
- Funciones y propiedades
- Facetas y/o restricciones

Ramalho y Lopes Fujita (2011) asumen la existencia de dos elementos base:

- Propiedades descriptivas: elementos caracterizadores de las entidades
- Propiedades relacionales: para la creación del entramado semántico

Considerando las diversas propuestas, es posible concluir que una estructura amplia, la cual considere la construcción de cualquier tipo de ontología: ontología terminológica, ontología ligera, ontología de dominio, etcétera, deberá considerar los siguientes elementos (Figura 14):

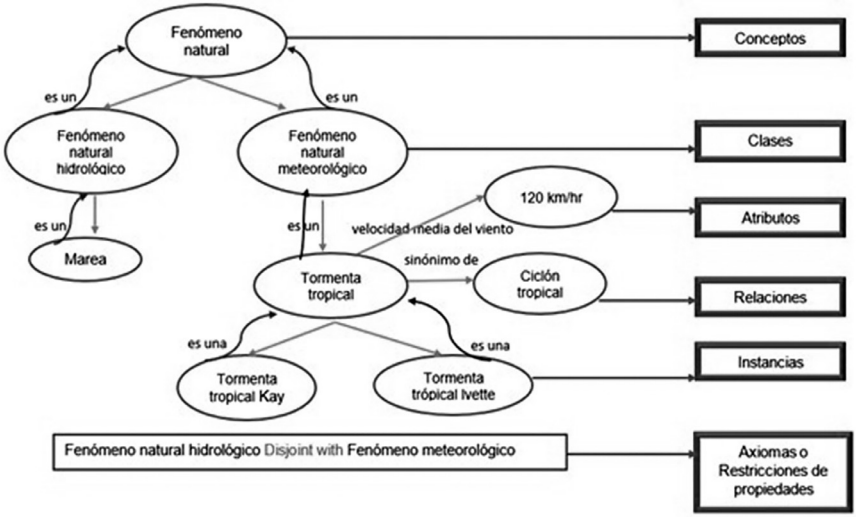
Figura 14. Ontología-Estructura



Fuente: elaboración propia, 2021.

Una vez contemplados los elementos antecedentes, todo proceso de desarrollo de una ontología se sujeta a la estructura siguiente (Figura 15):

Figura 15. Ontología-Estructura esquematizada



Fuente: elaboración propia, 2021.

En lo tocante a sus elementos formantes, cada parte debe ser entendida como sigue:

- Conceptos: son unidades de pensamiento abstraídas de una multitud de objetos, mediante el análisis de las propiedades en común de esos objetos (DIN: 2342: Vocabulary of terminology 2011). Refieren a una unidad de conocimiento que sintetiza en una forma lingüística (término) los predicados o rasgos necesarios y verificables sobre un objeto. Constituyen la base de las ontologías debido a su naturaleza representadora de entidades reales o abstractas.
- Clases: consisten en el orden que le es asignado a las personas, los objetos o los conceptos a partir de sus características, atributos, cualidades, rasgos, etcétera (Reitz 2004). Se fundamentan en la premisa de que en la naturaleza existen cosas con características comunes que posibilitan

agruparlas. Vista así, la construcción de clases opera a partir de la comparación entre las características de las cosas, estableciendo un principio de orden que obedece a un conjunto complejo y dinámico de inferencias.

- Instancias: son cada uno de los individuos que ocupan las clases más bajas en la jerarquía de la ontología. En sentido estricto, son los objetos específicos de una clase. Contienen elementos o datos que describen o ejemplifican una entidad de modo inequívoco mediante propiedades que no se recogen en las clases o subclases que le anteceden.
- Atributos: constituyen características de una entidad o variables que las definen, posibles de establecer a partir de la observación y estudio de éstas, ya sea mediante procesos enfocados o temporales. Son rasgos que asignan un valor específico a cada miembro de una serie de individuos y ayudan a definir las características de las clases.
- Relaciones: son vinculaciones significativas entre objetos o entidades conceptuales. Están presentes en la mayoría de los sistemas para la organización de la información; no obstante, en los instrumentos insertos en contextos web se hacen más necesarias porque forman una red de aspectos legibles para los agentes artificiales y ofrecen mayores posibilidades de recuperación en un buscador.
- Axiomas o restricciones de propiedades: son proposiciones que restringen los elementos conceptuales de las ontologías. Así, "los axiomas que integran la ontología proveen una abstracción total del universo que describe" (Ríos 2013, 13) para un sistema computacional.

Aunque persisten "similitudes entre los vocabularios controlados utilizados en la bibliotecología, como los tesauros y las taxonomías, e instrumentos utilizados en la inteligencia artificial, como las ontologías" (Lucas da Silva, Rocha Souza y Barcellos Almeida 2008, 61), la construcción de ontologías implica que cada concepto y cada relación entre concepto se defina formalmente para entender su significado a través de acuerdos ontológicos. En adhesión, las

posibilidades de las ontologías van más allá: incluyen atributos definitorios, un entramado relacional sofisticado y surgen y perviven en el contexto digital; se nutren de las posibilidades computacionales, especialmente de las interfaces gráficas.

Metodología de construcción

Construir una ontología es una tarea compleja que considera métodos y herramientas tecnológicas. Pese a ello, aún no contamos con metodologías internacionalmente normalizadas para desarrollar ontologías. Consecuentemente, cuando un profesional de la información se enfrenta a tal tarea, puede seguir un modelo, combinar varios o diseñar un procedimiento propio.

En los apartados siguientes se propone una metodología para la construcción de ontologías adecuada para las ciencias documentales, en general, y la bibliotecología en particular.

Los fundamentos que soportan dicha propuesta se afianzan en tres aspectos:

- Propuestas de las ciencias computacionales, especialmente Uschold y Grüninger (1996) y Noy y McGuinness (2001).
- Los principales estándares bibliotecológicos para la planeación y el diseño de sistemas para la organización del conocimiento son:
    - *ISO 5127/3A-1981. Information and documentation. Vocabulary. Acquisition, identification and analysis of documents and data* (International Organization for Standardization 1981).
    - *ISO 5127/1-1983. Documentation and information. Part 1. Basics concepts* (International Organization for Standardization 1983).
    - *ISO 5127/6-1983. Documentation and information. Vocabulary (Documentary languages)* (International Organization for Standardization 1983a).

  - *ISO 5963:1985. Methods for examining documents. Determining their subjects and selecting indexing terms* (International Organization for Standardization 1985).
  - *ISO 25964-1-2011. Information and documentation. Part 1: Thesauri for information retrieval* (International Organization for Standardization 2011).
  - *ISO 25964-2-2014 Information and documentation. Interoperability with other vocabularies* (International Organization for Standardization 2014).
- El estándar Simple Knowledge Organization System-SKOS, una iniciativa del World Wide Web Consortium (2009) que proporciona un modelo para representar la estructura básica y el contenido de esquemas conceptuales como listas encabezamientos de materia, taxonomías, esquemas de clasificación, tesauros y cualquier tipo de vocabulario controlado posible de construir e implementar en la disciplina bibliotecaria.

Planeación

La etapa de planeación de una ontología es importante porque implica tomar decisiones que nos permitirán alcanzar un objetivo deseado. En los momentos de planeación, delineamos la herramienta que vamos a construir, consideramos sus objetivos y determinamos los recursos económicos, humanos y tecnológicos que el proyecto implicará.

El primer paso en la construcción de una ontología, independientemente del tipo que se trate, es crear un encuadre de la herramienta que considere:

- Factores generadores: en la creación de una ontología subyacen razones de ser, en vista de que su desarrollo implica una alta inversión de recursos económicos, humanos y tecnológicos. Antes de tomar una decisión arriesgada sobre el proyecto, es importante reflexionar si realmente necesitamos una ontología o nuestra necesidad de representación,

organización y recuperación puede ser satisfecha con un sistema más sencillo y de menos costo; por ejemplo, listados de temas, taxonomías, encabezamientos de materia, etcétera.

- Objetivo: es el fin que se quiere alcanzar y al que se dirige una acción o conjunto de acciones. Algunos objetivos asociados al desarrollo de una ontología podrían ser: representar el dominio "canciones populares mexicanas" en el marco de la normatividad procedente de la web semántica, o bien organizar una colección bibliotecológica particular mediante un sistema terminológico, conceptual, semántico y gráfico desplegable.
- Expectativas de uso: considera quiénes usarán el instrumento y con qué fines. Los usuarios de las ontologías suelen ser miembros de comunidades especializadas que requieren la conceptualización y explicitación semántica de los elementos denominativos de un dominio. Por ello, sus necesidades de explicitación de conocimiento son especializadas y precisas; por ejemplo: obtener información sobre las enfermedades neuronales de manera conceptual y atributiva para contribuir al diagnóstico de pacientes o recuperar información sobre canciones folklóricas de una región particular que son denominadas con términos precisos de la región.
- Tipo de ontología que se construirá: entre la variedad tipológica de las ontologías (modeladora, terminológica, etc.), se establece qué tipo de instrumento se desarrollará.

Los principios y las buenas prácticas en la construcción de una ontología son elementos que nos guiarán en todo el proceso. Antes de iniciar, es importante considerar los siguientes aspectos:

- Integrar un equipo multidisciplinario de profesionales: en vista de que las ontologías implican conocimientos sobre el dominio, la organización de la información y las tecnologías computacionales.

- Definir con precisión la ontología que se desarrollará: resulta vital saber qué tipo de ontología construiremos. Tengamos presente que el universo de las ontologías es vasto (ontología terminológica, de dominio, axiomatizada, formal, informal, etc.) y cada tipo se asocia con necesidades ordenadoras específicas.
- Evaluar las necesidades de los usuarios potenciales: debemos saber quiénes usarán la ontología (usuarios generales, usuarios expertos, usuarios intermedios, usuarios finales) y cuáles son sus necesidades.
- Contemplar las tareas o funciones que cubrirá la ontología: comprende las funciones que la ontología ejecutará y las necesidades de información que puede resolver.
- Determinar con antelación la metodología de construcción: en el mundo de las ontologías contamos con muchas metodologías; seleccionar la más ideal, según nuestras necesidades, nos definirá la ruta de acción en el desarrollo del instrumento.
- Considerar la incorporación de procesos automatizados: los procesos automatizados abren nuevos caminos hacia la integración de herramientas tecnológicas que faciliten las actividades.
- Reusar vocabularios u ontologías previas: la sociedad cuenta con un gran conglomerado de terminología, conceptos y categorizaciones que podemos retomar en la construcción de ontologías con miras a disminuir costos asociados a su desarrollo.
- Evaluar y seleccionar las tecnologías más adecuadas: el abanico de tecnologías asociadas a ontologías crece día a día; por tanto, es importante conocer todas las opciones disponibles, sus costos, rasgos, etc. Una vez conocido todo este rubro, podemos seleccionar las mejores opciones, según nuestro proyecto.
- Establecer la implementación final de la ontología: debemos tener clara la implementación final de nuestra ontología, con miras a prepararla para ésta. En este punto hay

que diferenciar si será una simple base de datos local o la integraremos en algún sitio web.
- Considerar procesos de evaluación del instrumento: la evaluación es una actividad necesaria en todo proyecto y las ontologías no son la excepción.

Determinación del dominio

Las ontologías, a semejanza de los tesauros, son esquemas con altos niveles de especificidad terminológica y semántica. Por tanto, su aplicación se orienta a dominios que son áreas de conocimiento pequeñas y bien delimitadas.

Un dominio:

> […] es cualquier grupo que es útil para la construcción de un sistema para la organización del conocimiento. Esto nos lleva naturalmente a las condiciones que el grupo muestra: conocimiento (una base ontológica), objetivos (una teleología subyacente), los métodos de investigación (hipótesis y metodologías) y un sistema funcional para la comunicación (la semántica social) (Smiraglia 2015, 86).

Aunque frecuentemente el dominio es confundido con una materia, una ciencia o una disciplina, Barité aclara que "la idea de dominio es más extensiva […] el dominio se constituye en un universo autónomo y más o menos autosuficiente, que se apoya en una estructura de conceptos relacionados entre sí bajo una perspectiva común" (Barité 2015, 64). Un dominio bien puede ser "fractales", rama de la "física"; una colección de "vinos" que una empresa elabora; un conjunto de "motores de inducción" disponibles en el mercado actual; el área de "producción" de una empresa, o la "colección de máscaras" de algún museo de cultura popular. A diferencia de la noción de materia, la disciplina:

> Un dominio se entiende mejor como una unidad de análisis para la construcción de un SOC. El dominio es un grupo con una base ontológica que revela una teleología subyacente, un conjunto de

> hipótesis comunes, consenso epistemológico sobre los enfoques metodológicos y semántica social (Smiraglia 2015, 86).

La idea de dominio también considera aspectos contextuales asociados con el tratamiento del conocimiento:

> [...] la visión de dominio parte de un enfoque social y contextual que encausa y delimita las necesidades, la búsqueda y la recuperación eficaz de información, de la comunidad que compone tal dominio. Estas acciones hacen que el dominio se convierta en un espacio útil para gestionar la información que poseen sus integrantes, a partir de una perspectiva holística y sistémica que module todos los flujos de información que fluyen entre ellos y entre las demás comunidades (Tirador 2010, 50).

En el dominio subyacen tres aspectos fundamentales que inciden en la construcción de una ontología:

- La teoría ontológica de los objetos.
- La teoría objetos-conocimiento establecida a lo largo del tiempo.
- El modo de obtención de información con miras a construir conocimiento.

A partir de la teoría ontológica de los objetos, un dominio establece qué entidades (reales o abstractas) lo componen. Desde la teoría objetos-conocimiento, la comunidad posee una conceptualización específica de sus objetos caracterizada por los rasgos de cada entidad y sus vínculos con otras entidades. Por último, a lo largo del tiempo los miembros de un dominio establecen, por consenso, una forma particular para la obtención y recuperación de la información. Teniendo en cuenta los tres elementos antes señalados, en la construcción de una ontología la teoría ontológica permitirá determinar cada una de las entidades que forman el dominio; la teoría del conocimiento ofrecerá elementos para el establecimiento de atributos y relaciones, mientras que el modo de obtención de la información será crucial en la implementación y uso de instrumento.

En la determinación del área de trabajo que cubrirá una ontología se aplican los postulados del análisis de dominio. Debemos considerar que, en oposición con el análisis de área especializada, fundamentado en la visión disciplinar, el análisis de dominio considera el área, su terminología, entidades, usuarios, epistemología, tendencias organizadoras y paradigmas.

En las ciencias de la información la determinación de dominios de conocimiento cuenta con una larga historia en la construcción de sistemas como tesauros y taxonomías. De igual forma, se ha consolidado como una técnica útil en la definición de líneas de investigación que evidencien la transformación de las ciencias al paso del tiempo.

Teniendo en cuenta a Smiraglia:

> [...] el análisis de dominio puede producir una gran cantidad de información acerca del funcionamiento ontológico de una comunidad. En particular, puede ser utilizado para generar sistemas de organización del conocimiento, tales como vocabularios controlados o clasificaciones, que ayuden al dominio en su trabajo [...] en adición, el método ha sido utilizado para realizar seguimientos de la evolución de dominios a través del tiempo en lo que se ha llamado ontogenia temática (Smiraglia 2015, 100).

El análisis de dominio es una teoría fundamental de la organización del conocimiento. Hjørland (2002) en su artículo "Domain analysis in information science: eleven Approaches-traditional as well as innovative" expone 11 técnicas posibles de aplicar en la determinación de dominios de conocimiento:

- Exploraciones temáticas
- Clasificaciones y tesauros específicos
- Estudios empíricos de los usuarios
- Estudios infométricos
- Estudios históricos
- Estudios de documentos y géneros
- Estudios epistemológicos y críticos
- Estudios terminológicos
- Semántica de base de datos

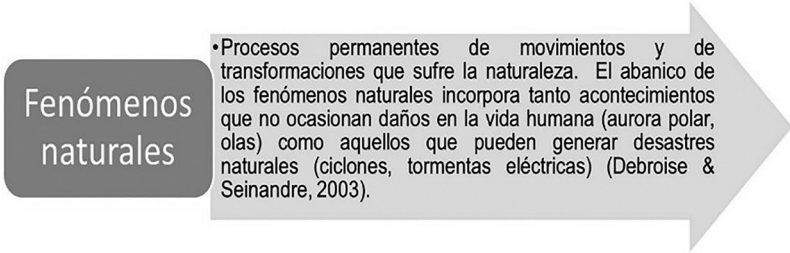
- Análisis del discurso
- Conocimiento experto e Inteligencia Artificial

Todas las técnicas de aproximación al dominio señaladas por Hjørland (2002) son relevantes. Sin embargo, en la construcción de ontologías para la representación, organización y recuperación del conocimiento en las bibliotecas, resultan esenciales las exploraciones temáticas; las clasificaciones y los tesauros existentes sobre el dominio; los estudios de usuarios; los estudios de documentos y géneros; los estudios terminológicos; la semántica de las bases de datos; el conocimiento experto, y la inteligencia artificial.

En el proceso de construcción de ontologías, el encuadre del dominio de conocimiento se forma de dos etapas:

- Definición del dominio: se precisa con claridad el dominio a partir de su establecimiento terminológico y conceptual. Así, por ejemplo, el dominio "Fenómenos naturales"[4] podría ser definido como sigue (Figura 16):

Figura 16. Definición del dominio en ontología

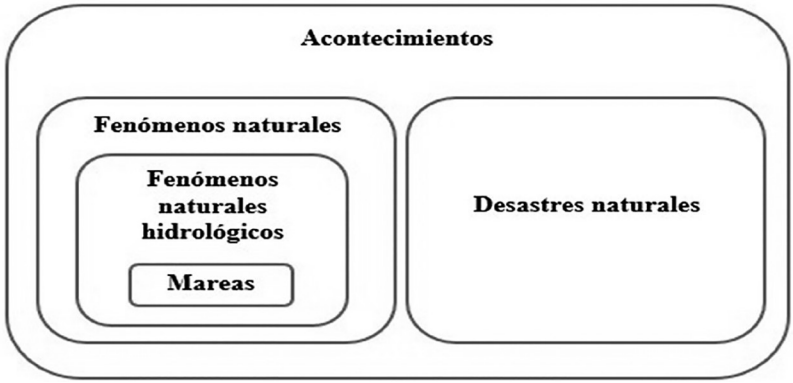


Fuente: elaboración propia, 2021.

4 En la sección actual, dedicada a la propuesta metodológica para la construcción de ontologías, será necesario presentar ejemplos. Con fines de mostrar un caso práctico, se utilizará el dominio "fenómenos naturales" como mención recurrente. Sobre tal proceso, al final del libro, en el Anexo 1: Ontología de Fenómenos Naturales (OFN), se presenta con mayor detalle todo el proceso asociado a la construcción de una ontología terminológica del dominio muestra.

- Delimitación de dominio: consiste en establecer límites y alcances en torno a un área de saber mediante un proceso de especulación y confirmación. En esta etapa, los desarrolladores de la ontología deberán diseñar un procedimiento de aproximación que considere los alcances y límites del campo. En nuestro caso ejemplo (fenómenos naturales), la delimitación del dominio quedaría como sigue (Figura 17):

Figura 17. Delimitación del dominio (fenómenos naturales)



Fuente: elaboración propia, 2021.

Respecto a la determinación del dominio, cada área de saber es única y posee rasgos que serán descubiertos mediante procesos iterativos que tienen por objetivo clarificar el área de trabajo para su posterior explicitación en la ontología.

Selección de conceptos

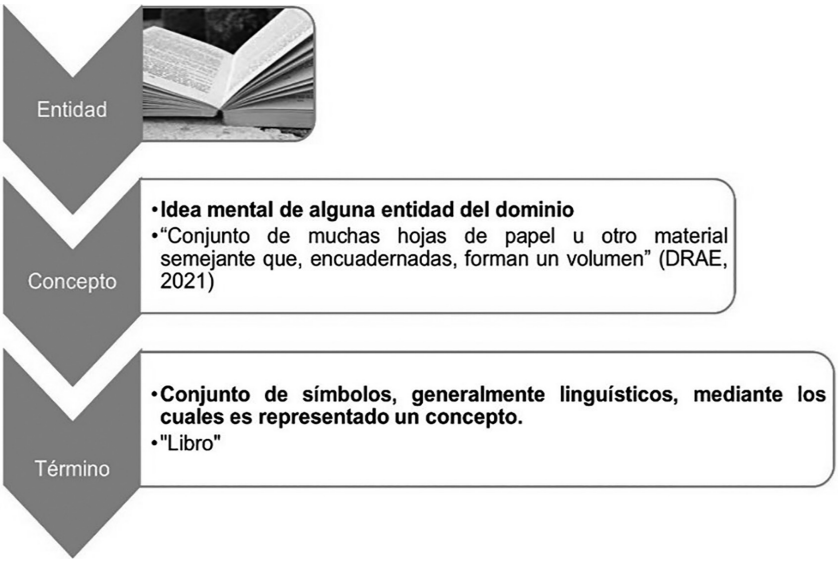
Los conceptos son ideas expresadas en palabras que forman el entendimiento y constituyen elementos que posibilitan la descripción, clasificación y previsión de los objetos cognoscibles. Son esencias de saber que se construyen a partir del contacto con una entidad (real o abstracta) a la que nuestro universo cognitivo le atribuye

una noción heredada ontológica, epistemológica y socialmente. Los dominios constituyen su universo de existencia mediante conceptos que representan, diferencian y definen las entidades, lo que posibilita, por un lado, su existencia desde el punto de vista de la organización del conocimiento y, por otro, la comunicación intrínseca y extrínseca de la disciplina (González 2006).

El concepto está en la base de la teoría de la clasificación y la terminología; no obstante, es una idea. En consecuencia, las disciplinas que trabajan con conceptos, como es el caso de la terminología, la lingüística y la bibliotecología, retoman nociones tangibles de éstos en términos que los engloban.

En la selección conceptual necesaria para la construcción de una ontología, es importante considerar la siguiente estructura (Figura 18):

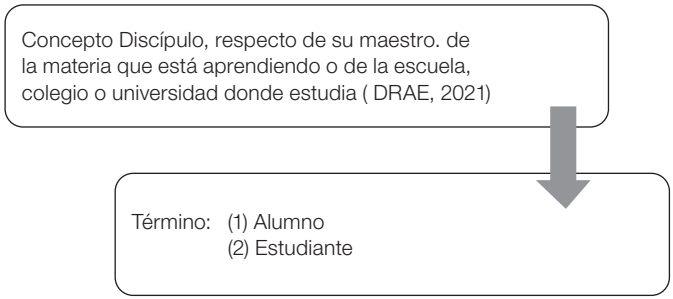
Figura 18. Relación entidad-concepto-término



Fuente: elaboración propia 2021.

La entidad es un referente concreto ("mesa") o abstracto ("amor"). El concepto es la idea sobre la entidad, establecida a lo largo del tiempo por un grupo social. El término (lengua de especialidad) es la representación del concepto en signos de alguna naturaleza (números, letras, etc.). Aunque en las ontologías es común hablar de la selección de conceptos, lo que realmente hacemos es identificar las nociones conceptuales del dominio y, en un proceso paralelo, establecemos la correspondencia con el término que simboliza la idea mental (Figura 19):

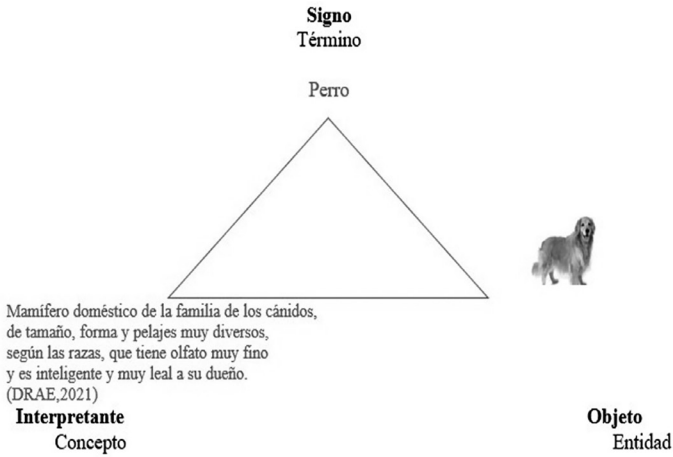
Figura 19. Relación concepto-término



Fuente: elaboración propia, 2021.

En la construcción de las ontologías prevalece una relación estrecha entre tres elementos: entidades, conceptos y términos, enlazados de forma similar al triángulo semiótico establecido por Peirce en su obra *La ciencia de la semiótica* (1974) (Figura 20):

Figura 20. Triángulo semiótico de Peirce



Fuente: elaboración propia con información de Peirce (1974) y de *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española* (*DRAE*) (2021).

El modelo semiótico de Peirce es una teoría del signo a la vez que una teoría representativa y comunicacional que contempla tres elementos:

- Objeto: es aquello acerca de lo cual el signo presupone un conocimiento para que sea posible proveer alguna información adicional sobre el mismo. Los objetos pueden ser una cosa existente, que se cree que existió o que se espera que exista. Asimismo, los objetos pueden ser hechos conocidos, una cualidad o relación de hechos conocidos o un conjunto de tales cosas.
- Signo: es algo que, para alguien, representa o se refiere a algo en algún aspecto o carácter. Está en lugar de algo, su objeto.
- Interpretante: es la determinación del signo realizada por alguien o algo a quien el signo es dirigido.

La triada semiótica de Peirce es relevante en la construcción de ontologías porque permite la identificación de las entidades (objetos) del dominio, posibilita la identificación de los conceptos (interpretantes) y conduce a la asimilación del concepto en términos (signos) que los aprehenden y comunican.

En las ontologías los conceptos son indispensables con fines de representación y organización de la información y se adscriben a los fundamentos del lenguaje como herramienta para la concreción de entidades. Son la esencia de los sistemas de organización del conocimiento; básicamente, la organización del conocimiento es una organización de conceptos (Hjørland 2007).

En la construcción de ontologías, especialmente en la etapa de selección de los conceptos presentes en un dominio, los profesionales de la información contamos con diversas técnicas que posibilitan establecer la nomenclatura conceptual que será la base del sistema. En este rubro, durante los siglos XIX y XX, la ciencia terminológica definió un conjunto de pautas para el asentamiento conceptual, en asociación con la construcción de vocabularios (diccionarios, compendios léxicos, glosarios, etc.). Mientras que, hacia finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, la bibliotecología retomó varios de estos principios y los enriqueció, de modo pragmático, en el desarrollo de vocabularios controlados y clasificaciones documentales.

Actualmente, la identificación de los conceptos de un dominio y su concreción en términos puede realizarse empleando un método o combinando métodos diversos. Entre las técnicas más comunes para la selección de los conceptos que serán el pilar de una ontología, se encuentran:

- *Revisión documental*: a partir de un conjunto de recursos de información del dominio se seleccionan los conceptos y sus simbolizaciones. La revisión documental consiste en extraer los sustantivos y otros elementos nominales que simbolizan los conceptos del dominio (King y Reinold 2008). Se fundamenta en las siguientes fases: división del dominio

en líneas fundamentales, adquisición y análisis del material documentario, recopilación de elementos léxicos, construcción de un sistema de conceptos y determinación de la terminología (Arntz y Picht 1995).

- *Extracción automatizada*: es una práctica fundamentada en el uso de extractores terminológicos automatizados para la selección de los conceptos de un dominio. Aunque la extracción automatizada emergió en la lingüística, debido a sus ventajas también es aplicada en otras disciplinas en las cuales el tratamiento conceptual es fundamental. En la construcción de ontologías el apoyo de tecnologías lingüísticas favorece la extracción de los conceptos del dominio y el establecimiento de contextos definitorios que pueden ser aprovechados en la determinación de atributos y relaciones. Diversas investigaciones sobre ontologías plantean el uso de herramientas tecnológicas que faciliten la actividad. Algunos extractores terminológicos que pueden ser útiles en la selección de los conceptos que formarán una ontología son WordStat, WordSmith Tools, AntCoc, SCP: Simple, Concordance Program y GECO-TermEXt.
- *Conceptos propuestos por expertos del dominio:* los expertos de un campo frecuentemente poseen un vasto repertorio terminológico y conceptual. Con fines de obtención de conceptos, pueden organizarse entrevistas personalizadas o grupos focales en las que los especialistas del dominio tracen las principales divisiones del área y, a partir de ellas, establezcan conceptos generales y específicos. En la práctica, es común que los creadores de la ontología esbocen un primer modelo conceptual que, posteriormente, es enriquecido y validado por los especialistas del área.
- *Encuestas a usuarios del dominio:* la encuesta es otro método para la obtención de conceptos. Mediante encuestas impresas o digitales, es posible recabar un conglomerado conceptual que integre la perspectiva del usuario. Incluso, cuando existe colaboración de los usuarios en la construcción del instrumento, puede solicitárseles la selección de

documentos esenciales de su área de trabajo y la selección de conceptos en tales recursos.

- *Reúso de terminología existente*: los dominios de información cuentan con compendios terminológicos de diversa índole: glosarios, diccionarios, corpus y tesauros que pueden ser retomados en la selección conceptual de una ontología. Aunado a tales herramientas, los SOC propios de la bibliotecología (vocabularios controlados y clasificaciones) también pueden ser fuentes conceptuales para el reúso de vocabulario.

Un aspecto importante en la selección conceptual es la visión de los expertos del dominio (investigadores, académicos, etc.). Si bien ellos no son los encargados de construir la ontología, sí deben ser partícipes del proceso, retroalimentando el trabajo y evaluando el conglomerado conceptual final.

Otro aspecto relevante en la selección de conceptos es la normalización conceptual inherente. Las directrices para la estandarización conceptual en las ontologías proceden de dos corrientes: la terminología y la construcción de tesauros en el ámbito bibliotecológico. Desde la terminología, contamos con *ISO 704: 1987 - Principles and methods of terminology* (International Organization for Standardization 1987), *ISO DIS 860: 1993 - International harmonization of concepts and terms* (International Organization for Standardization 1993), *ISO 1087: 1990 - Vocabulary of terminology* (International Organization for Standardization 1990) e *ISO 10241: 1992 -Terminology standards -Preparation and layout* (International Organization for Standardization 1992). Mientras que desde la bibliotecología podemos agregarnos a las normas: *ISO 25964-1:2011. Thesauri for information retrieval* (International Organization for Standardization 2011) e *ISO-25964-2:2014. Interoperability with other vocabularies* (International Organization for Standardization 2014).

Estructuración de clases

Una clase es un conjunto definido por rasgos o características en común a la vez que cada una de las divisiones que forman un sistema categorial. Constituyen nodos de entidades con características comunes o bien:

> [...] metaconceptos que nombran agrupamientos de términos de una determinada área. En este sentido, se llama clase a los agrupamientos que resultan de la división del universo de conocimiento, de acuerdo con las características intrínsecas o fundamentales de cada concepto (Cavalcanti 1978, 15).

Tanto en la realidad como en la organización del conocimiento, las clases cumplen una función importante, en tanto que:

> [...] permiten relacionar unas cosas con otras en términos de similitud o diferencias y están involucradas en la manera como percibimos, analizamos, predecimos o clasificamos. Sin las categorías o clases, percibiríamos el mundo como un desorden difuminado de cosas sin relaciones comprensibles o sobresalientes (Glushko 2013, 237).

Las clases son fundamentales en la percepción que las personas tienen del mundo. Desde nuestras etapas de vida más tempranas, los seres humanos ordenamos el mundo en clases que al paso del tiempo se fortalecen y fragmentan (Taylor y Joudrey 2009). Los bebés, por ejemplo, hacen agrupaciones de las entidades en animadas o inanimadas; mientras que la interacción de los niños pequeños con la realidad se fundamenta en rubros como familia, escuela, animales, comida, juguetes, etcétera.

Las clases pueden ser analizadas desde diversas perspectivas: semántica, metafísica y ontológica. Consecuentemente, la construcción de cualquier sistema categorizador es un proceso complejo en el que convergen teorías de al menos tres disciplinas: filosofía, lingüística y teoría cognitiva.

En la filosofía, las clases tienen su origen en las *Categorías* de Aristóteles, obra en la que se enuncian diversas características que los entes poseen: sustancia, cantidad, cualidad, lugar, tiempo, acción, etcétera. Otra aportación al tema fue esbozada a mediados del siglo XVII por Kant, quien estableció que las clases tienen como punto de partida al sujeto que conoce. Según el filósofo prusiano, el sujeto, si bien establece contacto con la realidad, posee un conocimiento *a priori* que le posibilita construir categorías. Bajo esta noción, las clases existen sólo a partir de un sujeto que percibe y no conocemos el mundo tal como es, sino mediante impresiones de éste que son filtradas por nuestra capacidad cognitiva.

Según la filosofía del lenguaje, especialmente la perspectiva de Wittgenstein, las clases se encuentran estrechamente ligadas al lenguaje, que es la herramienta universal para representar y configurar el mundo. El hecho de nombrar implica caracterizar y agrupar; el nombre no engloba la realidad, pero sí tiene el poder de crearla en la mente de quien lo percibe. En la filosofía las clases son nociones abstractas a partir de las cuales las entidades son reconocidas, diferenciadas y clasificadas. La segmentación de las entidades posibilita formalizar una estructura y mediante la categorización el ser humano tiene la posibilidad de conocer y comprender el mundo que lo rodea.

La lingüística es otra disciplina que ha contribuido significativamente en la construcción de la teoría categorial. En este campo, las clases son constructos mentales que se formalizan en actos lingüísticos. Luque Durán afirma que:

> Categorizar es reconocer. La lengua es un conjunto de signos y nociones mediante los cuales se ponen en correspondencia una imagen externa con una retro imagen almacenada en el cerebro. Categorizar, es decir, dar nombre individual y coyunturalmente, es la operación mediante la cual se conecta la imagen de una realidad [objeto de la realidad] a una noción prototípica dentro del conjunto o inventario de signos/nociones que existen en una lengua (Luque 2004, 103).

Bajo la visión lingüística, las palabras son el instrumento mediante el cual se definen las entidades y se estructuran las categorías que componen el mundo. El sujeto posee una estructura conceptual-terminológica que encadena tres elementos: realidad-pensamiento-lenguaje.

Una tercera contribución a la teoría de las clases fue aportada por las ciencias cognitivas, campo en el que se asume que la construcción de clases o categorías es una de las habilidades más importantes de nuestro sistema cognitivo (Glatzeder *et al.* 2010). Las ciencias cognitivas consideran que la categorización mantiene estrecha relación con el pensamiento, de manera que cada vez que vemos o pensamos una entidad, creamos celdas bien definidas en las que arreglamos nuestro universo de saber. Así, cuando razonamos acerca de las entidades (muebles, enfermedades, países, emociones, etc.) estamos empleando categorías. Sin la habilidad de categorizar no podríamos funcionar en el mundo físico ni en nuestra vida social e intelectual.

Según la perspectiva psicológica-cognitiva, los sujetos poseen categorizaciones, construidas socialmente a lo largo la vida. Así, la habilidad clasificadora del ser humano se encuentra asociada a estructuras previamente establecidas que consideran la perspectiva individual y la garantía cultural, entendida como el aprendizaje validado socialmente.

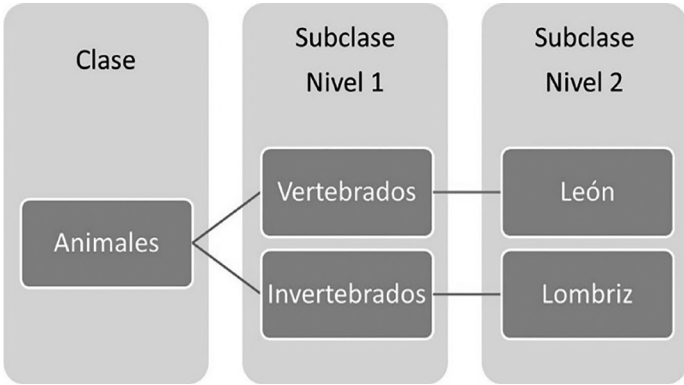
Históricamente, la construcción de clases abarca desde las civilizaciones más antiguas hasta nuestros días. Situados en la bibliotecología, la categorización ha estado asociada a la construcción de los diversos sistemas de organización del conocimiento, desde los listados de temas de las bibliotecas de la Antigüedad, hasta las modernas ontologías. Las clases son el principio de estructuración nodal que empleamos para el encasillamiento de recursos de información bajo una etiqueta lingüística que engloba entidades documentales similares. De modo más pragmático, las clases han sido fundamentales en la construcción de sistemas como Library Congress Subject Headings (LCSH), Decimal Dewey Classification (DDC), Library Congress Clasification (LCC) y Universal Decimal Classification (UDC).

Ahora bien, ¿cómo operan las clases en una ontología? En este tipo de sistemas, las clases suelen presentarse como un árbol taxonómico que integra conceptos generales en los niveles superiores y conceptos cada vez más específicos en las partes subsecuentes de la estructura. Para modelar el dominio:

> Una ontología estará formada por una taxonomía relacional de conceptos y por un conjunto de axiomas o reglas de inferencia mediante los cuales se podrá inferir nuevo conocimiento (Peis Redondo *et al.* 2003, 3).

Dado que el objetivo de las ontologías es explicitar las conceptualizaciones de un dominio, en éste persisten múltiples niveles categoriales. La estructura ontológica se ramifica desde niveles superiores hasta clases reducidas. Así, por ejemplo, la clase "animales" —entendida como seres orgánicos que viven, sienten y se mueven por impulso propio— podría subdividirse en las subclases "vertebrados" e "invertebrados," y, posteriormente, reducirse a clases más específicas como "león" y "lombriz" (Figura 21).

Figura 21. Clases y subclases en ontología



Fuente: elaboración propia 2021.

Planear y construir las clases de una ontología son tareas laboriosas. Aunque los bibliotecólogos frecuentemente estamos en contacto con la categorización, nuestro acercamiento corresponde, mayormente, al acomodo de recursos en las clases propuestas por los sistemas de organización del conocimiento (Barité 2000). Tal tendencia, sin embargo, empieza a transformarse ante las actuales exigencias del arreglo del conocimiento, bajo las cuales los profesionales del campo recurrentemente se ven en la necesidad de planear, diseñar e implementar estructuras en función de necesidades ordenadoras específicas; por ejemplo: crear un cuadro de clasificación para un archivo, categorizar una colección reducida de recursos de información multimedia en la web, crear una lista de temas sobre los cursos que ofrece una universidad, la biblioteca, etcétera.

Concretar una estructura categorial implica movernos del estatus de usuario de un sistema de organización del conocimiento, al estatus creador de un sistema de organización del conocimiento. Colocados en la segunda posición, el esqueleto de clases que soporta una ontología implica conocimientos de naturaleza lógica, cognitiva, lingüística y bibliotecológica.

En el establecimiento de las clases de una ontología contamos con dos métodos de acercamiento al dominio: analítico-sintético y sintético-analítico, que puede aplicarse de manera independiente o combinados:

- Modelo analítico-sintético (arriba-abajo): una vez identificado el concepto superior, se establecen divisiones y subdivisiones. De manera que si, por ejemplo, estamos construyendo una ontología del dominio "química", el proceso implicará determinar cuáles son sus áreas de trabajo o qué ramas la componen. El método se fundamenta en las divisiones de la disciplina que han sido consensuadas por expertos del campo. Si bien es la opción más empleada en la construcción de ontologías, presenta problemas cuando se trabaja en áreas en las que es difícil definir las subdivisiones o cuando se trata de campos disciplinares nuevos en los que los conceptos y su jerarquía no están claramente delimitados.

- Modelo sintético-analítico (abajo-arriba): suele aplicarse en dominios de conocimiento cuyas líneas divisorias son difusas. En este caso, se recogen todos los conceptos posibles de obtener y, luego, éstos se agrupan en categorías. También resulta de suma utilidad para las ontologías cuya base es un conjunto de entidades de información (objetos, documentos, archivos digitales, etc.) en las que el dominio se encuentra semi-estructurado.

En la determinación de las clases es importante considerar un conjunto de principios inherentes al proceso:

- Principio de validez: las clases son sustentables a partir de los rasgos de sus elementos formantes.
- Principio de coherencia: el esquema de clases debe representar el orden natural del dominio.
- Principio de estratificación: según el cual las clases de un estrato inferior se hallan contenidas en las de un estrato superior.
- Principio de división: toda división debe producir al menos dos clases.
- Principio de hospitalidad: el sistema deberá ser flexible para la incorporación de nuevas clases.

Algunas técnicas que auxiliarán al profesional de la información en el desarrollo de las clases que compondrán la ontología son:

- Enumeración: consiste en listar conceptos bajo una clase enunciada, por ejemplo: "animales de granja" > "conejos", "cabras", "vacas", "borregos", etcétera. Este principio también es conocido como *definición extensional* y los miembros de la clase son denominados *extensiones*.
- Propiedades únicas: es un proceso intuitivo que considera las propiedades de las entidades; por ejemplo, tamaño, color, forma, peso, material composición y textura, y los agrupa considerando ese rasgo; por ejemplo: "copos de nieve"

> formas: “dentritas estelares”, “rosetas de balas”, “cristales triangulares”, “columnas huecas”, etcétera. Este principio es conocido como *definición intensional* y las propiedades definidas son *intensiones*.

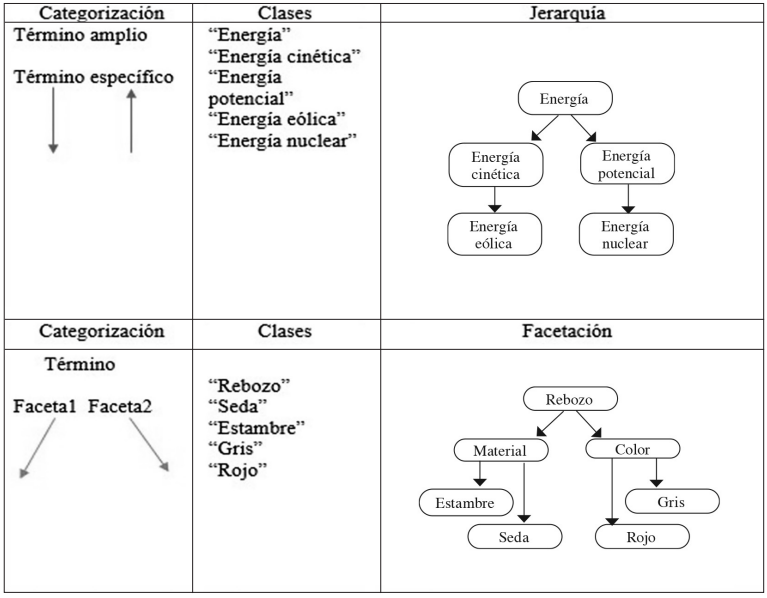
- Similitud: se considera una caracterización para los conceptos que se incluirán en la clase; por ejemplo, “ave”> rasgos: alas, plumaje, dos patas, pico> “canario”, “gaviota”, “avestruz”, etcétera.
- Función: se establecen funciones o finalidades que son el eje categorizador; por ejemplo, “ingredientes para preparar sopa” > “pasta”, “jitomate”, “condimentos”, “aceite”, “sal”, etcétera.
- Propiedades múltiples: se establecen diversos rasgos que se van siguiendo en la categorización; por ejemplo, una división de “vestidos”, primero, según su función “vestidos de trabajo” “vestidos de vestir casual”, “vestidos para fiestas”, luego por propiedad única “vestidos cortos”, “vestidos largo medio”, “vestidos largos” y luego por otra propiedad única “vestidos negros”, “vestidos rojos” y “vestidos blancos”. Tal categorización ofrece una estructura rica y delimitada.

Las clases de una ontología se fundamentan en dos principios: jerarquización y facetación. En la jerarquía predomina la subordinación, mientras que en la facetación predomina la imposición de algún aspecto como principio de la división (materia, espacio, tiempo, etc.) (Figura 22):

Finalmente, en la construcción de cualquier estructura clasificatoria deberán considerarse ciertas garantías que validen la estructura:

- La garantía del usuario (Lancaster 2002): en la determinación de toda clase es importante considerar los requerimientos y expectativas de los usuarios. Si existe la posibilidad, se pueden hacer consultas con los usuarios del dominio o los expertos del área para que retroalimenten la estructura.
- La garantía académica (Bliss 1939) considera el punto de vista de estructuras previas del dominio, recuperables

Figura 22. Jerarquización y facetación en la construcción de clases



Fuente: elaboración propia, 2021.

mediante la consulta de tesauros y clasificaciones, así como la división del dominio en líneas de investigación, la especialización académica y la producción literaria.

- La garantía estructural (Bliss 1939) considera la validación de la estructura en los ámbitos organizacionales que la usarán.
- La garantía lógica (Fraser 1978) supervisa la coherencia de la estructura en términos de aplicación.

Definición de instancias

Las instancias son los niveles categoriales más bajos de las ontologías. La clase es una categoría de objetos que comparten rasgos

comunes, mientras que una instancia es cada una de las entidades particulares que forman una clase. El estándar Functional Requirements for Subject Authority Data (FRSAD) (International Federation of Library Associations 2010) señala que la distinción clase-instancia es fundamental en los sistemas de organización del conocimiento que contemplan altos niveles de especificación:

> La distinción Clase / Instancia es esencialmente equivalente a la distinción universal / particular, realizada típicamente sobre la base de la instanciabilidad (y por tanto es a veces descrita en la literatura filosófica como una distinción clase / instancia).
>
> Por ejemplo:

Clase	*Instancia*
Palacios	Palacio de Buckingham
Barcos	El Lusitania

> (International Federation of Library Associations 2013, 18).

La distinción clase-instancia tiene un fuerte arraigo en el tratamiento temático de las entidades objeto y también se observa relevante en la organización de ciertas entidades documentales. La estructuración de un dominio hasta nivel de instancias implica la definición de las entidades de modo particularizado.

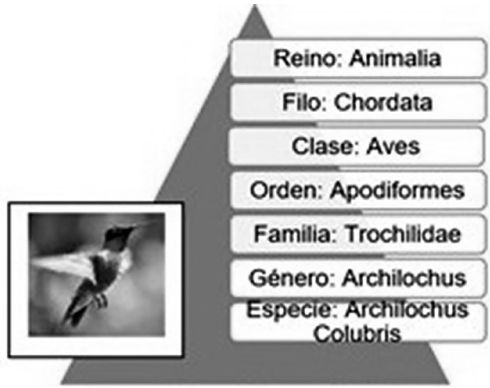
La instanciación ha estado presente en la organización del conocimiento que la bibliotecología realiza. La observamos en los catálogos bibliotecarios cuando a un mismo recurso se le agregan encabezamientos de materia como "Novelistas españoles-Biografías" (clase) y "Millás García, Juan José – Biografías" (instancia). No obstante, en los tiempos actuales la noción de instancia se ha revalorado debido a la construcción de sistemas que día a día se expanden hacia ámbitos comerciales, económicos, industriales, etcétera.

Actualmente, muchos dominios de conocimiento están construyendo ontologías en las que la instanciación es un aspecto crucial. Tal es el caso de las ciencias biológicas, campo en el que cada entidad debe nombrarse de modo preciso. La instanciación también es trascendental cuando se desarrollan sistemas que albergarán

objetos particulares, por ejemplo, una colección de esculturas, una colección de productos, etcétera.

Un claro ejemplo de instanciación lo observamos en el dominio biológico. Si en tal área construyéramos una ontología sobre "Aves", primero se tendrán clases en niveles altos y, en la parte más profunda del instrumento, cada una de las distintas aves se registrará como una instancia. Obsérvese el ejemplo siguiente (Figura 23):

Figura 23. Instancias en ontología

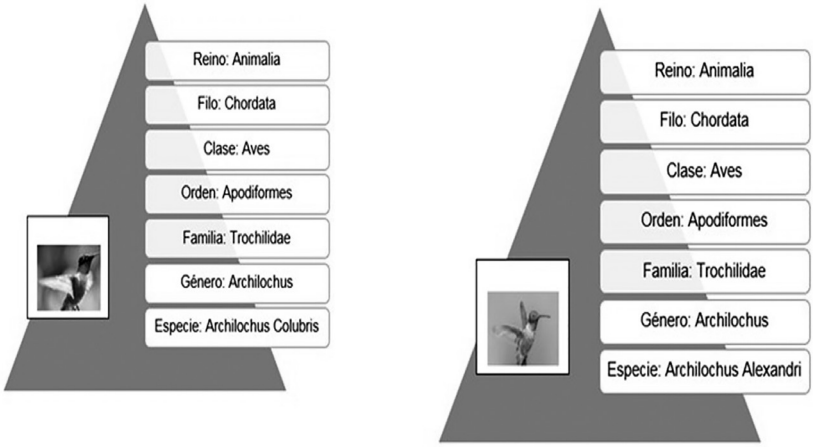


Fuente: elaboración propia, 2021.

La identificación de las instancias implica el despliegue jerárquico de la ontología hasta el nivel de individuos semánticamente inconfundibles. De tal forma, las instancias constituyen el nivel mínimo de granularidad, entendido como un proceso de descomposición consecuente en partes.

Retomando el ejemplo presentado anteriormente, la instancia *Archilochus Colubris* compartirá ciertas propiedades, por ejemplo, con la *Archilochus Alexandri*, pero al final presentarán rasgos específicos que las caracterizarán como entidades diferentes (Figura 24):

Figura 24. Diferenciación de instancias en ontología



Fuente: elaboración propia, 2021.

La determinación de instancias es sustancial en ontologías vinculadas a disciplinas como biología, química, medicina, meteorología, etcétera, mientras que en otros dominios como las ciencias sociales y las humanidades pueden imperar criterios menos estrictos.

La determinación del nivel de granularidad que caracterizará a una ontología debe establecerse desde el momento de su planeación, en vista de que si tal aspecto no se define, las clases corren el riesgo de expandirse de manera desproporcionada; esto es, algunas clases pueden tener un despliegue hasta nivel de instancia y otras no, o bien el instrumento puede ampliarse de manera continua y ser incontrolable en el momento de definir atributos y relaciones.

La decisión sobre dónde empezarán las clases y dónde terminarán, cuántos niveles categorizadores se desarrollarán y si se incluirán instancias o no es crucial en el desarrollo de ontologías. En aras de dar respuesta a tales cuestionamientos, los desarrolladores de la herramienta deberán considerar el alcance de la ontología, la naturaleza del dominio y la visión experta de los profesionales

del campo y los usuarios potenciales, pues cada dominio de conocimiento es único y requiere diversos niveles de formalización.

Asentamiento de propiedades

La noción de propiedades o atributos, entendida como los elementos caracterizadores de la entidad, ha estado presente en la representación que la bibliotecología ha hecho de los campos de conocimiento y los recursos de información. Sin embargo, ha cobrado mayor importancia a partir de las declaraciones de *Functional Requeriments for Bibliographic Recordings* (1998), especialmente bajo el modelo conceptual del universo bibliográfico.

Según Tillet, los atributos son metadatos (Tillet 2003, 3). Esto es, datos que describen una entidad de información con el claro objetivo de hacerla identificable. Según la Ontología, cada entidad (real o abstracta) posee propiedades. Así, un "árbol" puede definirse a partir de tres elementos:

- Es una planta que
- tiene un tronco leñoso que
- se ramifica a cierta altura (Real Academia Española 2021).

La definición de propiedades, que como hemos visto, también son llamadas *slots* o roles, es primordial en la formación de bases ontológicas. Los atributos de una entidad pueden ser de tres tipos:

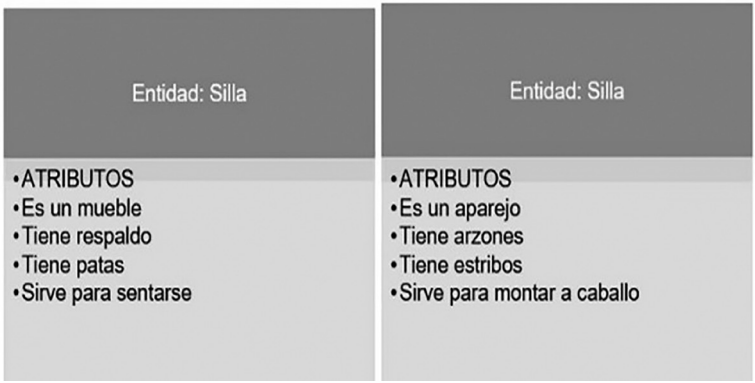
- Propiedades intrínsecas: inherentes a la entidad y su ser.
- Propiedades extrínsecas: vinculadas a la entidad y su relación con el universo.

- Relaciones con otras entidades: son relaciones entre miembros individuales, en el marco de un dominio de conocimiento.

En la construcción de ontologías, las entidades conceptuales poseen atributos que las caracterizan. El establecimiento de propiedades

define la entidad frente a otras entidades con denominación diferente e, incluso, la diferencia de entidades con la misma denominación. Los atributos son rasgos particulares que hacen que algo sea, sin posibilidad de que pueda ser confundido con algo más. Lo enunciado anteriormente se explica con el siguiente caso (Figura 25):

Figura 25. Atributos en ontología



Fuente: elaboración propia, 2021.

En ambos casos tenemos la misma denominación: "silla"; sin embargo, los atributos describen explícitamente las entidades y clarifican su significado. Desde un enfoque más práctico, la definición de atributos es útil cuando creamos una ontología en la que requerimos explicitar los rasgos de las clases o instancias; por ejemplo, cuando se construye una ontología de vinos, en la que los atributos pueden ser: coloración, composición, casa productora, maridaje, etcétera.

Construcción de relaciones

En la organización del conocimiento, las entidades poseen relaciones cuya finalidad es mostrar con claridad un dominio. Aunado a ello, posibilitan encontrar, seleccionar y recuperar recursos

de información o entidades de manera semántica. Aunque todos los sistemas de organización del conocimiento poseen relaciones, su alcance es diverso: los encabezamientos de materia, por ejemplo, tienen relaciones de envío, mientras que los tesauros contemplan asociaciones de término amplio, término específico y término relacionado.

Aunque la mayoría de los sistemas de organización del conocimiento incorporan relaciones entre los conceptos que incluyen, su uso es diverso. Peters y Weller (2008) han encontrado la siguiente estructura relacional en cada uno de los SOC empleados en la bibliotecología desde los tiempos antiguos hasta la actualidad (Figura 26):

Figura 26. Relaciones en los sistemas de organización del conocimiento

Listados de temas y glosarios	Encabezamientos de materia	Clasificaciones y taxonomías	Tesauros	Ontologías
•No incluyen relaciones	•Equivalencia •Asociaciones (USE, UF)	•Equivalencia •Jerarquía	•Equivalencia •Hiponimia •Meronimia •Asociaciones generales (BT, NT, RT, etc.)	•Equivalencia •Hiponimia •Meronimia •Asociaciones específicas (Materia prima-Producto, Causa-Efecto, etc.)

Fuente: elaboración propia con información de Peters y Weller (2008).

A grandes rasgos, las ontologías se fundamentan en redes de conceptos que, por una parte, simulan la estructura real del dominio de conocimiento y, por otra, forman nodos de datos enlazados que servirán para recuperar la información.

En lo tocante a vinculación, las ontologías presentan múltiples relaciones estructuradas en tripletas Resource Description

Frameword (RDF)[5] que les posibilitan explicitar con gran precisión un dominio de conocimiento.

Hedden indica que:

> Los vocabularios controlados más básicos y los archivos de autoridad tienen al menos la relación de equivalencia. Los esquemas de clasificación y categorización, tesauros y las taxonomías tienen relaciones jerárquicas. Los tesauros las ontologías y los campos semánticos adicionalmente tienen relaciones asociativas. [...] De hecho, el tipo de relación en un sistema organizador del conocimiento dado es frecuentemente definitorio de sus características (Hedden 2010, 97).

En el caso de las ontologías, las relaciones responden a tres funciones: explicitar la naturaleza y comportamiento del dominio para reconstruir el conocimiento, presentar modelos organizadores del conocimiento que sean significativos y capturar de manera semántica (conceptual y relacional) procesos o dominios.

Frecuentemente, la estructura relacional de las ontologías suele ser comparada con la de los tesauros. Al respecto, es necesario señalar que las ontologías contemplan todas las relaciones posibles de crear en un tesauro, pero agregan más posibilidades. La mayor diferencia entre ambas herramientas estriba en que las relaciones en las ontologías pueden ser creadas empleando una sintaxis sujeto-predicado-objeto propia de RDF que permite crear cualquier tipo de relación que se requiera para explicitar información sobre un dominio de conocimiento, por ejemplo:

Tripleta RDF
Sujeto + *Predicado* + Objeto

- Frida Kahlo *nació en* Coyoacán.
- Coyoacán *está ubicada en* Ciudad de México.

5 En el apartado Marco de Descripción de Recursos de este libro se trata detalladamente la estructura RDF.

- Diego Rivera *estuvo casado con* Frida Kahlo.
- Frida Kahlo *fue una* pintora mexicana.

Pedraza Jiménez, Codina y Rovira asumen que:

> Ciertamente, y al igual que un tesauro, las ontologías pueden considerarse lenguajes documentales con distinto nivel de estructura, pero a diferencia del tesauro tradicional, en primer lugar, están elaboradas con una sintaxis comprensible para los ordenadores. Además, como hemos visto, las ontologías contemplan un conjunto más amplio de relaciones que las de clase y subclase (como en una taxonomía) o las de sinonimia y meronimia (como en un tesauro) ya que en principio estas relaciones no están cerradas, sino que en parte dependen de las relaciones reales que se den entre las clases y los individuos del dominio modelado por la ontología (Pedraza *et al.* 2007, 574).

Hasta ahora la sintaxis sujeto-predicado-objeto, propia de RDF, ha evidenciado buenos resultados en el establecimiento de relaciones en las ontologías. Aunque la teoría señala que mediante tal sintaxis es posible crear casi cualquier tipo de relación, algunas relaciones que comúnmente han sido establecidas y aplicadas en las ontologías son:

- Relaciones de equivalencia: relación de palabras con el mismo significado. Este tipo de relación se da en el nivel denominativo. Dos términos son equivalentes si son denominaciones del mismo concepto. Las relaciones de equivalencia contemplan tres niveles:
    - Relación sinonímica: los denominaciones o términos significan exactamente lo mismo, por ejemplo, “automóvil” = “coche”.
    - Relación cuasi sinonímica: son términos frecuentemente usados como sinónimos sin serlo en un sentido estricto: “dolor de cabeza” = “cefalea”.
    - Relación término aceptado-no aceptado: un término no aceptado se asocia de modo equivalente al término

aceptado, por ejemplo, "violencia hacia la mujer" (no aceptado) = "violencia contra las mujeres" (aceptado).

- Relaciones jerárquicas: revelan grados o niveles de superioridad y subordinación. El término de orden superior representa una clase o un todo, y los términos subordinados se refieren a sus miembros o partes. Son de tres tipos:
  - Relación genérica: es la relación lógica de inclusión. En la literatura informática y la creación de ontologías formales es empleada en las características de herencia, por ejemplo, "animalia" > "chordata" > "aves".
  - Relación todo-parte: refiere a situaciones donde un concepto está intrínsecamente incluido en otro, por lo que los conceptos se pueden organizar en jerarquías. Implican relaciones de un hiperónimo con respecto a sus hipónimos, por ejemplo, "sistema respiratorio" > "pulmones".
  - Relación ejemplo: indica la relación entre una clase general de cosas o acontecimientos expresados por un nombre común y un ejemplo de dicha categoría expresado por un nombre propio. Frecuentemente es empleado en la diferenciación clases-instancias, por ejemplo, "procesadores de textos" > "Microsoft Office Word".
- Relaciones asociativas: son conexiones establecidas a partir del dominio que trata la ontología. Según FRSAD, las relaciones asociativas cubren conceptos que no están relacionados jerárquicamente, pero están conectados semánticamente y co-ocurren. Semánticamente, existen muchos tipos de relaciones asociativas. FRSAD establece las siguientes:
  - Causa/Efecto: un concepto motiva o produce un efecto sobre otro concepto, por ejemplo, "fuerzas de atracción gravitatorias" / "mareas".
  - Proceso/Agente: una acción y el objeto, persona o institución que la lleva a cabo, por ejemplo, "aprobar leyes" / "Cámara Legislativa".
  - Acción/Producto: una acción genera un producto, por ejemplo, "bordar" / "bordados".

- Acción/Entidad paciente: una acción y el paciente u objetivo sobre el que produce un efecto, por ejemplo, “enseñanza” / “estudiante”.
- Concepto/Propiedades: un concepto asociado a rasgos fundamentales que lo caracterizan, por ejemplo, “silla” / “respaldo.”
- Acción o cosa/ Entidad agente: un agente cuya acción repercute en una acción o cosa, por ejemplo, “plaga” / “plaguicida”.
- Todo/Parte: relación entre la entidad y sus elementos constituyentes todo/parte, por ejemplo, “flor”/ “pétalos”.
- Materia prima/Producto: materia prima necesaria para generar un producto, por ejemplo, “manzana” / “sidra”.
- Acción/Propiedad: una acción y aquellas propiedades indispensables para que se lleve a cabo, por ejemplo, “enseñanza” / “recursos didácticos”.
- Campo de estudio/Objeto o Fenómenos estudiados: un área de estudio y su objeto de análisis, por ejemplo, “citología” / “célula”.
- Relación espacial: entidad y su vinculación espacial, por ejemplo, “misa” / “iglesia”.
- Relación funcional: entidad funcionalmente relacionada con entidad, por ejemplo, “aceite” / “motor”.
- Relación temporal: entidad asociada con una faceta temporal, por ejemplo, “Primera Guerra Mundial” / “1914-1918”.
- Relación conceptual: alguna asociación lógica entre dos entidades, por ejemplo, “pasta de dientes” / “cepillo dental”.
- Administrativamente parte de: una entidad que administrativamente depende de otra, por ejemplo, “Gobierno Federal” / “Secretaría de Gobernación”.
- Administrativamente miembro de: un elemento que es miembro de uno superior, por ejemplo, “Senador” / “Poder Legislativo”.

- Administrativamente sede de: entidad sede de un evento o entidad, por ejemplo, "ONU" / "Nueva York".
- Convencionalmente calificado por: entidades que certifican procesos o cosas, por ejemplo, "servicios" / "ISO9000".
- Miembro geográfico de: una entidad que geográficamente está asociada a otra, por ejemplo, "Nebraska" / "Estados Unidos de América".
- Físicamente conectado a: una entidad que frecuentemente se conecta a otra, por ejemplo, "arterias coronarias" / "corazón".

Las metodologías para la construcción de tesauros incluyen también un conjunto de relaciones que pueden ser extrapoladas a las ontologías:

- Entre una cosa y su aplicación, por ejemplo, "adhesivos" / "uniones".
- Entre un efecto y su causa, por ejemplo, "fractura quebradiza" / "fragilidad por el hidrógeno".
- Entre una cosa y una propiedad íntimamente ligada a ella, por ejemplo, "goma" / "elasticidad".
- Entre una materia prima y un producto, por ejemplo, "caolín" / "porcelana".
- Entre dos actividades complementarias, por ejemplo, "enseñanza" / "aprendizaje".
- Entre entidades opuestas, por ejemplo, "vida" / "muerte."
- Entre una actividad y una propiedad asociada a ella, por ejemplo, "flexión" / "plasticidad".
- Entre una actividad y una agente de esa actividad, por ejemplo, "procesamiento de datos" / "sistemas automatizados".
- Entre una actividad y un producto de esa actividad, por ejemplo, "construcción" / "estructuras".
- Entre una cosa y sus partes, por ejemplo, "aviones" / "fuselaje".

Cuando se determinan las relaciones en una ontología, debe prevalecer el principio de utilidad. Los creadores del instrumento deberán cuestionarse si es probable que alguien que busque información bajo el concepto A, pueda también estar interesado en la información proporcionado por el concepto B. Si la respuesta es afirmativa, entonces entre A y B deberá establecerse algún tipo de vinculación.

En el establecimiento de las relaciones es común que surja un cuestionamiento: ¿cuáles y cuántos tipos de relaciones es recomendable emplear? Tal decisión depende de dos aspectos: la naturaleza del dominio y la complejidad de la ontología que se está creando.

En cuanto a la naturaleza del dominio, cada área tiene una estructura particular. Las relaciones que la herramienta considera dependen del dominio y los conceptos que lo forman. Así, algunos dominios tendrán muchas relaciones, mientras que otros poseerán pocas. Algunos dominios tendrán muchas relaciones causales, mientras que otros presentarán mayor número de relaciones espaciales, temporales, funcionales, etcétera. FRSAD (International Federation of Library Associations 2013, 26) menciona que "en cada implementación particular [de cualquier sistema de organización del conocimiento], se tomará una decisión respecto a si es preciso incluir relaciones asociativas y, en ese caso, cuáles incluir y a qué nivel de especificidad".

Las relaciones también dependen del nivel de formalización de la ontología que se está diseñando. En las ontologías ligeras o semiformales predominan las relaciones de equivalencia, jerarquía y, ocasionalmente, se incluyen algunas relaciones asociativas. En comparación, las ontologías pesadas o formales suelen integrar todos los tipos de relaciones que el dominio incluye en la realidad.

Por último, es importante recordar que las relaciones de una ontología son soportadas por dos estándares: Resource Description Framework (RDF) y Ontological Web Language (OWL). Los editores ontológicos más comunes (Protégé, TopBraid Composer, etc.) contemplan dicha estructura para expresar adecuadamente todas las vinculaciones que los desarrolladores de ontologías asumen necesarias.

Axiomas

Los axiomas se usan para modelar sentencias en la ontología y son esbozados en modo afirmativo, por ejemplo: Clase X *Disjoint with* Clase Y. Posibilitan crear un entramado coherente en la herramienta e inferir conocimiento. La decisión sobre qué axiomas establecer en una ontología guarda relación con la construcción del entramado de clases y relaciones y con el dominio que intentamos representar. Cada dominio o universo requiere de axiomas específicos para ser modelado. El uso de axiomas también depende del nivel de formalización de la ontología: las ontologías ligeras contienen pocos axiomas, mientras que las ontologías pesadas incluyen un número mayor de axiomas o restricciones de propiedades.

Evaluación

En el diseño de ontologías la evaluación es una actividad fundamental. Una vez que el instrumento ha sido terminado, deben emprenderse tareas de diagnóstico que pueden ser llevadas a cabo por los creadores de la ontología o bien por personas o grupos ajenos al equipo de diseño.

Actualmente contamos con diversas propuestas que nos permiten evaluar la calidad de las ontologías. Al respecto, es recomendable considerar varias de ellas, pues sus perspectivas de análisis son diversas y de manera conjunta pueden ofrecer mejores resultados en esta etapa de revisión de la herramienta.

Gruber (1995) considera los siguientes elementos que pueden ser contemplados como aspectos de evaluación tanto en el proceso de desarrollo de la ontología, como en su evaluación final:

- Claridad: una ontología debe comunicar eficazmente el significado de los términos definidos. Si bien la motivación para definir un concepto puede estar influenciada por situaciones sociales, la definición debe ser objetiva. Siempre que sea posible, se prefiere una definición completa

(un predicado definido por condiciones necesarias y suficientes) frente a una definición parcial (definida sólo por condiciones necesarias o suficientes). Por demás, todas las definiciones deben documentarse en lenguaje natural.

- Coherencia: una ontología debe ser coherente. La coherencia debe aplicarse tanto a los conceptos que se definen, como a la estructura categorial, relacional y axiomática. Si una sentencia que puede deducirse de los axiomas contradice otra sentencia que también puede deducirse de los axiomas o contradice una definición, entonces la ontología presenta problemas.
- Extensibilidad: una ontología debe estar diseñada para anticipar los usos del vocabulario compartido. Debe ofrecer la base conceptual para una serie de tareas previstas, y la representación debe considerar que, en el futuro, la ontología puede ampliarse o especializarse según los requerimientos del dominio que explicita.
- Sesgo de codificación mínimo: la ontología debe expresarse en una codificación común. Un sesgo de codificación se produce cuando las opciones de representación se hacen por la conveniencia de la notación o la implementación. El sesgo de codificación también debe minimizarse con fines de interoperabilidad e intercambio de conocimiento.
- Compromiso ontológico mínimo: una ontología debe considerar el mínimo compromiso ontológico para apoyar las actividades de intercambio de conocimiento previstas. Dado que el compromiso ontológico se basa en el uso coherente del vocabulario, se puede minimizar el compromiso ontológico especificando la teoría más esencial y definiendo sólo los términos que son esenciales para la comunicación del conocimiento.

La planeación, el desarrollo y la implementación de ontologías es un proceso costoso en tiempo y esfuerzo. Teniendo conocimiento de esto, los encargados del proyecto deben realizar evaluaciones de la

herramienta dirigidas a su optimización. Con miras a realizar evaluaciones de ontologías, Porzel y Malaka (2004) proponen un método de evaluación fundamentado en un principio y tres rubros específicos:

- Principio de eficacia: originalmente la ontología fue diseñada con un propósito, entonces, el primer rubro de análisis debe estar dirigido a si cumple o no con la meta para la que originalmente fue creada. Para medir la eficacia es recomendable emprender pruebas de uso, procesos de resolución de tareas y encuestas con usuarios.

En cuanto a los rubros específicos, los autores señalan:

- El alcance del vocabulario (las clases ontológicas como conceptos).
- La propiedad de la taxonomía, es decir, la jerarquía.
- La adecuación de las relaciones no taxonómicas, es decir, el ajuste de la relación semántica.

Desde una perspectiva sistemática, Brank, Grobelnik y Mladonić (2005) establecen la siguiente propuesta de evaluación:

- Nivel léxico, de vocabulario o de datos: la atención se centra en qué conceptos, instancias, hechos, etcétera se han incluido en la ontología y en el vocabulario utilizado para representar o identificar tales conceptos.
- Jerarquía o taxonomía: analiza aspectos lógicos y coherentes de la taxonomía, en esta labor pueden participar los expertos del dominio.
- Otras relaciones semánticas: revisa las relaciones presentes en la ontología que no están incluidas en la jerarquía; es decir, todas las relaciones que no son "*is a*". Considera aspectos de coherencia semántica y la relevancia cada tipo de relación.

- Nivel de contexto o de aplicación: evalúa si, en términos de aplicación, la ontología ofrece resultados a sus usuarios.
- Nivel sintáctico: considera el lenguaje de estructuración de la herramienta.
- Estructura, arquitectura, diseño: estima la calidad de estructura, diseño y arquitectura tecnológica de la ontología.

A partir de las propuestas antecedentes, es posible sintetizar que los criterios básicos para evaluar la ontología que hemos diseñado o deseamos reusar con fines específicos son:

- Evaluación técnica: considera criterios léxicos, jerárquicos, semánticos y axiomatizados. Entre las actividades se deberá emprender la revisión de conceptos, clases, instancias, atributos, relaciones y axiomas.
- Evaluación de uso: valoración de la herramienta a partir de los objetivos para los que fue desarrollada, búsquedas establecidas, navegación y procesos de inspección con usuarios finales del sistema.
- Evaluación sistemática: coherencia, claridad, extensibilidad, codificación y compromisos ontológicos que hacen del instrumento un engranaje complejo.
- Evaluación tecnológica: revisa los lenguajes de expresión de la ontología, hace pruebas de razonamiento del instrumento.
- Evaluación de diseño: contempla aspectos relacionados con la presentación formal y visual de la ontología en el contexto digital (local) o en red en el que se insertará.

Lenguajes de expresión, lenguajes de consulta y editores

Desde el punto de vista tecnológico, la construcción y consulta de ontologías depende de un conjunto de herramientas que pueden dividirse en tres grupos:

Lenguajes de expresión: son normas empleadas para la construcción de las ontologías; contemplan XML, RDF, OWL y SKOS.

Lenguajes de consulta: permiten la interrogación o consulta de ontologías, contemplan SPARQL.

Editores: son compiladores que auxilian en la construcción de ontologías y permiten la incorporación de complementos: visualizadores, razonadores, etcétera.

Lenguaje de Marcado Extensible (XML, Extensible Markup Language)

XML es el acrónimo de Lenguaje de Marcado Extensible. Fue desarrollado en 1999 por el World Wide Web Consortium y es un metalenguaje para almacenar datos. Es una tecnología para la expresión de la información en la web; no obstante, va más allá, pues constituye un estándar para el intercambio de información estructurada en diversas plataformas. A diferencia de su antecesor SGML, brinda mayores posibilidades de especificación de recursos y posibilita la compatibilidad entre sistemas de forma segura, fiable y fácil.

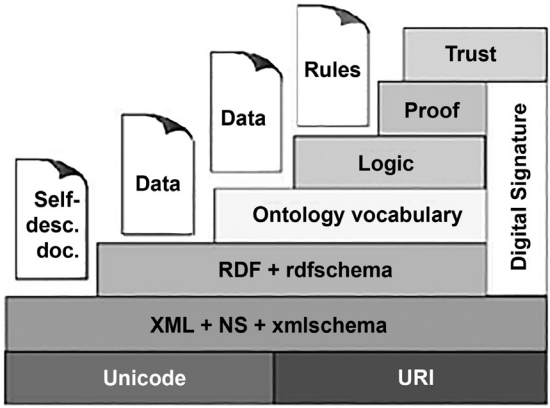
XML se forma de un conjunto de metadatos sobre el recurso de información descrito. En el ámbito computacional, ha sido altamente amigable porque amplía los campos de codificación de datos: autor, mensaje, destinatario, texto, cuerpo, temas, etcétera.

Toda comunicación en el marco de la web semántica, incluidas las ontologías, exige XML como pilar para estructurar información (Figura 27).

Marco de Descripción de Recursos (RDF Resource Description Framework)

El Marco de Descripción de Recursos (RDF) es un modelo para detallar recursos en la web. Se apega a la estructuración de datos bajo el principio entidad-relación, cuya idea es hacer declaraciones sobre los documentos a partir de expresiones, imitando la sintaxis del lenguaje natural. Sirve para manifestar declaraciones que sean

Figura 27. XML y ontologías



Fuente: World Wide Web Consortium (2001):
https://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw.

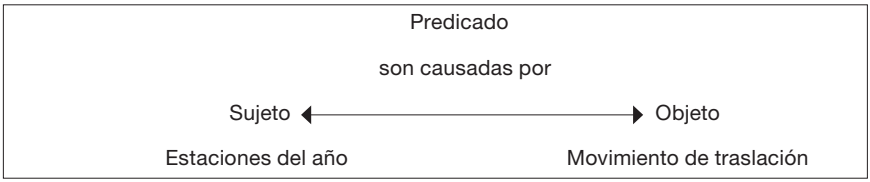
legibles por los agentes artificiales. Este modelo es importante en el diseño de ontologías, toda vez que las clases, propiedades y relaciones que se establecen en éstas son estructuradas en sentencias RDF.

El modelo que sustenta RDF está constituido por tres elementos:

- Recursos: los recursos son entidades de información que poseen un título, autor, lugar de publicación, etc. Siempre son objetos digitales (texto, audio, imágenes, páginas web, objetos multimedia, etc.) que deberán estar albergados bajo un Identificador de Recursos Uniforme (URI), Localizador de Recursos Uniforme (URL) o Dirección Web (WA).
- Atributos: son características informativas del recurso (clases, propiedades o relaciones) usadas para describirlo.
- Declaraciones: son vinculaciones entre el recurso, considerando una propiedad nombrada, y un segundo recurso que es considerado una entidad asignada.

Las tripletas RDF son declaraciones sujeto-predicado-objeto expresadas del modo siguiente (Figura 28):

Figura 28. Tripleta RDF en ontología

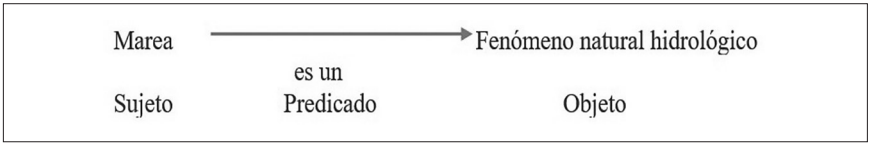


Fuente: elaboración propia 2021.

Las tripletas RDF posibilitan la creación de sentencias significativas en clases, propiedades y relaciones. De tal modo, se cuenta con un modelado aplicable en tres rubros:

- Núcleos de clases (RDFs: Clase): todo lo que es descrito por la expresión es visto como una subclase o instancia de una clase superior. Son usados para definir categorías (Figura 29):

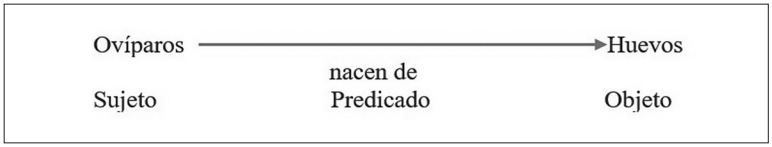
Figura 29. Núcleos de clase RDF en ontología



Fuente: elaboración propia 2021.

- Núcleos de propiedades (RDFs: Propiedad y RDFs: Afiliación de Propiedad): son los rasgos que se establecen para definir cada una de las clases e instancias. La asignación de alguna propiedad en cierta clase se convierte en una característica heredable, esto implica que cualquier propiedad asignada a una clase será trasferida a todas sus subclases (Figura 30):

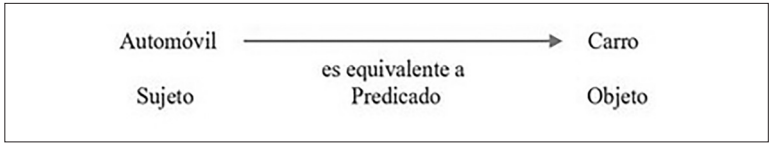
Figura 30. Núcleos de propiedades RDF en ontología



Fuente: elaboración propia 2021.

- Núcleos de alcance y restricción (RDFs: Restricción de Recurso RDFs: Restricción de Propiedad): son usados para restringir las propiedades, establecer asociaciones de equivalencia, unión, separación, afiliación y determinar todas aquellas notas que sean necesarias en un dominio (Figura 31):

Figura 31. Núcleos de alcance y restricción RDF en ontología



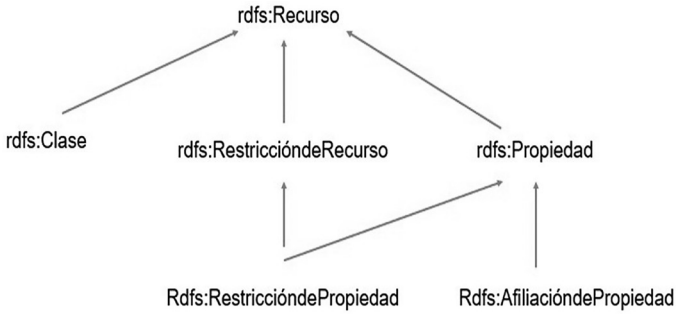
Fuente: elaboración propia 2021.

En un nivel complejo, las sentencias RDF pueden esquematizarse del modo siguiente (Fensel *et al.* 2005, 116) (Figura 32):

El esquema RDF incluye los siguientes componentes:

- Especificaciones para el mismo RDF basadas en una sintaxis llamada RDF/XML en términos de XML Espacios de nombres, XML Grupos de Información y XML Base de especificaciones. Éstas incluyen una base de modelo de datos gráficos bien definida.
- Especificaciones del Esquema RDF (RDF(S)) que es usado para definir vocabularios RDF o modelos en los cuales RDF es instancia o extensión.

Figura 32. Núcleos totales RDF en ontología



Fuente: elaboración propia 2021.

- La especificación SPARQL, que contiene un protocolo y lenguaje de interrogación para acceder a los datos RDF guardados en almacenamientos RDF.

La estructura RDF es prioritaria para expresar declaraciones simples acerca de recursos y también es empleada para definir vocabularios que describen clases y documentos. Es un lenguaje de marcado con alto grado de aceptación en la construcción de sitios web, la programación orientada a objetos, la construcción de ontologías y la representación y organización temática de la información, debido a su potencialidad para la definición de clases, propiedades, restricciones y asociaciones en dominios. Empero, posee una gran desventaja, ya que, al ser una estructura binaria, sólo permite la asociación sujeto-predicado-objeto en relaciones simples. Consecuentemente, cada sentencia asociada a un sujeto debe hacerse de manera independiente.

Lenguaje de Ontologías Web (OWL Web Ontology Language)

El Lenguaje de Ontologías Web (OWL) es un lenguaje para publicar y compartir los datos que forman una ontología. En conjunto con el

entorno XML y el estándar RDF, posibilita la comprensión de estructuras significativas para las máquinas. Actualmente es el lenguaje de ontologías más empleado y se encuentra disponible en la mayoría de los editores ontológicos comerciales y de fuente abierta.

OWL provee el lenguaje usado para describir las clases, propiedades y relaciones que componen las ontologías y permite la construcción de expresiones útiles para la representación semántica de dominios de conocimiento. Se forma de tres niveles o capas estructurales (Kashyap *et al.* 2008):

- Nivel de datos: las especificaciones OWL ayudan a representar clases, instancias y propiedades a través de las descripciones de las entidades.
- Nivel de esquema: las especificaciones de OWL permiten la especificación de relaciones entre clases: subclases, desuniones y equivalencias.
- Nivel de interrogación: los lenguajes de interrogación basados en OWL, como OWL-QR se encuentran en etapas de desarrollo hacia la optimización más alta. También existen aproximaciones que se combinan con SPARQL para mejorar los resultados.

Actualmente OWL cuenta con tres estados de desarrollo asociados con la complejidad estructural de una ontología:

- OWL Lite: se utiliza para requerimientos básicos, necesidades de clasificación jerárquica y restricciones de características simples. En el contexto de los sistemas para la organización del conocimiento, permite una migración efectiva y rápida de bases de datos almacenadas localmente hacia compiladores o editores de tesauros y taxonomías.
- OWL DL: se utiliza para requerimientos medios, ofrece un nivel de expresión total para el razonamiento de sistemas computacionales. Es recomendable para ontologías axiomatizadas, cuyo objetivo es la representación semántica de dominios de conocimiento.

- OWL Full: se utiliza para requerimientos complejos, es recomendable para usuarios que buscan la expresividad más alta y requieren múltiples posibilidades sintácticas ofrecidas por RDF. Permite la declaración explícita de clases, propiedades y relaciones que forman un dominio. Sus ventajas son la determinación total del vocabulario que constituye el área de trabajo, así como la determinación precisa de propiedades y relaciones.
- OWL permite a los usuarios escribir conceptualizaciones explícitas y formales sobre los dominios de conocimiento. Sus principales características son: sintaxis definida, razonamiento eficiente, semántica formal, poder expresivo y expresiones adecuadas.

En la construcción de ontologías, OWL se complementa con RDF, pues mientras RDF es una estructura sintáctica tripartita para establecer clases, propiedades, restricciones, etcétera, OWL es un lenguaje para la codificación de tales tripletas en una sintaxis comprensible para las máquinas.

Mediante OWL es posible modelar las siguientes inferencias asociadas a un dominio de conocimiento:

- Miembros de clases: si A es una instancia de la clase B y B es una subclase de C, entonces se puede inferir que A es una instancia de C.
- Equivalencia de clases: si una clase A es equivalente a la clase B y la clase B es equivalente a la clase C, entonces A es equivalente a C también.
- Clasificación: si se ha declarado que una propiedad o varias son condiciones para que un miembro sea agregado a una clase A y un miembro X cumple con el requisito, se agregará inmediatamente como parte de la clase.
- Desarticulación: las clases deberán diferenciarse para ser comprensibles en los sistemas recuperadores de información. Así, A deberá establecerse como una clase separada de B y tal separación será heredada a todas sus subclases.

- Implicaciones: supongamos que hemos declarado que X es instancia de la clase A y la clase A está desarticulada de la clase B, entonces la instancia X automáticamente se colocará en desarticulación con la clase B. La asociación y desarticulación en las ontologías es un proceso metódico que tiene por objetivo definir sentencias lógicas en los sistemas computacionales.
- Alcance de propiedades: cada propiedad deberá asociarse a la clase exacta que la contiene. Toda propiedad asignada a la clase A es heredada por todas sus subclases.
- Propiedades especiales: asignadas a entidades específicas, pueden ser propiedades transitivas, únicas o inversas.

Las tripletas RDF unidas a la potencialidad de OWL abren un universo de oportunidades para la explicitación de dominios de conocimiento en agentes computacionales mediante el establecimiento de clases, subclases, instancias, propiedades de clases, propiedades de subclases, propiedades de instancias, establecimientos de vinculaciones, establecimientos de desarticulaciones, etcétera.

Sistema para la Organización del Conocimiento Simple (SKOS Simple Knowledge Organization System)

Sistema para la Organización del Conocimiento Simple-SKOS es una propuesta del W3C para la estructuración de esquemas conceptuales que respondan a los lineamientos de la web semántica. Es útil para la construcción de diferentes tipos de vocabularios controlados: listas de temas, encabezamientos de materia, clasificaciones, tesauros, taxonomías y ontologías.

La trascendencia de SKOS radica en que estructura los datos contemplados en cualquier vocabulario controlado mediante tripletas RDF. Al estar fundamentado en RDF, toda representación SKOS puede ser legible por máquinas e intercambiarse entre aplicaciones de *software*, así como publicarse en la World Wide Web.

La codificación de los vocabularios controlados en SKOS garantiza que el cúmulo de conocimiento albergado en sistemas tradicionales

para la indización de los recursos (encabezamientos de materia, clasificaciones y tesauros) contribuya en la construcción de la web semántica. Como señala Keyser (2012), SKOS pretende ser el eslabón perdido entre las aplicaciones de la web semántica y las herramientas de indización tradicionales de la biblioteca.

El World Wide Web Consortium (2009) contempló en los orígenes de SKOS dicho planteamiento al señalar que:

> El W3C anuncia hoy un nuevo estándar [SKOS] que tiende un puente entre el mundo de los sistemas de organización del conocimiento —incluidos los tesauros, las clasificaciones, los encabezamientos de materia, las taxonomías y las folksonomías— y la comunidad de datos enlazados, aportando beneficios a ambos. Las bibliotecas, los museos, los periódicos, los portales gubernamentales, las empresas, las aplicaciones de redes sociales y otras comunidades que gestionan grandes colecciones de libros, artefactos históricos, informes de noticias, glosarios empresariales, entradas de blog y otros elementos pueden ahora utilizar el Sistema Simple de Organización del Conocimiento (SKOS) para aprovechar el poder de los datos enlazados (W3C 2009, s.p.).

SKOS será para el universo bibliotecológico la normalización que permitirá insertar los vocabularios controlados en el universo de la web semántica. Pese a ello, sobre el modelo persiste una imprecisión sustancial. En 2012 el W3C presentó SKOS como un modelo para la estructuración de datos conceptuales incluidos en encabezamientos de materia, tesauros y ontologías. No obstante, la relación es contraria: SKOS es simplemente la extensión de la estructura de las ontologías a otros tipos de vocabularios controlados.

El W3C reconoce tal aspecto cuando indica que:

> El modelo de datos SKOS es en realidad una ontología definida con OWL Full. Obviamente, al estar basado en RDF, SKOS estructura los datos en forma de tripletas que pueden ser codificadas en cualquier sintaxis válida para RDF. SKOS puede ser utilizado en conjunto con OWL para expresar formalmente estructuras de conocimiento sobre un dominio concreto ya que SKOS no puede

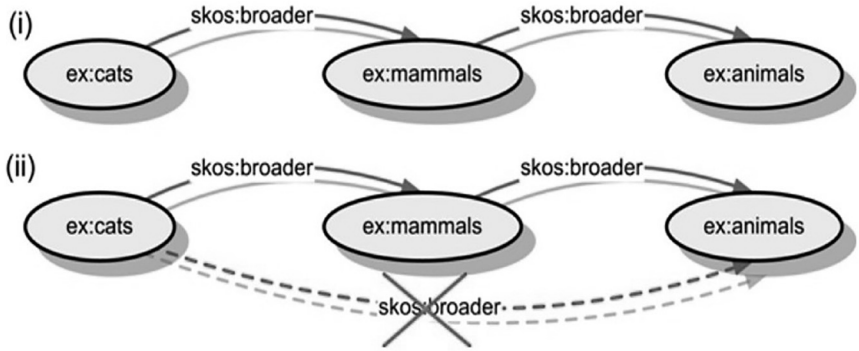
> realizar esta función al no tratarse de un lenguaje para la representación de conocimiento formal. El conocimiento descrito de manera explícita como una ontología formal se expresa como un conjunto de axiomas y hechos (W3C 2012, s.p.).

Tenemos entonces que SKOS es una propuesta de modelado de datos con rasgos ontológicos que el W3C propone para todos aquellos tipos de vocabularios controlados que no poseen la esquematización RDF y OWL presente en las ontologías, esto es: listas de temas, glosarios, encabezamientos de materia, tesauros, clasificaciones, etcétera.

Cabe destacar que la extensión de la estructura de las ontologías a otros sistemas de organización del conocimiento, a través de los lineamientos SKOS, contribuirá significativamente a la estructuración temática de la información y la representación semántica de los recursos de la información en la web.

En cuanto a estructura y tecnologías, SKOS establece la necesidad de: usar URIs asociadas a los conceptos, integrar todas las etiquetas (términos) asociados a una noción significativa, desarrollar modelos categoriales y establecer relaciones entre los conceptos (Figura 33):

Figura 33. Modelo de sistemas para la organización del conocimiento simple



Fuente: W3C (2009): https://www.w3.org/TR/2009/NOTE-skos-primer-20090818/.

Como puede verse, SKOS es una iniciativa del W3C que, junto a otros lineamientos, constituye la normatividad sobre el tratamiento temático de la información. En el año 2009 FRSAD determinó, de manera conceptual, cómo debe ser el acceso temático en los tiempos actuales y futuros. En continuidad con tal tendencia, SKOS nos señala cómo deben esquematizarse los vocabularios controlados para cumplir con las exigencias señaladas en FRSAD.

Finalmente, SKOS es ya un modelo en práctica; ejemplo de ello son los números tesauros que están migrando a estructuras RDF para agregarse a la web semántica. En el futuro, SKOS se observa como un estándar fundamental en la tendencia organizadora de los recursos de información en lo tocante a su contenido temático, pero también en la construcción de entramados terminológicos o de datos que fortalezcan la organización de la información en ámbitos bibliotecológicos y en todas las disciplinas relacionadas con la organización de la información (archivos, museos, bases de datos, etcétera).

Protocolo SPARQL (Protocol and RDF Query Language)

En el contexto de las ontologías, no basta con codificar los datos de modo semántico, también son necesarias herramientas para la búsqueda semántica que potencien las ventajas de las ontologías. Considerando tal aspecto, desde hace algunos años el World Wide Web Consortium ha desarrollado varios lenguajes de consulta de ontologías entre los que es posible mencionar RDQl6, SeRQL7, XQuery y SPARQL. Dentro de los sistemas de interrogación antes mencionados, Protocol and RDF Query Language-SPARQL ha probado ser la opción más viable en dicha tarea y desde 2008 se ha tornado una recomendación oficial del W3C.

Mediante SPARQL es posible expresar solicitudes de búsqueda que consulten fuentes de datos almacenados en lenguaje RDF. También es posible expresar consultas sencillas en datos estructurados en formato RDF, por ejemplo, encontrar el título de un libro en un grafo de datos (Figura 34):

Figura 34. Consulta de búsqueda básica con SPARQL

Datos:

```
<http://example.org/book/book1>
<http://purl.org/dc/elements/1.1/title> "SPARQL Tutorial".
```

Consulta:

```
SELECT ?title
WHERE
{
  <http://example.org/book/book1> <http://purl.org/dc/elements/1.1/title>
?title .
}
```

Resultado de la consulta:

title
"SPARQL Tutorial"

Fuente: World Wide Web Consortium (2013): https://www.w3.org/TR/sparql11-query/.

SPARQL nos permite también expresar consultas complejas a partir de un elemento específico y la ampliación o restricción de la búsqueda en campos de codificación particulares (Figura 35):

Figura 35. Consulta de localización en campos con SPARQL

Datos:

```
@prefix foaf:  <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .

_:a  foaf:name   "Johnny Lee Outlaw" .
_:a  foaf:mbox   <mailto:jlow@example.com> .
_:b  foaf:name   "Peter Goodguy" .
_:b  foaf:mbox   <mailto:peter@example.org> .
_:c  foaf:mbox   <mailto:carol@example.org> .
```

Consulta:

```
PREFIX foaf:   <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?name ?mbox
WHERE
  { ?x foaf:name ?name .
    ?x foaf:mbox ?mbox }
```

Resultados de la consulta:

name	mbox
"Johnny Lee Outlaw"	<mailto:jlow@example.com>
"Peter Goodguy"	<mailto:peter@example.org>

Fuente: World Wide Web Consortium (2013): https://www.w3.org/TR/sparql11-query/.

En la consulta de ontologías, SPARQL se perfila como un estándar para la recuperación de información estructurada de modo semántico, es decir, esquematizada mediante tripletas RDF y codificada en OWL. No obstante, pese a ser el lenguaje de consulta más avanzado para la web semántica, presenta un gran obstáculo: no está pensado para ser utilizado por usuarios finales del sistema que desconocen su estructura y la forma de interrogación.

De hecho, la formulación de una consulta en SPARQL requiere conocimientos expertos sobre el diseño de las consultas. Aunado a ello, para establecer planteamientos en SPARQL es necesario conocer el dominio de interrogación, es decir, los nombres precisos de las clases y propiedades, así como la sintaxis del lenguaje RDF. Consecuentemente, el gran reto de la web semántica, en general, y de su interrogación, en particular, reside en la simplificación del proceso de formulación de consultas para el usuario final.

Editores de ontologías

Los editores son programas para la construcción de ontologías; de manera concreta, son compiladores en los que se registran los elementos terminológicos, las propiedades, las relaciones y los axiomas que forman la ontología. Los expertos en cómputo pueden construir una ontología a partir de sus conocimientos sobre el lenguaje de programación OWL; no obstante, para tal fin también se pueden emplear editores de ontologías que de manera más visual y dinámica permiten llevar a cabo la actividad.

Hoy en día contamos con diversos editores de ontologías que ofrecen las siguientes funciones:

- Auxiliar en la construcción de ontologías de diversos tipos (terminológicas, axiomatizadas, de dominio, de tareas, etc.).
- Exportar elementos de una ontología hacia otros programas mediante el formato XML.
- Importar ontologías completas y hacerlas legibles con fines de enriquecimiento, transformación, etcétera.

A continuación se ofrece un listado de los principales editores de ontologías, tanto de licencia como de fuente abierta:

- OntoStudio: es el *software* comercial de mayor uso para la creación y mantenimiento de ontologías. Considera los estándares RDF y OWL (World Wide Web Consortium 2021). Permite la creación de clases, propiedades, instancias, relaciones y axiomas. Posibilita la importación de ontologías y bases de datos terminológicas. Es un *software* altamente intuitivo con interfaces claras para los usuarios.
- Ontosaurus: desarrollado por el Information Sciences Institute en la Universidad del Sur de California. Se forma de dos módulos: uno para ontologías y otro para crear páginas HTML dinámicas (Ontosaurus 2021). Tiene poca relación con estándares como RDF y OWL. Sus funciones son limitadas para creación de propiedades y relaciones.
- Protégé: es el programa de fuente abierta de mayor uso para la creación de ontologías. Creado y actualizado por Stanford University (2021). Tiene alto potencial para el establecimiento de clases, instancias, propiedades, relaciones y axiomas. Mantiene relación con RDF y OWL. Contempla la integración de complementos para la visualización de la ontología, por ejemplo, Graphviz y otros visualizadores ontológicos. Sus actualizaciones son constantes (cuenta con más de 60 versiones desde 1999 hasta la actualidad) y persisten numerosos foros y tutoriales sobre su uso.
- Graphite Ontology Management: desarrollado por la compañía Synaptica (2021), es una herramienta que integra una interfaz gráfica de trabajo para diseñar, construir y gestionar ontologías. Tiene alto potencial para el establecimiento de clases, instancias, propiedades, relaciones y axiomas. Mantiene relación con los estándares RDF y OWL.
- WebOnto: programa de fuente abierta desarrollado por el Knowledge Media Institute (2021). Proporciona los módulos necesarios para la creación de clases, propiedades, instancias y relaciones. Posibilita la creación de ontologías

sencillas. No contempla la creación de ontologías altamente formales o axiomatizadas.

- IODE: tiene por objetivo la explicitación conceptual y semántica de dominios de conocimiento. Permite establecer conceptos, clases, instancias, relaciones y axiomas. Útil para crear ontologías de alta definición y razonamiento para sistemas. Usa una poderosa lógica Structured Control Laguage (SCL). Se adhiere a los estándares W3C establecidos para ontologías.
- TopBraid Composer: cuenta con tres versiones, de acuerdo con las necesidades de los usuarios (TopQuadrant 2021). Contempla los estándares RDF y OWL. Permite establecer conceptos, clases, instancias, propiedades, relaciones y axiomas. También considera la inclusión de notas sobre los conceptos que incluye la ontología. Su estructura posibilita la interoperabilidad con otros editores de ontologías o sistemas para compilar vocabularios controlados.
- OntoEdit: es una herramienta de edición de ontologías que apoya el desarrollo y mantenimiento, utilizando medios gráficos en el entorno web. Permite la representación semántica de dominios de conocimiento a partir de conceptos, clases, instancias, propiedades, relaciones y axiomas. Integra un visualizador de ontologías básico.
- Ontopía: herramienta para desarrollar ontologías y mapas tópicos (Ontopia 2021). Inició el 2001 y desde entonces se ha mantenido y ha registrado actualizaciones. Permite establecer conceptos, clases, instancias, propiedades, relaciones. Ofrece funciones como: un diseñador de ontologías, un editor de datos de instancia, un lenguaje de consulta completo, puntos de acceso a servicios web, almacenamiento en bases de datos, etcétera. Es de código abierto y se publica bajo la licencia Apache 2.0.

Ontologías:
aplicaciones y tendencias

APLICACIONES

Representación de dominios de conocimiento

El conocimiento que poseen los individuos y la sociedad es un cúmulo de saber que ha sido desarrollado a la par de la civilización misma. En su estado más esencial, se encuentra en la mente de las personas, formando estructuras cognitivas, pero, como elemento social, no se mantiene aislado en la mente humana, sino que es transmitido de un individuo a otro y de generación en generación, produciendo el conocimiento social (Berger y Luckmann 2011) o conocimiento público (Vickery 1986).

El conocimiento está ahí, en la mente humana, pero para ser comunicado de sujeto a sujeto y ser transmitido de generación en generación requiere ser representado. La representación del conocimiento hace presente "algo" a través de símbolos que lo sustituyen. Guarda relación con ese "algo" que es su referente y se vale del lenguaje (oral, textual, pictográfico, sonoro, etc.) como instrumento evocador y transmisor. Toda representación del conocimiento es posible "en tanto que existe un sujeto que percibe, que recuerda, que imagina o que alucina" (San Segundo 2003, 2).

Si bien las representaciones del conocimiento no tienen la capacidad de abarcar la existencia total del conglomerado intelectual que evocan, lo sustituyen en un espacio contextual, significativo y comunicativo delimitado. Así, por ejemplo, el saber sobre "enfermedades neurológicas" se encuentra en la mente de los médicos expertos sobre el tema, pero se hace tangible a través de recursos de información y en sistemas organizadores del conocimiento.

Desde tiempos muy antiguos los seres humanos han intentado representar el universo de conocimiento. Pensadores como Aristóteles, Porfirio, Plinio el Viejo, San Agustín de Hipona, Isidoro de Sevilla, Conrad Gesner, Francis Bacon, Thomas Hobbes, Gottfried Leibniz, Melvin Dewey, Shilayi Ramamrita Ranganathan, Henry Evelyn Bliss, etcétera, elaboraron propuestas esquematizadoras de dicho saber. Tales herramientas tuvieron tres objetivos: ser inventarios de saber humano en espacios y tiempo específicos; crear parcelas útiles para el arreglo del universo intelectual, y generar conocimiento sobre el conocimiento mismo.

Como puede verse, la representación del conocimiento ha preocupado a especialistas de diversos campos: filósofos, lingüistas, psicólogos, informáticos, documentalistas, bibliotecólogos, etcétera. Entre ellos, los bibliotecólogos han tenido un rol fundamental, en vista de que continuamente han desarrollado esquemas cuyo objetivo es definir y estructurar el cúmulo de erudición desarrollado por la humanidad; ejemplo de tal esfuerzo son los encabezamientos de materia, los tesauros, las clasificaciones bibliográficas, las taxonomías y las ontologías.

En la ciencia bibliotecaria, hasta 1980 la representación temática del universo de conocimiento se fundamentó en sistemas como encabezamientos de materias, clasificaciones y tesauros. Empero, en las dos últimas décadas del siglo pasado las tecnologías de la información y la comunicación registraron grandes avances y trajeron consigo nuevos instrumentos.

Como resultado, la representación del conocimiento por una parte mantuvo un paradigma pragmático, asociado al ordenamiento de los recursos de información y, por otra, agregó un paradigma hombre-máquina caracterizado por la gestión en sistemas

computacionales. Como lo hace notar San Segundo Manuel (2003), las representaciones del conocimiento en el espacio científico se adhieren a funciones prácticas que tienen por objetivo mapear conceptualmente el conocimiento humano en aras de hacerlo recuperable y, en el contexto tecnológico, contemplan la mediación de agentes que permitan hacer ese conocimiento explícito y recuperable en sistemas de información.

En las últimas décadas, la representación del conocimiento se ha enriquecido con los aportes de las tecnologías de la información y comunicación. El uso de herramientas tecnológicas ha mejorado los procesos de explicitación del conocimiento que la bibliotecología desarrolla, y ofrece más posibilidades para delimitar áreas de saber, establecer sus conceptos, categorizar su estructura y determinar relaciones entre los elementos conceptuales.

En este orden de ideas, las ontologías son herramientas tecnológicas para la representación y organización de dominios de conocimiento con altos niveles semánticos. Como sistemas representadores y organizadores de dominios de conocimiento, consideran cuatro aspectos:

- *La representación como particularización:* son estructuras singulares en tanto que no existen como norma. Consecuentemente, de un mismo dominio, por ejemplo "fractales", podemos tener dos, tres o cuatro ontologías. Aunado a ello, las ontologías son representaciones de cierta área de conocimiento con incidencias contextuales, espaciales, temporales, etcétera.
- *La representación como establecimiento ontológico*: son simbolizaciones imperfectas de la realidad que atienden unas cosas e ignoran otras. Incorporan un conjunto de observaciones respecto a qué y cómo son los dominios que tratan siempre desde la perspectiva de "alguien" que percibe. En síntesis, son representaciones subjetivas en las que persiste un cristal a través del cual un representador define cómo es un dominio y crea una estructura que lo simula con fines específicos.

- *La representación como base de sistemas de información*: los sistemas razonan a partir de entramados de conocimiento. En éstos, las ontologías operan como bases de datos que posibilitan el establecimiento de patrones lógicos que benefician la inferencia de un sistema en la búsqueda y recuperación de información.
- *La representación como entramado significativo*: a semejanza de otros sistemas para la organización del conocimiento, las ontologías contemplan conceptos, clases y relaciones, pero ofrecen más ventajas porque se alejan de la representación puramente terminológica para construir entramados significativos en los cuales se intenta, con alto nivel de enfoque, representar el dominio de conocimiento tratado.

En la representación y organización de dominios de conocimiento, a diferencia de sistemas como listas de temas y encabezamientos de materia, las ontologías se alejan del uso de los conceptos como simples etiquetas lingüísticas y de la estructura de listados alfabéticos. Su estructura conceptual, jerárquica, atributiva y relacional les permite crear grafos en los que el usuario puede, de manera simulada, explorar un dominio.

Tal hecho ha sido advertido por Bräscher, quien señala que sistemas como las ontologías "involucran el análisis de los conceptos y las respectivas características para el establecimiento de la posición que cada concepto ocupa en un dominio dado, así como las relaciones con otros conceptos que componen el sistema" (Bräscher 2014, 175).

Un trabajo en el que se observa el potencial de las ontologías en la representación y organización de un dominio de conocimiento es "Unifying heterogeneous and distributed information about marine species through the top level ontology marine TLO" (Tzitzikas *et al.* 2016, 17). El objetivo de la investigación fue crear un modelo acorde a los estándares de la web semántica para representar y organizar el dominio de conocimiento "especies marinas". Los creadores de la ontología señalan que este tipo de herramientas son muy útiles para el modelado unificado y coherente de

áreas de saber, a la vez que permiten formular y responder consultas complejas sobre el campo.

Otro trabajo en el que podemos ver el potencial de las ontologías en la representación de un dominio de conocimiento es "The neurological disease ontology" (Jensen *et al.* 2013). El objetivo del proyecto fue proveer un marco de referencia para inventariar todas las enfermedades neurológicas detectadas e incluir aspectos descriptivos (atributos y relaciones) sobre cada una de las enfermedades neuronales. El instrumento contempló la inclusión terminológica y conceptual de un amplio conjunto de padecimientos: "alzheimer", "enfermedad neurológica autoinmune", "epilepsia", etcétera. y la asignación de los atributos de cada padecimiento, que los expertos del dominio pueden consultar para diagnosticar con mayor precisión a sus pacientes.

Un tercer caso que también evidencia la funcionalidad de las ontologías en la representación y organización de dominios de conocimiento es "Faceted ontological model for brain tumour study" (Das y Roy 2016). Los autores señalan que mediante la creación de una ontología es posible representar de manera semántica áreas de saber específicas. Desde su perspectiva, las ontologías ofrecen a sus usuarios simulaciones de dominios que permiten la exploración conceptual, categorial y relacional. En lo tocante al sistema que construyeron, asumen que éste provee información sobre los tumores cerebrales, su tipología, los médicos expertos en cada padecimiento y los tratamientos farmacológicos aplicables a la enfermedad. Señalan también que, mediante la consulta de la ontología, los expertos del dominio pueden obtener información que los auxiliará en el diagnóstico preciso de los padecimientos que presentan sus pacientes.

A partir de la teoría sobre ontologías en funciones representadoras y algunos casos analizados, es posible dilucidar que su tendencia en tal función se observa prometedora porque tanto en el ámbito académico como en otros espacios, persiste la necesidad de representar dominios de conocimiento con miras a la comunicación eficiente entre los expertos del campo y la comunicación del dominio a través de agentes artificiales o sistemas de información.

Mientras los encabezamientos de materia y los tesauros cumplen sobre todo la tarea de recuperar recursos, las ontologías en funciones representadoras evidencian la estructura del dominio, proporcionan una semántica precisa y ofrecen visualizaciones gráficas a través de redes o nodos. En torno a tales herramientas y su aplicación en la bibliotecología, es importante que el profesional de la información conozca las múltiples herramientas para la representación de dominios de conocimiento, especialmente las más recientes, asociadas con contextos digitales y la web semántica.

Indización de recursos de información

En la década de los setenta, la *Encyclopedia of library and information science* (Kent 2000) definió la indización como "el proceso de crear entradas en un índice" y la caracterizó como una tarea basada en cuatro actividades: revisión del documento, análisis del contenido, etiquetado discreto de los ítems en la colección e incorporación del identificador para la precisa localización de los materiales.

Luego de la explosión informativa y la automatización bibliotecaria ocurridas a principios de los años ochenta, el concepto de indización se modificó. En 1997 la *International Encyclopedia of library and information science* (Feather y Sturges 1997, 287) definió el proceso como "el análisis del contenido de un documento (libro, panfleto o ítem audiovisual o legible por máquina) o una colección de documentos y la traducción del resultado en términos que favorecieran la localización y recuperación de la información". Además de mencionar el análisis de contenido como punto de partida, la obra editada por Feathers y Sturges establece dos finalidades de la actividad: localización y recuperación de un amplio conjunto de materiales albergados en las bibliotecas.

Tiempo después, López Yepes (2004) señaló que el proceso de indización describe y representa el contenido de las fuentes de información mediante un número limitado de conceptos extraídos del texto de los documentos (palabras clave) o de vocabularios controlados (clasificaciones, listas de materia, tesauros) que

soportan el control y la recuperación de un conjunto documental. El autor español agrega que cuando en la representación del contenido temático de los recursos se emplean vocabularios controlados, éstos pueden ser listas de temas, encabezamientos de materias, tesauros u ontologías.

Sobre la relación indización-ontologías, Van Heijst, Schreiber y Wielinga (1997) hablan de dos tipos de ontologías: ontologías terminológicas y ontologías modeladoras. Lacasta, Nogueras-Iso y Zarazaga-Soria coinciden con esta tipología cuando señalan que "dos grandes tipos de modelos de ontologías han sido estudiadas: por un lado, ontologías terminológicas [...] por otro lado, ontologías axiomatizadas o formales" (Lacasta *et al.* 2010, 24). Las ontologías modeladoras o axiomáticas son ideales para la representación de dominios de conocimiento, mientras que las ontologías terminológicas con funciones de control, explicitación, direccionamiento o vinculación entre conceptos pueden ser empleadas en la indización de recursos de información.

Llegados a este punto, es necesario precisar que las ontologías no nacieron como instrumentos asociados a la indización de recursos de información; sin embargo, dado su potencial en la representación, organización y recuperación de la información, pueden ser empleadas como vocabularios controlados o lenguajes documentales.

Las ontologías en funciones de indización u ontologías terminológicas se fundamentan en conceptos, categorías, atributos y relaciones ligeras. Tales características las evidencian como herramientas trascendentales en la indización de recursos de información, ya que intergran los elementos de los SOC más tradicionales (encabezamientos de materias, tesauros) y agregan ventajas del espacio digital.

A juicio de Lacasta, Nogueras-Iso y Zarazaga- Soria, las ontologías terminológicas son una continuidad de los sistemas de organización del conocimiento en el contexto digital. Sobre el tema señalan que:

> Teniendo en mente el incremento de la precisión terminológica, el uso de vocabularios controlados simples ha sido progresivamente desplazado por el uso de modelos de conocimiento más sofisticados [...] Los modelos de conocimiento almacenados en papel (taxonomías, tesauros) por las bibliotecas y otras instituciones han sido llevadas al ambiente computacional y trasformado en modelos ontológicos formales que proveen un alto nivel de semántica (Lacasta *et al.* 2010, viii).

En lo tocante a su nivel de especialización, las ontologías terminológicas, a semejanza de los tesauros, se centran en áreas de conocimiento bien definidas; por ejemplo, "diabetes", "anatomía de los arácnidos", "democracia electrónica", "canciones folklóricas búlgaras", etcétera.

En cuanto a su estructura, integran un conglomerado terminológico especializado y adecuado para cada dominio. En la formación de las clases imitan la estructura jerárquica establecida por los sistemas clasificatorios, haciendo uso de relaciones *is a* que fragmentan una categoría superior en nodos reducidos. Desde la parte atributiva, permiten la definición de cada concepto que integran, mientras que en la parte relacional contienen las vinculaciones necesarias según el dominio contemplado. Por demás, en comparación con otros sistemas de organización del conocimiento, integran ciertas ventajas asociadas al entorno digital: estructura semántica compleja y mapeado visual para la búsqueda exploratoria.

Hasta ahora, se ha comprobado que las ontologías, en funciones de indización, igualan la capacidad de los tesauros en precisión terminológica y semántica. Empero, van más alla, los superan en la parte relacional y en el uso de tripletas RDF-Marco de Descripción de Recursos (sujeto-predicado-objeto) y lenguaje OWL-Lenguaje Ontológico Web. Así pues, haciendo uso de estándares y tecnologías, crean estructuras comprensibles para los humanos y las máquinas al integrar rasgos híbridos que retoman aspectos de los vocabularios controlados y los sistemas clasificatorios.

También, a partir de su esquematizado visual-desplegable cumplen con un requisito fundamental del acceso temático en los tiempos actuales: exploración. Sobre este aspecto, el estandar FRSAD ha manifestado la necesidad de integrar en los sistemas de búsqueda herramientas navegables que generen conocimiento y auxilien al usuario en la determinación de temas de interés y temas relacionados.

En el marco de los sistemas para la organización del conocimiento, las ontologías recuperan características de otros SOC y agregan nuevos elementos del tratamiento temático de los recursos de información en el espacio digital. Remito a Abbas cuando señala que las ontologías en funciones de indización se comparan con los vocabularios controlados desarrollados en un dominio específico, en tanto que:

> Contienen las especificaciones formales explícitas de los términos en un dominio y las relaciones entre ellos. Sin embargo, donde difieren de los vocabularios controlados es en las diversas formas en que se construyen o representan. Por ejemplo, en lugar de usar una estructura jerárquica estricta para mostrar relaciones, la ontología se puede estructurar utilizando un gráfico no lineal que delimita los términos y las relaciones mediante facetas (Abbas 2010, 165).

Recientemente, la presencia de ontologías terminológicas se ha vuelto un tema de interés en la literatura sobre bibliotecas digitales y repositorios de información, donde prevalece un cuestionamiento esencial: ¿cómo debe ser el acceso temático en los espacios bibliotecológicos web?

Ante tal planteamiento, contamos con dos posibilidades: codificar campos de metadatos temáticos con descriptores tomados de encabezamientos de materias y tesauros u optar por integrar herramientas asociadas a la web semántica que sean útiles para la indización de los recursos y, además, operen como mapas temáticos en los que el usuario pueda visualizar la representación temática de los campos de conocimiento.

Bajo el segundo paradigma, la integración de ontologías terminológicas en la indización de recursos de información es un tema actual en las bibliotecas y los repositorios digitales. Su estudio, análisis, planeación, diseño e implementación es un reto para los bibliotecólogos; en vista de que pueden ser "intensivamente usadas en bibliotecas, archivos, museos y otros sitios de información para facilitar la recuperación de recursos almacenados" (Lacasta *et al.* 2010, 25).

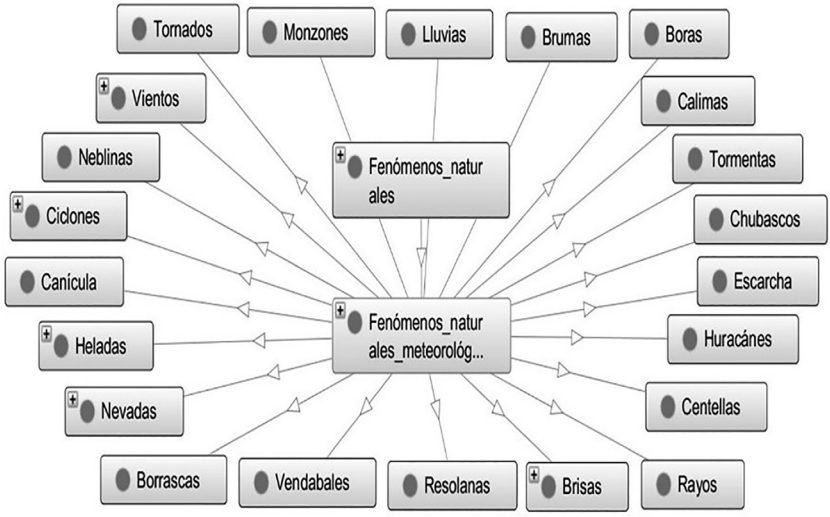
Una aplicación de ontología terminológica para la indización de recursos de información es "Ontology-based search and document retrieval in a digital library folk songs" (Nisheva-Pavlova y Pavlov 2011). El objetivo del proyecto fue organizar una biblioteca digital de canciones folclóricas búlgaras. Su núcleo modular se forma de varias ontologías entre las que se encuentra una de temas. Tal ontología organiza temáticamente el dominio y considera la vinculación del instrumento con los recursos de información albergados en una biblioteca digital. Sus autores señalan que diseñar una ontología con fines de indización es una tarea provechosa porque el instrumento incorpora elementos terminológicos acordes a cada uno de los recursos, descriptores como "canciones de tradiciones", "canciones de ritos", "canciones de galanteo", "canciones de criaturas míticas", etcétera. En la construcción de dicha ontología, los diseñadores siguieron un proceso analítico-sintético (abajo-arriba): primero determinaron el tema tratado en cada recurso de información, luego establecieron los descriptores para cada recurso y, por último, integraron todos los descriptores en una ontología terminológica de dominio.

Otro caso de ontología en función indizadora es "A water conservation digital library using ontologies" (Ziemba *et al.* 2011). Dicho sistema fue diseñado para gestionar temáticamente la Biblioteca Digital de Conservación del Agua en Florida. Los creadores del instrumento señalan que el desarrollo de la ontología fue un asunto ineludible puesto que los sistemas tradicionales (encabezamiento de materia, tesauros) carecen de los descriptores necesarios para representar temáticamente los recursos de información que el dominio está generando. En la creación de la herramienta recopilaron terminología específica del área que simbolizara y

ordenara adecuadamente los recursos. Finalmente, contemplaron descriptores como "orinales de alta eficiencia", "inodoros de absorción", "flujómetros de agua", entre otros.

Un tercer caso de ontología en función indizadora es "Ontología de fenómenos naturales: planeación y diseño" (Suárez y Rodríguez 2017), que tiene por objetivo la organización temática de un conjunto de fotografías digitales sobre el dominio fenómenos naturales. El instrumento contempla conceptos, categorías y relaciones particulares para indizar y modelar un área de suma importancia en la actualidad (Figura 36):

Figura 36. Visualización gráfica-desplegable de Ontología de Fenómenos Naturales



Fuente: Suárez y Rodríguez (2017).

Tras todo el trabajo que implicó el desarrollo de la herramienta, los autores concluyen que la ontología refleja adecuadamente la estructura del dominio porque posee un número considerable de términos que ofrecen mayor profundidad conceptual que la registrada en encabezamientos de materia como LCSH. Como herramienta

organizadora, la ontología aporta descriptores precisos para la indización de un conjunto de recursos que anteriormente eran colocados en categorías generales. Aunado a ello, en lo tocante al establecimiento de relaciones entre los conceptos del dominio, la ontología permite visualizar un entramado asociativo de gran utilidad tanto para los usuarios expertos, como para aquellos en formación o interesados en el área.

A partir de la teoría que en las últimas décadas ha sido esbozada sobre las ontologías terminológicas y los casos de aplicación que día a día son más frecuentes, es posible sintetizar que las ontologías terminológicas son un excelente apoyo en tareas indizadoras de recursos de información. En el futuro se espera que sus aplicaciones se incrementen en asociación con la organización temática de los recursos de información en centros documentales, bibliotecas, archivos, museos, etcétera.

Web semántica

Desde su aparición, la web se ha consolidado como medio de información elemental para las personas. Actualmente, mediante la gran red es posible realizar transacciones bancarias, acceder a información gubernamental, comprar productos, establecer comunicación, trabajar, estudiar, vincular con sistemas de localización, acceder a sitios de entretenimiento, etcétera. Como puede verse, "la web se ha convertido en un instrumento de uso cotidiano para el intercambio de información, llegando a superar a medios como la televisión, y se ha constituido, junto con el papel, en uno de los medios de publicación más importante en la sociedad actual" (Pastor 2011, 12).

A partir de las tecnologías, la web ha trasformado el ciclo de la información; esto es: el modo como se producía, las técnicas para su almacenamiento, las actividades vinculadas a su organización y los canales para su diseminación y recuperación. Hasta antes de la era web, cuando alguien necesitaba información bien podía acudir a la biblioteca, indagar en archivos, consultar materiales hemerográficos, preguntar a expertos, etcétera. En oposición,

tras la masificación de Internet, cualquier persona que posea un dispositivo digital y cuente con Internet puede recuperar grandes cantidades de información en sólo unos cuantos minutos.

Como tecnología informativa y comunicativa, la web ha atravesado por momentos cruciales, entre los cuales es posible mencionar los siguientes:

- 1990. Tim Berners Lee inventa la web y se publican las primeras páginas web.
- 1993. Marc Andressen lanza Mosaic, el primer buscador gráfico.
- 1994. Se establece el World Wide Web Consortium que en adelante será el organismo normalizador de la web y se construye la idea de la web semántica.
- 1998. Aparece XML.
- 1999-Actualidad. Se trabaja esforzadamente en la construcción de la web semántica.

Derivado de ello, la gran red contempla las siguientes generaciones:

- Web 1.0: desarrollada entre 1994 y 2003. Se caracterizó por ser una web estática en la que había un grupo reducido de instituciones con posibilidades de actuar como servidores. Al principio, sus tecnologías fueron HyperText Markup Language (HTML) y Graphics Interchange Format (GIF). Posteriormente, incorporaron tecnologías como Active Server Pages (ASP) y Cascading Style Sheets (CSS).
- Web 2.0: en 2004 Tim O'Reilly estableció un nuevo rasgo de la web denominado 2.0. Los usuarios dejaron de ser simples consumidores de datos para convertirse en generadores. Emergió una segunda generación web basada en redes sociales, blogs, wikis y etiquetado social que fomentó la cooperación y el intercambio de datos.
- Web 3.0: fue propuesta en 2001 por el mismo creador de la web Tim Berners-Lee. Se caracterizó por ser un rasgo de la web que consistió en la adhesión de metadatos

semánticos a los sitios web para describir el contenido, el significado y las relaciones entre los datos. Su objetivo es que la web sea más comprensible para los agentes de búsqueda en términos de relevancia y precisión.

- Web 4.0: no ha sido planteada de modo formal; sin embargo, empieza a vislumbrase como una web interoperable en la que se harán planteamientos a dispositivos inteligentes y éstos tendrán la capacidad de vincularse con los sistemas recuperadores de información para obtener respuestas a interrogaciones concretas. Se vislumbra aún como una tendencia futura que implica grandes retos de tecnologías e interconexión entre ellas.

Hasta ahora, la web ha atravesado por sus etapas 1.0 y 2.0 y nos encontramos ante los retos de la web 3.0. Considerando lo anterior, la web actual es un enorme espacio de información con muchas páginas, pero presenta tres grandes problemas:

- Almacenamiento desorganizado que causa problemas a los usuarios, quienes se enfrentan a avalanchas de sitios web, fuentes poco confiables e información imprecisa.
- La mayoría de los recursos albergados en la web se encuentran disponibles en formato HTML, un lenguaje que emplea campos de metadatos para descripción de los recursos. Pese a ello, HTML se ha enfocado más en características gráficas (maquetación, colores, tipografía) que en la descripción de su contenido con metadatos que alimenten los recuperadores de información.
- El lenguaje HTML resulta más comprensible para los humanos que para las máquinas y los recuperadores de información, lo que implica una recuperación poco precisa ante solicitudes de búsqueda.

Contemplando los problemas de la web, a principios del presente siglo, el World Wide Web Consortium (2001) propuso un nuevo rasgo para el ciberespacio fundamentado en la web semántica;

esto es, una web que priorizara el contenido y sus relaciones y no su diseño gráfico.

Dado que la web semántica fue propuesta a principios de este siglo, bien podría pensarse como una nueva web, pero no es así. Tal rasgo fue un ideal de los creadores de la red hace muchos años:

> La web semántica es la realización de un aspecto de la Web que fue parte de las esperanzas originales y los sueños de 1989 pero cuyo desarrollo, hasta ahora, ha tomado un segundo plano frente a la web multimedia de material legible para los humanos [...] La web que todos vemos como un glorioso canal de televisión hoy es sólo una parte del plan original (Fensel *et al.* 2005, xi).

Siguiendo las palabras del inventor de la red, la web semántica:

> [...] no es una web separada sino una extensión de la actual, en la cual la información es ofrecida con significado bien definido, permitiendo a las computadoras y las personas trabajar en cooperación. [...] La web semántica dotará de estructura y contenido significativo a las páginas web, creando un ambiente donde los agentes de software recorriendo página tras página pueden fácilmente llevar a cabo tareas de los usuarios (Berners-Lee *et al.* 2001, 1).

A partir de sus objetivos, la web semántica superará a la web tradicional, en tanto que ofrecerá dos grandes ventajas:

- Optimizar la organización en la web: reducir, en gran medida, las avalanchas de información carentes de significado que la web actual ofrece a los usuarios.
- Permitir a las computadoras tareas de inteligencia artificial: el marcado HTML es más comprensible para los humanos que para las máquinas, mientras que la web semántica, al ser significativa y relacional, posibilitaría una verdadera gestión del conocimiento, haciendo uso de diversas tecnologías.

En 2001 Berners-Lee, Hendler y Lassila establecieron que "para que la web semántica funcione, las computadoras deberán tener acceso a colecciones de información y conjuntos de reglas de inferencia que puedan ser empleadas para gestionar el razonamiento automático" (Berners-Lee *et al.* 2001, 5). En este contexto, destacaron dos aspectos necesarios para que esta web se consolide:

- Colecciones de información: son representaciones de información en las que se definen los conceptos y se crean entramados significativos, comprensibles tanto para los humanos como para máquinas.
- Conjunto de reglas: grupos de inferencias establecidas al interior de las representaciones que permitirán a las máquinas la comprensión del contenido de los recursos y su asociación con otros recursos.

Codina, Marcos y Pedraza (2009) señalan que la web común es una web de documentos, mientras que la web semántica es una web de datos. Luego, para pasar de la primera a la segunda es necesario que las páginas incluyan, además de contenidos para los seres humanos (información), rutas para los ordenadores (metainformación). En adhesión, para que la web semántica se concrete son necesarias ontologías que ayuden a los ordenadores a realizar inferencias sobre los datos.

Tenemos entonces que, en cuanto a estructura, la web semántica se compone de tres elementos: datos, metadatos y ontologías (Kashyap *et al.* 2008, 6):

- Datos: su forma puede ser estructurada, semiestructurada o libre.
- Metadatos: "son descripciones estructuradas y codificadas que describen características y propiedades de objetos y recursos para facilitar su localización, recuperación, valoración, administración, persistencia e interoperabilidad" (Pastor 2011, 23).

- Ontologías: son sistemas de organización del conocimiento que posibilitan describir formalmente las propiedades y relaciones de un determinado modelo conceptual, favoreciendo la realización de inferencias automáticas en los procesos de organización y recuperación de recursos informativos (Ramalho y Lopes 2011).

Las ontologías tienen un rol fundamental en la web semántica, pues son el instrumento que la transformará una web significativa. Si poco a poco el ciberespacio se va poblando de ontologías, será una enorme red de relaciones entre temas, objetos, personas, compañías, etcétera.

Ahora bien, a principios del siglo Berners-Lee, Hendler y Lassila anunciaron que una vez señalados los elementos compositivos de la web semántica y puesta en práctica la iniciativa de su construcción, la web semántica debería empezar a hacerse visible siete años después. No obstante, terminado dicho periodo se encontró que la web semántica se encontraba aún en un estado incipiente y se detectaron tres problemas que obstaculizaban su expansión:

- La inmensidad de la web: la descentralización agregada a la disponibilidad de recursos en línea, así como su marcado bajo estándares que no se insertan en los postulados teóricos de la web semántica.
- La falta de alineación entre las teorías de la web semántica y los instrumentos que la soportan. Este aspecto es quizá el mayor obstáculo para la consolidación de la web semántica. En 2001, Berners-Lee, Hendler y Lassila plantearon la web semántica como una visión cercana de la gran red, pero no fue hasta 2004 cuando apareció la tripleta RDF, que es la sintaxis esencial para construir ontologías. Por otro lado, actualmente el lenguaje OWL se corresponde con RDF, pero persisten problemas en los programas que lo estructuran.
- Las ontologías: como sustento de la web semántica, se encuentran en un estado inicial de desarrollo. Países con altos niveles de tecnología e investigación avanzada han

> completado la revisión teórica y se encuentran en la etapa de construcción de ontologías capaces de representar y organizar el ciberespacio. En contraste, los países con brechas tecnológicas se mantienen en estados teóricos o de reflexión académica.

Desde 2007 hasta la actualidad, la construcción de la web semántica sigue siendo un reto para los informáticos y otros profesionales de la información. En este marco, el desarrollo de ontologías que soporten la web semántica se vislumbra como una actividad prioritaria.

Llegado el año 2022, la web semántica es observable en nichos piloto asociados a bibliotecas nacionales, repositorios gubernamentales, repositorios comerciales, bibliotecas digitales, sitios de alta tecnologías, etcétera. De igual modo, la organización significativa de la web está fortaleciéndose con el trabajo de áreas disciplinares que buscan recuperar información de modo preciso, por ejemplo, la biología, la medicina, la genómica, las ciencias ambientales, la hidrología, la climatología, la ecología, la oceanografía y otros campos que han elaborado lenguajes estandarizados aplicables a la web.

A la luz de todo lo expuesto anteriormente, es inevitable plantearse cuál será el rumbo de la web semántica. Al respecto hay quienes consideran que la expansión de la web semántica está lejos de transformarse en una realidad, en vista de la inmensidad del ciberespacio, la pluralidad de los contenidos y la diversidad de entidades que albergan contenidos en la gran red.

De modo contrario, hay quienes asumen que la web semántica "es posible en un plazo de tiempo más amplio y que para su consolidación deberán desarrollarse tecnologías efectivas que coadyuven en la construcción de ontologías, en tanto que en el futuro próximo la web semántica aspira a hacer uso de ontologías existentes y datos" (Shadbolt *et al.* 2006, 100).

En medio de este dilema, es necesario evidenciar la conexión ontologías-web semántica, pues en la medida en que el proceso para la construcción de ontologías se simplifique, la web semántica

estará más cercana a ser una realidad. Hasta ahora, como señalan Pedraza, Codina y Rovira:

> [...] la elaboración manual de ontologías supone un coste tan elevado en tiempo y dinero, que ya son muchas las voces que cuestionan que la transformación de la web actual en la web semántica pueda llegar a ser realidad algún día (Pedraza *et al.* 2007, 674).

Ante tal problema, en los últimos años las ciencias computacionales han esbozado diversas metodologías para simplificar el proceso de construcción de ontologías. Asimismo, en la construcción de ontologías que asistan en la construcción de la web semántica, los bibliotecólogos detentan un rol fundamental. Como profesionales de la información, sus tareas en la construcción de la web semántica implican:

- Integrar equipos multidisciplinarios con tareas de diseño de sitios que requieran organización de la información en términos de formatos y granularidad, así como tareas de jerarquización de contenidos.
- Construir y codificar esquemas de metadatos, especialmente metadatos temáticos para el modelado de ontologías.
- Planear y diseñar ontologías para la web. Su experiencia en el manejo terminológico, conceptual y categorial adquirida a partir del uso y creación de sistemas para la organización del conocimiento como encabezamientos de materias y tesauros los dota de habilidades que son esenciales para el diseño y la construcción de ontologías terminológicas que funcionen como mapas de sitios.

Desde la perspectiva bibliotecaria, la web semántica es un principio normativo que debe considerarse en la construcción de sistemas de información vinculados con comunidades BAM (bibliotecas, archivos y museos) que pretenden insertar entidades de información en el espacio digital.
En lo tocante a la biblioteca:

> […] la progresiva penetración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los servicios de información, la universalización del uso de Internet y la diversificación de los recursos que se pueden hacer accesibles desde la Red ha provocado que las bibliotecas se embarquen en un proceso de reinvención […] Fruto de este proceso de transformación y adaptación son las denominadas bibliotecas digitales (Codina *et al.* 2009, 181).

De hecho, los espacios en la gran red de las bibliotecas también se suscriben a los preceptos de la web semántica, en tanto que integran datos, metadatos y ontologías. Algunos casos notables de las premisas de la web semántica en el ámbito bibliotecológico son Europeana (2019), una biblioteca digital que inició en 2008 e integra recursos asociados al patrimonio digital de países europeos, y Mexicana (2019), una plataforma de recursos abiertos cuyo objetivo es digitalizar el patrimonio cultural del que dispone la Secretaría de Cultura de México.

En resumidas cuentas, en la construcción de la web semántica y el desarrollo de ontologías que la sustenten, el profesional de la información deberá enfrentar nuevos retos tecnológicos y metodológicos que supone el carácter dinámico y en continua evolución de la red. Su rol implica romper viejas maneras de pensar y desarrollar nuevas destrezas para representar, organizar y recuperar la información en este ambiente.

Sistemas de datos enlazados

Como se ha señalado anteriormente, en las últimas dos décadas el Internet se ha posicionado como un excelente medio para obtener información debido a la gran cantidad de recursos que alberga. No obstante, debido a su crecimiento exponencial persiste poca vinculación entre los datos que integra.

La web tradicional se caracteriza por ser una web de documentos con las siguientes características (Bizer *et al.* 2009):

- Sistema global de archivos.
- Estructura compuesta, mayoritariamente, de objetos primarios (documentos).
- Ámbito en el que predomina la vinculación interna o entre secciones del mismo documento.
- Sitios con baja estructuración.
- Contexto con baja semántica y poca vinculación.
- Prioriza la explicitación de la información para humanos, mientras que los agentes artificiales cuentan con pocas herramientas para realizar inferencias.

En cuanto a la estructuración de los datos que almacena, la web constantemente ha sido comparada con una construcción de silos o bloques aislados. Esto implica que, sobre un mismo asunto, la web contiene millones de documentos, pero entre ellos no existen vínculos que permitan a los sistemas recuperadores enlazarlos.

Ante esta falta de enlace entre los diferentes recursos que se encuentran en la web, el W3C persigue la integración de una web vinculada, cuyo objetivo será transformar el ciberespacio en una base de datos donde los recursos sean descritos a partir de su contenido y posibiliten la asociación:

> Lo que se intenta conseguir es una web donde sea posible explicitar y explorar la interconexión profunda de los datos que circulan por ella [...] el fin último del modelo es que las máquinas puedan asistir de una manera más eficaz a los humanos en sus tareas de acceso a recursos y servicios y la creación de un sistema de información más abierto que permita el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones (Morales del Castillo 2011, 27).

Parte esencial de la web semántica son los datos enlazados (Linked Data-LD), entendidos como un método de publicación de datos estructurados, de forma que puedan ser conectados y consultados. El fin último de los datos enlazados es vincular los distintos datos que están distribuidos en la red.

Como afirman Bizer, Heath y Berners-Lee:

> Los datos enlazados de modo simple son el uso de datos que la web emplea para crear ciertos tipos de vinculación entre información de diversos recursos [...] Técnicamente, refieren a datos publicados en la web de tal modo que sean legibles por máquinas, este significado estaría explícitamente definido y podría enlazar a otros conjuntos de datos externos o ser enlazado desde conjuntos de datos externos (Bizer *et al.* 2009, 2).

Tales datos se enlazan desde tres perspectivas: sintáctica, semántica e informática. Desde la parte sintáctica, se establecen estructuras legibles para las máquinas. A partir de la semántica se establecen relaciones significativas de diversa naturaleza (equivalencia, jerarquía y asociación). Por último, la perspectiva informática posibilita la creación de relaciones en un sistema de manera que la información pueda ser leída por los recuperadores.

Los datos enlazados forman parte de la web de datos, un proyecto enarbolado por el World Wide Web Consortium (2015). Asimismo, son uno de los pilares de la web semántica que se vislumbra como un espacio con documentos distribuidos, interconectados, vinculados y explorables.

En el contexto de la web semántica, los datos enlazados permitirán superar la web de documentos, vista como silos sin asociación, y consolidar la web de datos, un espacio interconectado en el que los recursos tendrán una descripción unitaria e integrarán aspectos de contenido con asociaciones significativas al mismo recurso u otros recursos.

En cuanto a su implementación, el World Wide Web Consortium (2015) ha establecido ciertas recomendaciones para la construcción de datos enlazados. Su propuesta aconseja el uso de Extensible Markup Language (XML) para la expresión de los datos y el uso de Resource Description Framework (RDF) para su vinculación. De igual forma, aconseja seguir ciertas pautas tecnológicas en su construcción:

- Usar URIs para identificar las cosas: al nombrar los conceptos o cosas mediante URIs, se ofrece una abstracción del

lenguaje natural. También se evitan ambigüedades y se ofrece una forma estándar y unívoca referida a cualquier recurso.

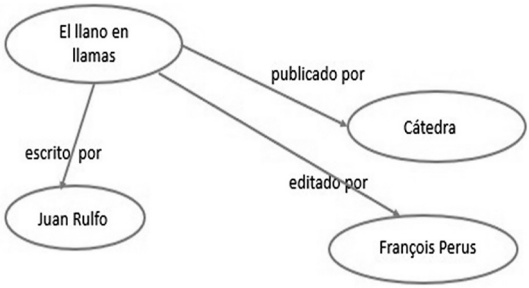
- Usar URIs HTTP: asegura que cualquier recurso pueda ser buscado y accesible en la web. Debe tenerse en cuenta que los URIs no son sólo direcciones, sino identificadores de los recursos.
- Ofrecer información sobre los recursos usando RDF: las tripletas RDF (sujeto-predicado-objeto) servirán para obtener información útil sobre los recursos. Todo recurso en la web (sujeto) puede tener una relación específica (predicado) a cualquier recurso en el mundo (objeto).
- Incluir enlaces a otros URIs: servirá para conectar los datos que tenemos en sitios web de forma que no se queden aislados y así se pueda compartir información con otras fuentes externas y que otros sitios puedan enlazar los datos propios de la misma forma que se hace con los enlaces en HTML.

La adopción de las mejores prácticas en la construcción de datos enlazados conducirá al afianzamiento de la web como un espacio global que conecta datos de diversos dominios como gente, compañías, libros, publicaciones científicas, filmes, música, televisión, programas de radio, tratamientos (farmacéuticos, clínicos, genéticos, alimenticios), comunidades en línea, registros estadísticos, etcétera. La meta última es que los usuarios esbocen una búsqueda inicial y, a partir de ésta, tengan posibilidades de navegación hacia otros recursos que respondan a la interrogación inicial.

Ahora bien, ¿cuál es la relación entre datos enlazados y ontologías? Entre ambos prevalece una relación estrecha, debido a que las ontologías son instrumentos tecnológicos que pueden ser empleados en la construcción de sistemas de datos enlazados. Dado que las ontologías incorporan datos y los enlazan mediante tecnologías RDF y OWL, en el marco de los datos enlazados, permiten explicitar las descripciones sobre los objetos. Así, en las ontologías los datos pueden ser enlazados a nivel de recurso o entre recursos diversos.

A nivel recurso, una ontología puede ser empleada para definir asociaciones del tipo siguiente (Figura 37):

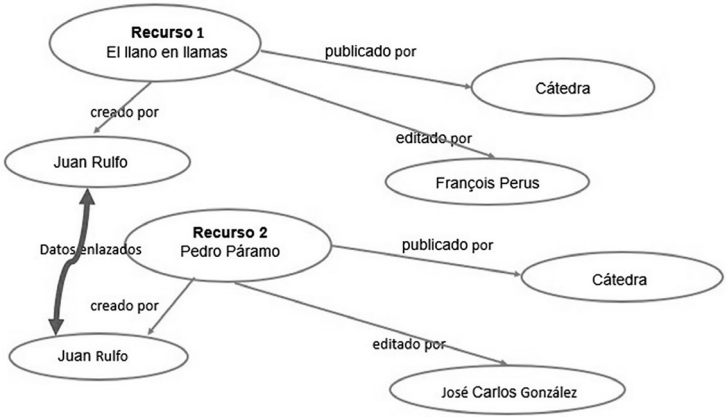
Figura 37. Datos enlazados en un recurso



Fuente: elaboración propia 2021.

Del mismo modo, las ontologías pueden ser empleadas para establecer vinculaciones entre recursos diversos, entre los cuales se crean enlaces a partir de elementos comunes (Figura 38):

Figura 38. Datos enlazados en recursos diversos



Fuente: elaboración propia 2021.

A partir de los conceptos y las relaciones que integran, las ontologías se vislumbran como herramientas esenciales en la construcción de datos enlazados. Debemos tener presente que el fortalecimiento de los datos enlazados en las bibliotecas y en web redundará en asociaciones útiles que fortalecerán la recuperación de información.

Procesos de aprendizaje

Las ontologías frecuentemente están asociadas con la representación, organización y recuperación de la información; no obstante, otra función que detentan consiste en ser estructuras para la generación de conocimiento.

¿De qué modo las ontologías generan conocimiento? Las ontologías son bases de conocimiento o representaciones de un dominio que pueden ser usadas como mapas disciplinares en los que se explora y conoce el dominio, los temas, las líneas principales, las instancias específicas, etcétera. En el campo de la educación, permiten el acceso al conocimiento sobre algún tema o dominio.

Allert, Markkanen y Richter (2006) señalan que en la última década las ontologías han tenido las siguientes aplicaciones en contextos educativos formales o de aprendizaje informal:

- Apoyar la ejecución de actividades de aprendizaje (mapas de conocimiento).
- Anotar y organizar objetos compartidos.
- Herramientas de aprendizaje metacognitivo.
- Evaluación de competencias en los estudiantes.

En la educación a distancia bien pueden sustituir a los mapas conceptuales tradicionales en los que era posible hacer representaciones de áreas de conocimiento, procesos, actividades, etcétera. En tal función, confluyen tanto las ontologías modeladoras como las ontologías terminológicas. Las primeras modelan un dominio como lo haría un diagrama cognitivo. Las segundas se orientan al tratamiento temático del campo y lo explicitan a partir de conceptos, clases y relaciones.

La personalización de dominios ofrecida por las ontologías es una ventaja en los ambientes educativos, en vista de que la ruta de aprendizaje basada en temas a tratar es un elemento clave para los estudiantes. En agregación, el manejo de conceptos de manera semántica permite la familiarización con los temas generales e incrementa el interés en tópicos específicos.

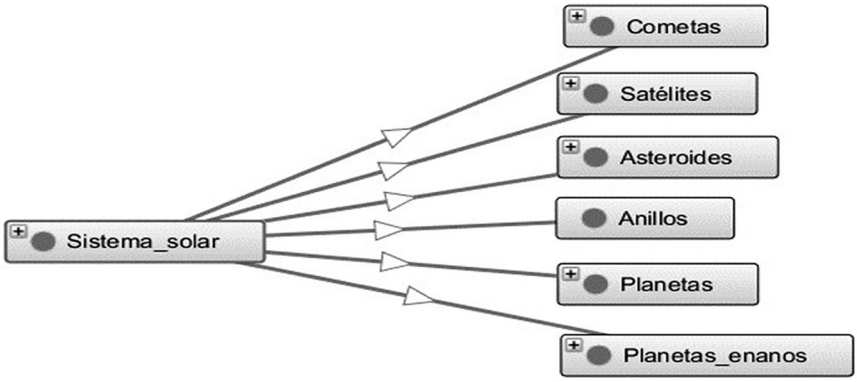
Un ejemplo de ontología aplicada a la generación de saber entre las personas es "Building a cultural heritage ontology for Cantabria" (Hernández-Carrascal *et al.* 2008). Su objetivo es contribuir a la generación de conocimiento sobre el patrimonio cultural de Cantabria y la promoción de la región. Compila, de forma estructurada, información sobre el patrimonio de Cantabria en sus múltiples aspectos: desde el arqueológico al industrial, desde el científico-cultural al etnográfico, pasando por sus actores y periodos históricos. La herramienta constituye un compendio de información que, en situaciones favorecedoras, permitirá aprender sobre el tema y la región. A través de la consulta de la ontología, el usuario navega temáticamente en el dominio haciendo contacto con conceptos generales y específicos que van ofreciéndose como clases e instancias.

Otro caso notable es "The neurological disease ontology" (Jensen *et al.* 2013). La ontología, señalan sus autores, intenta ser una base de conocimiento sobre las enfermedades neurológicas para que el alumno o los médicos en formación puedan hacer consultas directas y navegar. Frecuentemente los médicos, a partir de un grupo de síntomas, establecen un diagnóstico. Considerando lo anterior, una ontología en la que se asocian las diversas enfermedades con su sintomatología es efectiva para discernir sobre los padecimientos. Asimismo, mediante la ontología es posible observar, bajo un nodo categorizador, enfermedades cercanas que presentan traslape sintomático, por ejemplo, "enfermedad de Alzheimer" y sus clases, "enfermedad típica de Alzheimer" o "enfermedad de Alzheimer atípica".

El despliegue gráfico-categorial que poseen las ontologías es un aspecto crucial para el aprendizaje. Dicha visualización mapeada las convierte en herramientas dinámicas de información. Mediante

grafos de conceptos y relaciones, un usuario puede aprender que el "Sistema solar" se forma de "Cometas", "Planetas" y "Asteroides", que los "Planetas" pueden ser "Planetas rocosos" o "Planetas gaseosos" y que "Júpiter" es un "Planeta rocoso" (Figura 39):

Figura 39. Estructura gráfica-desplegable de ontología del sistema solar



Fuente: elaboración propia, 2021.

Actualmente, los editores aunados a visualizadores ontológicos ofrecen grandes ventajas para la creación de ontologías enfocadas en la generación del conocimiento creando mapas interactivos en los que el usuario despliega clases y visualiza definiciones y relaciones. En funciones de generación de conocimiento, las ontologías son aplicables a la educación en general y a actividades de formación de usuarios desde la perspectiva bibliotecaria.

Interoperabilidad de sistemas

La interoperabilidad implica las posibilidades de un sistema para utilizar partes o equipamiento de otro sistema. Es una característica esencial de los sistemas de información y es la premisa que permite compartir datos en contextos electrónicos asociados al comercio, la salud, la economía, las bibliotecas digitales, etcétera. En

el ámbito de la documentación, es la capacidad de un sistema de *hardware* o *software* para comunicar y funcionar con otro en el intercambio de datos diseñados y/o producidos por marcas comerciales, instituciones o grupos diferentes (Martínez y Lara 2007).

En el contexto bibliotecario, los catálogos electrónicos, las bibliotecas digitales, las bases de datos y los repositorios poseen normas o estándares para la interoperabilidad. Por demás, cuando se diseña un sistema, sus creadores contemplan una estructura particular, así como componentes de *software* y *hardware* que le posibilitarán interactuar con sistemas hermanos o de creadores diferentes.

La interoperabilidad en espacios digitales de bibliotecas presenta muchas dimensiones, que incluyen la creación y el desarrollo de los recursos (bases de datos), la generación de metadatos, la búsqueda y recuperación de información y la interacción con el usuario. De igual forma, en los sistemas para organizar recursos de información se generan bases de datos contenedoras de metadatos que deben ser intercambiados. Por tanto, para asegurar su trasmisión es necesario considerar protocolos de interoperabilidad, ya sea considerando los estándares existentes, el desarrollo de un modelo conceptual o herramientas de conversión.
La interoperabilidad puede presentarse en niveles diferentes:

- Interoperabilidad de los contenidos: está asociada con la codificación de los datos que se registran en campos.
- Interoperabilidad sintáctica: asociada con los lenguajes de marcado que se emplean para la construcción de los sistemas.
- Interoperabilidad semántica: asociada al empleo de esquemas de metadatos mediante los cuales sea posible establecer canales para la transmisión de los datos.

En el caso de las ontologías, éstas pueden ser empleadas como plantillas conceptuales que permitan la interoperabilidad semántica entre sistemas. Como señala Orbst (2003, 1), las ontologías "ofrecen las representaciones más ricas de semántica interpretable

por la máquina para los sistemas y bases de datos, lo que garantiza una mayor interoperabilidad e integración".

Un claro ejemplo de interoperabilidad basada en ontologías lo observamos en el ámbito biomédico, campo en el que desde principios de los noventa se inició la construcción de ontologías con fines de explicitación del dominio. Al principio, la iniciativa se formó de trabajos individuales como Gene Ontology o Plant Ontology; no obstante, al paso del tiempo, se consolidó como un plan más amplio que ha instaurado repositorios de ontologías como OBO Foundry (2021) y BioPortal (National Center for Biomedical Ontology 2021).

En espacios de tal naturaleza, las ontologías funcionan de dos formas:

- Como esquemas o plantillas temáticas para la indización de entidades cargadas de información, estableciendo un vocabulario común para grupos de estudio que colaboran en proyectos de desarrollo o investigación.
- Como mapas conceptuales que contribuyen a la interoperabilidad de sistemas.

Los esfuerzos colaborativos enfocados en la planeación y diseño de ontologías que permitan la interoperabilidad de sistemas son un esfuerzo emprendido por los expertos de las disciplinas en aras de contar con representaciones de conocimiento validadas y normalizadas por comunidades de especialistas. Al respecto, se asume que un dominio debidamente representado y con terminología estandarizada posibilita la comunicación exitosa entre especialistas y el fortalecimiento del área en el marco de la división y explicitación de las ciencias.

Recuperación temática semántica

En las bibliotecas es común que los usuarios busquen recursos de información a partir de un título o autor que tienen en mente, pero también es frecuente que intenten localizar materiales

bibliográficos a partir de temas de interés. Derivado de ello, la recuperación temática de la información es una actividad sustancial que les proporciona a los usuarios un conjunto de recursos documentales útiles para satisfacer sus necesidades informativas.

En gran medida, la recuperación temática de la información constituye un proceso esencial para los seres humanos porque una gran cantidad de las necesidades informativas está asociada con tópicos: un estudiante necesita información para realizar sus tareas escolares sobre la *célula vegetal*, un profesor precisa información para planificar las lecciones que impartirá sobre *escritores mexicanos modernistas*, un ingeniero requiere información sobre *motores de combustión externa*, etcétera.

Actualmente, la recuperación temática de la información se caracteriza por una fuerte tendencia de lo que ha sido denominado enlace (*matching)*; esto es, un proceso de vinculación entre la solicitud de búsqueda y la organización temática de las entidades documentales. La manifestación más evidente de tal tendencia se observa en el catálogo bibliotecario, en el cual el usuario introduce términos en un cuadro de búsqueda, selecciona los campos de metadatos temáticos, envía su solicitud de consulta y, a partir de la petición, el sistema establece una vinculación entre los términos introducidos por el usuario con los descriptores registrados en campos de metadatos temáticos.

Por décadas tal tipo de recuperación temática de los recursos ha sido el paradigma imperante en el ámbito bibliotecológico. Sin embargo, en las últimas décadas se habla de una recuperación semántica que supera el mero uso de los términos de búsqueda y su correspondiente enlace con términos del sistema. Al respecto, autores como Chowdhury y Chowdhury (2007), Chu (2010) Keyser (2012) y Golub, Schmiede y Tudhope (2019) señalan que las expectativas de los usuarios en sus búsquedas temáticas han cambiado y, en derivación, nuevas herramientas, técnicas, estándares y sistemas de organización del conocimiento han sido desarrollados para organizar los recursos de manera más significativa y gráfica, especialmente en los contextos bibliotecológicos web, que se caracterizan por un progresivo avance hacia la web semántica.

Actualmente, la recuperación temática de los recursos de información está asociada con las posibilidades de representación que el contexto digital ofrece. Tecnológicamente, hemos pasado de una etapa en la que la organización empleaba los términos como etiquetas lingüísticas a una etapa en la que es posible construir sistemas más complejos.

Sobre tal aspecto, López Alonso (2000) señala que los sistemas tradicionales de recuperación no operaban directamente sobre el significado de los conceptos y, en oposición, sistemas como las ontologías han evolucionado: se han movido del simple enlace entre términos de organización y términos de búsqueda hacia sistemas gráficos, formados por conceptos y relaciones, que constituyen bases de conocimiento con gran incidencia en la recuperación temática.

Todo este proceso ha sido posible gracias a un conjunto de tecnologías de la web que permiten hacer uso de metadatos descritos semánticamente:

> Es así como se quiere aprovechar esta tecnología y ampliar su descripción por medio de lenguajes de marcado semántico, para así lograr que se puedan describir los objetos desde un punto de vista conceptual, que luego permita su búsqueda y recuperación efectiva (Giraldo *et al.* 2011, 32).

Considerando tal aspecto, la aplicación de descripciones semánticas de entidades bibliográficas permitirá una búsqueda que integre la etiqueta lingüística, los conceptos y atributos que subyacen a la etiqueta lingüística y las relaciones de cada concepto en un marco contextual que define y delimita cada denominación temática.

En el contexto bibliotecario, Barité (2015, 138) señala que la semántica es una "rama de la lingüística que se ocupa del sentido o el significado de los signos, así como la relación entre los mismos tanto desde un punto de vista sincrónico como diacrónico". Por demás, en un proceso de extensión, la semántica también es aplicable a los sistemas de organización y recuperación del conocimiento, y proporciona significado a los términos que forman

una estructura conceptual. Fensel, Hendler, Lieberman y colegas (2005) agregan que la definición semántica reside en la forma de simbolización de la información, esto es, su esquematización no sólo a nivel de unidades lingüísticas, sino mediante entramados de términos, conceptos, atributos y relaciones que en las últimas décadas son posibles de crear gracias a las tecnologías de la información y la comunicación.

Cuando hablamos de una recuperación temática semántica de la información, en gran medida nos agregamos a los preceptos de la web semántica. Las posibilidades tecnológicas de la web semántica permiten descripciones de los documentos que derivarán en búsquedas inteligentes en lugar de meros enlaces de palabras clave. En este proceso, las ontologías tendrán un rol fundamental. Primero, proporcionando procesamiento automático de los contenidos. Segundo, ofreciendo un vocabulario y relaciones significativas que permitirán a los agentes computacionales develar información y conocimiento.

Las ontologías se observan como nuevas herramientas asociadas a la web que la bibliotecología puede emplear para organizar y recuperar recursos de información de manera conceptual, relacional y visual. Por demás, en la recuperación de información de manera exploratoria las ontologías son herramientas muy útiles porque le proporcionan al usuario caminos o rutas de búsqueda. En comparación con la recuperación de recursos de manera tradicional, en la que el usuario introduce un término de búsqueda y el sistema recuperador enlaza con los metadatos temáticos, las ontologías, por una parte, contemplan el uso de descriptores normalizados y la función de enlace, pero, además, agregan ventajas de navegación entre los descriptores temáticos que le permiten al usuario identificar con precisión su tema de interés y detectar temas relacionados.

A partir de sus implementaciones en contextos bibliotecológicos digitales (repositorios, bibliotecas, bases de datos), se ha confirmado que las ontologías colocadas en interfaces de búsqueda temática apoyan al usuario en la delimitación de su necesidad informativa y, con gran eficacia, palian el desconocimiento que el

usuario tiene sobre el vocabulario controlado que con gran tradición ha sido empleado en la organización temática de los recursos de información.

Tendencias actuales y futuras

La investigación sobre ontologías

Actualmente las ontologías cuentan con una tendencia de investigación creciente en el ámbito bibliotecológico. Los profesionales de las bibliotecas están interesados en los aspectos teóricos de las ontologías a la vez que están emprendiendo proyectos aplicados.

La expansión de las ontologías aumenta día a día y sus dominios de acción están asociados con las ciencias de la salud (genética, medicina, enfermedades neurológicas), las ciencias aplicadas (sistemas de aceleración, ciencias de los alimentos), las ciencias sociales (democracia, desplazamiento forzado) y las ciencias humanas (música, folclor, patrimonio cultural).

Aunque en los tiempos recientes es posible identificar ontologías de distintos campos temáticos, ciertas áreas han sido más trabajadas. Tal es el caso de las ciencias médicas (anatomía, neurología, fisiología) y las ciencias biológicas (genética, botánica, zoología). De igual modo, se observa una tendencia amplia del uso de ontologías en el área biomédica, espacio de saber en el que su planeación y diseño inició a principios de los noventa y ha sido una labor constante que ha consolidado dos grandes proyectos: OBO Foundry (2021) y BioPortal (National Center for Biomedical Ontology 2021).

En este creciente estudio de las ontologías, la investigación mantiene tendencia teórica y aplicada. Ambas partes se vinculan, pues, en la medida en que el conocimiento sobre la metodología, las tecnologías, la estructura y los estándares de las ontologías se mejoran y sus aplicaciones se optimizan.

Entre la producción escrita sobre ontologías es posible distinguir grupos de investigación ampliamente consolidados. Un primer grupo incluye autores europeos: Roberto Poli, Martin Hepp, Nicola

Guarino, Ora Lassila, Steffen Staab y Rudi Studer. Un segundo grupo se forma de autores norteamericanos: Thomas Gruber, Michael Gruninger, Deborah McGuiness, Natalya Noy y Mike Uschold. En lengua española se cuenta con los trabajos de Emilia Curras, Francisco Javier García Marco, Lluís Codina, Cristófol Rovira, Rafael Pedraza y María Lamarca. En América del sur predomina un grupo de autores brasileños: Mauricio Almeida, Marcello Bax, Monalessa Barcellos, Ligia Café y Fernanda Mendes. En comparación con los grupos señalados, en México, la investigación sobre las ontologías es un asunto inicial; pese a ello han sido estudiadas por Catalina Naumis y Adriana Suárez.

En cuanto a los estándares que sustentan las ontologías, la tendencia general considera el uso de RDF y OWL. RDF como modelo para el intercambio de datos en la web y OWL como lenguaje para representar núcleos de conocimiento de modo comprensible para los sistemas inteligentes. Es común que algunos proyectos de ontologías asociadas al espacio bibliotecológico incorporen un tercer estándar: SKOS, que en esencia es un modelo para expresar la estructura básica y el contenido de esquemas conceptuales como tesauros, esquemas de clasificación, listas de encabezamientos temáticos, taxonomías, folksonomías, ontologías y otro tipo de vocabularios controlados.

Sobre la tendencia actual y futura de las ontologías, es posible afirmar que estamos ante un tema de interés y crecimiento. Los tiempos venideros serán fundamentales para la inclusión más extensiva de las ontologías en el campo bibliotecario.

Repositorios de ontologías

Los repositorios de ontologías son espacios en la web para consultar o depositar ontologías. Son sitios en donde los investigadores, programadores, lingüistas y expertos en semántica pueden compartir información y aprender de forma colaborativa sobre temas relacionados con las ontologías, los sistemas de organización del conocimiento, la web semántica y la organización del conocimiento en el ciberespacio. Algunos casos relevantes de repositorios de ontologías

son OBO Foundry (2021), Bioportal (National Center for Biomedical Ontology 2021), DeriVocabularies (2021), Ontology Design Patterns (2021) y RedGnoss (2021).

OBO Foundry tiene por objetivo desarrollar una familia de ontologías interoperables, coherentes, lógicas y científicamente precisas sobre las ciencias biológicas. Para lograrlo, sus creadores siguen un conjunto de principios: el acceso abierto, el desarrollo colaborativo, el contenido no solapado y de alcance reducido, y la sintaxis y relaciones comunes, basadas en modelos ontológicos. Pese a que OBO Foundry apuesta por la colaboración, los estándares de calidad en las ontologías que integra son altos, toda ontología recibida es dictaminada por un comité de operaciones, un grupo de trabajo editorial, técnicos en cómputo y expertos del área biológica que la validan. Cualquier persona o institución interesada en colaborar con OBO Foundry puede agregarse mediante la propuesta de ontologías que cumplan con los principios de calidad y rigurosidad científica establecidos.

Bioportal es otra iniciativa de repositorio de ontologías. El objetivo del Centro Nacional de Ontología Biomédica (National Center of Biomedical Ontology-NCBO) es apoyar a los investigadores biomédicos, mediante la generación de conocimiento, proporcionando herramientas en línea y un portal web que les permita acceder, revisar e integrar recursos ontológicos asociados con la investigación biomédica y la práctica clínica. El sitio asume que el uso de ontologías biomédicas puede auxiliar en la gestión y análisis de datos derivados de investigaciones en el campo biomédico.

Las ontologías que NCBO Biportal integra conjuntan dos visiones que contribuyen a la validación de tales herramientas. Por una parte, integran la visión experta de la comunidad biomédica internacional a través de la colaboración de destacadas instituciones como la Universidad de Stanford, la Universidad de Victoria y la Universidad de Búfalo. Por otra, integran el saber de expertos en sistemas organizadores del conocimiento y profesionales de cómputo que trabajan en la unificación de las ontologías, la creación de herramientas para utilizar las ontologías y el análisis y la integración de conjuntos de datos.

DeriVocabularies es otro espacio para compartir ontologías encabezado por el Digital Enterprise Research Institute de Galway, Irlanda. Contiene varios vocabularios de datos enlazados que operan mediante tripletas RDF. Está pensado como puente entre los editores y los usuarios de datos RDF, con aplicaciones que van desde el descubrimiento de datos hasta la catalogación y el archivo de conjuntos de datos.

Ontology Desing Patterns es un espacio que integra la experiencia de creadores de ontologías, vincula con recursos tecnológicos para su desarrollo, informa de eventos sobre el tema e incluye un espacio para consultar y compartir ontologías desarrolladas por personas e instituciones. Es un proyecto derivado de Neon Proyect, iniciativa que persigue la búsqueda de tecnologías que afiancen la sociedad de la información y el conocimiento. El sitio resulta muy útil para todos aquellos profesionales que se enfrentan a la tarea de planear y desarrollar una ontología. Pese a su utilidad, no posee el soporte académico de otros espacios como OBO Foundry o BioPortal.

RedGnoss es otro espacio que contribuye en la interoperabilidad de la información mediante ontologías. El objetivo de su comunidad es construir un espacio de vida digital en el que investigadores, técnicos, programadores, lingüistas y expertos en semántica puedan reunirse, compartir información, trabajar, debatir, aprender de forma colaborativa y estar al día en temas relacionados con la interoperabilidad semántica. Tal interoperabilidad considera tanto la interacción máquina-humano, como la comunicación máquina-máquina. Es un repositorio sobre la web semántica que incluye recursos multimedia y algunas ontologías. Cualquier persona interesada en el tema puede colaborar y contribuir en el espacio web. A semejanza de Ontology Desing Patterns, es un esfuerzo colaborativo social que no se adhiere a criterios académicos o científicos formales.

Los repositorios de ontologías son espacios recientes en la web. Aunque su tendencia futura es incierta, su enfoque colaborativo se observa como una gran oportunidad de comunicación, consulta e interacción sobre la teoría y las aplicaciones de las ontologías.

Reúso de ontologías

Las ontologías son sistemas de organización del conocimiento complejos que en su planeación, diseño e implementación requieren recursos económicos, humanos y tecnológicos. Muchas instituciones planean y desarrollan ontologías desde cero, pero ese no es el único camino en su construcción. Desde hace más de una década, el reúso de observa como una técnica que facilita su desarrollo.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de reúso de ontologías? Sobre tal denominación contamos con varias formas de reúso. Primero, podemos reusar una ontología previamente existente y publicada en la web, tal como fue desarrollada originalmente; por ejemplo, tomar una ontología de OBO Foundry y emplearla con fines particulares, otorgando los créditos correspondientes a sus creadores. Segundo, podemos reusar una ontología y transformarla para hacerla más adecuada a nuestros objetivos. Tercero, en el diseño de una ontología podemos reusar elementos o secciones de otras ontologías u otros sistemas de organización del conocimiento (tesauros, clasificaciones, diccionarios, etc.) para construir la herramienta ideal que requerimos en nuestro dominio de conocimiento.

Cuando se planea una ontología, el reúso se establece como un procedimiento que puede auxiliar a los desarrolladores. Un claro ejemplo de reúso en la construcción de ontologías se observa en numerosas investigaciones que plantean la transformación de tesauros en ontologías. Dado que los tesauros son sistemas muy cercanos, estructuralmente hablando, a las ontologías, de éstos podemos recuperar los conceptos, las clases y algunos tipos de relaciones. En este mismo orden de ideas, de otros sistemas, como clasificaciones bibliográficas o taxonomías, podemos recuperar las estructuras categoriales, mientras que de los encabezamientos de materia y diccionarios podemos retomar conceptos. El reúso asociado a las ontologías favorece la colaboración y contribuye a optimizar los recursos asignados a las instituciones directamente.

Procesos automatizados en el desarrollo de ontologías

Las ontologías han mostrado su utilidad en múltiples ámbitos en los que se representa, organiza y recupera conocimiento, pero, de igual forma, han evidenciado que su planeación, desarrollo e implementación conlleva costos asociados a los recursos humanos que las diseñan y las tecnologías inherentes para su creación.

En aras de aminorar los costos que implica el desarrollo de ontologías, actualmente contamos con diversas técnicas para su desarrollo automatizado. Tal automatización contempla cada una de las partes y procesos que conforman las ontologías: establecimiento de conceptos, diseño de las clases, asignación de atributos y determinación de relaciones.

En este rubro, si bien hasta ahora no es posible hablar de la metodología y los programas más ideales para desarrollar ontologías de manera automatizada, los expertos coinciden en el uso de un conjunto de técnicas que derivan en buenos resultados:

- Componentes combinados de procesamiento textual: mediante la selección de corpus textuales de un dominio específico y su procesamiento en ciertos programas (extractores terminológicos, categorizadores y programas con algoritmos de relaciones), es posible obtener los conceptos albergados en los corpus textuales, observar relaciones jerárquicas entre conceptos y esbozar relaciones asociativas.
- Minería de texto: mediante procesos de minería textual ha sido posible identificar los conceptos esenciales de un dominio de conocimiento y establecer asociaciones entre éstos. A través de patrones lingüísticos, la minería de textos permite encontrar información que no existe explícitamente en ningún texto, pero que emerge de las relaciones de contenido de un conjunto documental.
- Identiticación de parseo o *chunks*: es una técnica útil para comprender la sintaxis de las oraciones. Ha sido ampliamente usada para crear árboles de relaciones entre elementos conceptuales.

- Tokenización: consiste en separar las palabras en unidades denominadas *tokens* que se vinculan con clases gramaticales (Sujeto-Predicado-Objeto) que posteriormente pueden retomarse para establecer atributos y relaciones RDF entre elementos conceptuales.
- Bolsas de palabras: son conjuntos de términos obtenidos mediante extractores terminológicos que son agrupados según su frecuencia de aparición con fines de obtener los términos más relevantes de un dominio de conocimiento. Tales términos también pueden agruparse según categorías sintácticas (sustantivos, verbos, adjetivos, etc.) que pueden utilizarse para extraer contextos definitorios que sirvan en la asignación de atributos o estructuras sintácticas que establezcan relaciones entre conceptos.
- Redes semánticas: identifican las palabras más cercanas semánticamente, considerando las relaciones presentes en un corpus textual establecido. Son aplicables al diseño de relaciones de las ontologías.

La construcción automatizada de ontologías, a pesar de ayudarse de todas las técnicas antes mencionadas, no es una actividad en la que los agentes humanos se encuentren ausentes. En la construcción automatizada de ontologías el factor humano está presente en actividades como:

- Determinación del corpus textual que se procesará: la identificación de recursos textuales es fundamental, ya que de éstos se derivará la ontología.
- Supervisión de los procesos: la inserción de la información en los programas y la supervisión de la ejecución de cada actividad deriva en una ontología de calidad.
- Análisis: una vez que se cuenta con los elementos conceptuales de la ontología, así como las relaciones jerárquicas y asociativas, es importante su validación; en esta etapa el factor humano es crucial, tengamos presente que las máquinas pueden desarrollar muchos procesos, pero su función

es de razonamiento y no de interpretación o evaluación de la información.

- Generación: la información derivada de los programas primarios (extractores de términos, programas categorizadores, etc.) debe ser introducida, posteriormente, en algún editor ontológico o programa que finalmente esboce la ontología y permita una visualización jerárquica y gráfica del instrumento.
- Implementación: la implementación final de la ontología en un sistema de información local o en red es otra actividad en la que el factor humano se hace presente, en esta etapa decidimos dónde albergar nuestra herramienta y los factores asociados a su uso.
- Mantenimiento: el continuo mantenimiento y actualización de la ontología es una actividad fundamental, especialmente en dominios de conocimiento con descubrimientos, trasformación o cambios.

En el mundo de la construcción automatizada de ontologías, día a día se registran avances. Hasta ahora, algunos programas que han sido empleados en el proceso son WordStat, Weka, VoyanTools, TextAnalyst, SAS Text Analitycs, Luxid-Temis, así como varias bibliotecas de Pyton y RStudio. Cuando un equipo decide hacer uso de técnicas automatizadas en la creación de ontologías, el proyecto implica detectar los programas más adecuados para llevar a cabo el trabajo, considerando el idioma del corpus y el tipo de ontología que se desarrollará. Aunado a ello, es preciso detectar la potencialidad de cada programa, hacer pruebas y finalmente llevar a cabo el trabajo con meticulosidad y visión crítica respecto a si los resultados obtenidos nos están proporcionando una representación fiable del dominio tratado. La automatización en la construcción de ontologías es un reto en aras de encontrar los mejores procesos y las mejores herramientas.

Bibliotecólogos y ontologías

La gestión del conocimiento y la información es el eje central de la profesión bibliotecaria. Por muchos siglos, tales actividades se mantuvieron asociadas a la biblioteca física, pero hoy en día el universo del conocimiento y la información se expande a la gran red. En este contexto, la tarea del bibliotecólogo no decrece, sino todo lo contrario, se torna esencial; la web semántica y las ontologías abren nuevos horizontes profesionales.

El futuro de las ontologías considera la participación de los profesionales de la información. Murdock, Buckner y Allen (2012) señalan que en la planeación y diseño de ontologías se requieren expertos con dos grandes capacidades: experiencia en el desarrollo de sistemas de organización del conocimiento y expertos capaces de detectar la estructura temática de los dominios de conocimiento. Los profesionales de la bibliotecología reúnen ambos requisitos. Recordemos que por siglos los bibliotecarios han construido listas de temas, encabezamientos de materia, clasificaciones y tesauros en los que imperan muchos de los principios de las ontologías.

Stuart (2016) es otro autor que apuesta por la inclusión de los bibliotecólogos en el desarrollo de ontologías y en la consolidación de la web semántica. Considerando este expandido universo web, es posible afirmar que el bibliotecólogo tiene muchos retos en la gestión de la información y el conocimiento en el espacio digital. Y, de manera especial, tiene una gran misión en la construcción de una web descrita a partir de su contenido que en un futuro cercano pueda contar con esa infraestructura inteligente que permita a los agentes computacionales ejecutar razonamientos para la mejora de las actividades humanas.

Conclusiones

Tras la aparición de nuevos soportes de la información, programas para la gestión de las colecciones bibliográficas y la continua evolución y expansión de los sistemas, en las últimas décadas las tecnologías de la información han tenido gran incidencia en las ciencias documentales y de la información.

La gestión del conocimiento en las bibliotecas se ha trasformado: de un paradigma asociado con los recursos impresos y el catálogo bibliotecario, hemos pasado a una nueva etapa caracterizada por recursos digitales, grandes bases de datos en línea y bibliotecas y repositorios alojados en la web. De igual forma, en este nuevo contexto, las necesidades de los usuarios también han cambiado, día a día requieren información de forma precisa, semántica, exploratoria, gráfica y relacional.

En este escenario, en la medida en que los soportes de la información, los alcances de la biblioteca y las necesidades de los usuarios cambian, también las herramientas de gestión del conocimiento se transforman. Las ontologías son parte de este proceso cambiante: su origen se enraíza en la filosofía y las ciencias computacionales, pero poco a poco se han insertado en otras áreas en las que la organización del conocimiento es una actividad esencial.

Tal es el caso de la bibliotecología, área en la que contribuyen en la representación, organización y recuperación del conocimiento, la información y aún los recursos de información, mediante la declaración explícita de los conceptos, la categorización, los atributos y las relaciones presentes en un dominio de conocimiento.

Asociadas al contexto tecnológico, las ontologías forman parte de un escenario pensado muchos años atrás —como forma de explicitación de la información en la web— que hoy se hace tangible gracias a las tecnologías de la información y la comunicación. Al mismo tiempo, en coordinación con las tendencias organizadoras de la bibliotecología, se insertan en una etapa de evolución disciplinar caracterizada por modelos conceptuales como FRBR, FRSAD y LRM, que promueven la creación de sistemas de organización del conocimiento menos lineales y más semánticos que vinculen la información de manera significativa.

A la luz de otros SOC, las ontologías son un nuevo sistema de organización del conocimiento con características conceptuales, jerárquicas, atributivas y relacionales. Es así que, durante las últimas décadas, su inserción y avance en la bibliotecología se ha observado progresivo debido a su potencial que supera las ventajas de muchos instrumentos tradicionales de la bibliotecología (encabezamientos de materia y tesauros).

Cabe destacar que en el rubro de los sistemas de la organización del conocimiento a principios de la década de 1990, varios autores criticaron que las estructuras más emblemáticas de la bibliotecología no operaban sobre el significado y las relaciones de los conceptos. En derivación, en el futuro se esperaba la aparición de herramientas capaces de procesar el conocimiento de manera semántica y dinámica. Las ontologías son las herramientas anticipadas en ese entonces. Llegado el año 2022, estamos ante un panorama en el que las herramientas para la representación y organización del conocimiento consideran el uso de términos, conceptos, atributos y relaciones para explicitar con mayor precisión dominios.

Como señalan los expertos, las ontologías por una parte poseen la misma función que los vocabularios controlados más tradicionales de la bibliotecología en tareas categorizadoras y

esquematizadoras del universo de saber y, por otra, pueden ser empleadas como instrumentos modeladores y bases de conocimiento. Aunado a ello, en los contextos digitales ofrecen ventajas que otros sistemas no poseen, pues al ser estructuras basadas en redes, simulan los dominios de conocimiento de manera gráfica, lo que favorece la búsqueda exploratoria.

La construcción de ontologías posibilita solucionar problemas de representación, organización y recuperación del conocimiento en espacios digitales y asociados a la gran red. Tal actividad resulta de sumo interés para los expertos en cómputo, pero, de igual modo, es asunto esencial de la bibliotecología que a lo largo del tiempo se ha posicionado como la disciplina organizadora del conocimiento.

A modo se síntesis, el desarrollo de ontologías, desde la perspectiva bibliotecológica, se observa altamente útil en:

- La representación y organización de dominios que, por algún motivo, no han sido debidamente tratados en otros sistemas organizadores del conocimiento.
- La gestión de dominios que requieren adherirse a contextos web y los preceptos de la web semántica.
- El acceso temático en bibliotecas y repositorios digitales, espacios en los que, además de servir como descriptores, son estructuras gráficas que posibilitan la búsqueda exploratoria y orientan al usuario en el uso del lenguaje controlado.
- La alfabetización informativa, ya sea en la instrucción sobre sistemas de organización del conocimiento u otras funciones formadoras en las que apoyen los procesos de aprendizaje.
- La interoperabilidad, como plantillas para la comunicación temática entre bibliotecas y repositorios digitales.
- La construcción de la web semántica en espacios BAM (bibliotecas, archivos y museos) y la web en general.
- La gestión del conocimiento en el marco de la web semántica en portales de instituciones gubernamentales, espacios de campos disciplinares (salud, economía, política, etc.) y

en sitios web comerciales para la explicitación de productos y servicios.
- La construcción de estructuras de datos enlazados tanto en bibliotecas como en la web en general.
- La recuperación temática semántica de la información en el ciberespacio.

Dada la utilidad de las ontologías, su estado de investigación es un asunto prioritario. Al respecto es posible señalar que mientras su estudio teórico ha sido ampliamente tratado, su estado de implementación es incipiente. Por demás, el panorama mundial sobre las ontologías detenta diversos estados de desarrollo. En la zona angloparlante (Estados Unidos, Canadá e Inglaterra), varios países europeos (Alemania, Italia, Francia, Dinamarca) y algunos países asiáticos (China e India) se ha asimilado la teoría y se implementa en sistemas de información. En algunas regiones hispanohablantes, particularmente España y Colombia, se ha asimilado la teoría y se están emprendiendo proyectos aplicados en el marco de la web semántica. Pese a todo este trabajo sobre las ontologías, en muchos países de América Latina, región en la que se incluye nuestro país, las ontologías cuentan con poca diseminación entre la comunidad bibliotecaria y sus implementaciones en sistemas de información son asunto pendiente. Considerando lo anterior, nuestro trabajo actual y futuro como organizadores del conocimiento implica conocer bien la teoría de las ontologías y trabajar en la implementación de proyectos asociados en los que las herramientas se observen fructíferas.

Hasta ahora, las ontologías han evidenciado sus ventajas en varias parcelas de acción del bibliotecólogo. Una primera área de implementación son los espacios digitales propios de la disciplina (bibliotecas digitales, repositorios de información y bases de datos bibliográficos). Una segunda área práctica reside en la construcción de la web semántica en comunidades BAM. Un tercer campo de acción, aún más amplio, contempla la integración de ontologías en espacios gubernamentales, campos disciplinares y el comercio electrónico.

La tendencia futura evidencia que el bibliotecólogo deberá formarse en el uso y la construcción de sistemas de organización del conocimiento tradicionales de la bibliotecología y nuevas herramientas asociadas al universo digital. Estamos, sin duda, ante una etapa de confluencia entre las actividades más tradicionales del bibliotecario y las exigentes necesidades de la biblioteca híbrida que se expande hacia el ciberespacio.

Finalmente, se concluye que las ontologías son parte de un nuevo paradigma organizador del conocimiento que considera la evolución de los lenguajes documentales hacia sistemas de organización del conocimiento, caracterizados por la progresiva mudanza de los modelos ordenadores convencionales en modelos cognitivos compresibles para los humanos y los sistemas recuperadores. Las ontologías han llegado para revitalizar la semántica documental y, al mismo tiempo, abren múltiples posibilidades laborales, académicas y de investigación para todos aquellos profesionales de la información que valoran el descubrimiento de retos y nuevas habilidades.

Referencias bibliográficas

Abbagnano, Nicola. 1963. *Diccionario de filosofía*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Abbas, June. 2010. *Structures for organizing knowledge*. Nueva York: Neal Schuman.

Abecker, Andreas y Ludger van Elst. 2004. "Ontologies for knowledge management". En Staab, Steffen, (ed.). *Handbook of ontologies*. 435-454. Heidelberg: Springer-Verlag.

Allert, Heidrun; Hannu Markkanen y Christoph Richter. 2006. "Rethinking the use of ontologies in learning". En *Proceedings of the 2nd international workshop on learner-oriented knowledge management and KM-oriented learning*. 115-125. Creta, Grecia: CEUR.

Amann, Bernd; Michel Scholl e Irini Fundulaki. 2000. "Integrating ontologies and thesauri for RDF schema creation and metadata querying". *International Journal of Digital Libraries* 3 (3): 221-237.

American Library Association. 2021. *ALA standars and guidelines*. https://www.ala.org/tools/guidelines/standardsguidelines.

Aristóteles. 2002. *Historia animalium*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University.

———. 2009. *Categorías*. Buenos Aires: Colihue.

Arntz, Reiner; Heribert Picht y Amelia de Irazazábal. 1995. *Introducción a la terminología*. Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez.

Barcellos Almeida, Maurício. 2014. "Uma abordagem integrada sobre ontologias: ciência da informação, ciência da computação e filosofía". *Perspectivas em Ciência da Informação* 19 (3): 242-258.

Barité, Mario Guido. 2000. "The notion of category: its implications in subject analysis in the construction and evaluation of indexing languages". *Knowledge Organization* 27 (1/2): 4-10.

———. 2015. *Diccionario de organización del conocimiento: clasificación, indización, terminología*. Montevideo: CSIC.

Bates, Marcia J. 2010. *Encyclopedia of library and information science.* Boca Ratón: CRC.

Bath, Mohammad Hanief. 2013. "Knowledge organization systems in digital environment". *Trends in Information Management* 9 (1): 38-53.

Berger, Peter L. y Thomas Luckmann. 2011. *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu.

Bergman, Michael. 2007. *An intrepid guide to ontologies*. Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021. https://www.mkbergman.com/374/an-intrepid-guide-to-ontologies/.

Berners-Lee, Tim; James Hendler y Ora Lassila. 2001. "The semantic web: a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities". *Scientific American* 284 (5): 34-43.

Bizer, Christian; Tim Berners-Lee y Tom Heath. 2009. *Linked data: the story so far*. https://www.researchgate.net/publication/225070216_Linked_Data_The_Story_so_Far.

Bliss, Henry Evelyn. 1929. *The organization of knowledge and the system of the sciences*. Nueva York: Henry Holt and Company.

———. 1939. *The organization of knowledge in libraries and the subject approach to books*. 2a ed. Nueva York: Wilson.

Bonome, María G. 2012. "Analysis of knowledge organization systems as complex systems: a new approach to deal with changes in the web". *Knowledge Organization* 39 (2): 104-110.

Borst, Pim; Hans Akkermans y Jan Top. 1997. "Engineering ontologies". *International Journal of Human-Computer Studies* 46 (2): 365-406.

Brank, Janez; Marko Grobelnik y Dunja Mladenić. 2005. *A survey of ontology evaluation techniques*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45796049/A_survey_of_ontology_evaluation_techniqu20160520-12607-1krdqcb-with-cover-page.

Bräscher, Marisa. 2014. "Semantic relations in knowledge organization systems". *Knowledge Organization* 41 (2): 175-180.

Café, Lígia y Fernanda Mendes. 2009. "Estudo sobre estrutura definitória para desenvolvimiento de ontologias". *Informação & Sociedade: Estudos* 19 (2): 71-80.

Cavalcanti, Cordelia Robalinho. 1978. *Indexaçao y tesauro: metodología y técnicas*. Brasilia: Associaçao de Bibliotecários do Distrito Federal.

Chowdhury, Gobinda y Sudatta Chowdhury. 2007. *Organizing information: from the shelf to the web*. Londres: Facet Publishing.

Chu, Heting. 2010. *Information representation and retrieval in the digital age*. Nueva Jersey: ASIST.

Codina, Lluís; Mari Carmen Marcos y Rafael Pedraza-Jiménez. 2009. *Web semántica y sistemas de información documental*. Gijón: TREA.

Collins, Harry M. 2010. *Tacit and explicit knowledge*. Chicago: University of Chicago.

Corcho, Oscar; Mariano Fernández-López y Asunción Gómez-Pérez. 2003. "Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?" *Data & Knowledge Engineering* 46 (1): 41-64.

Curras, Emilia. 2005. *Ontologías, taxonomías y tesauros: manual de construcción y uso*. Gijón: Trea.

Dahlberg, Ingetraut. 1992. "Knowledge organization and terminology: philosophical and linguistic bases". *International Classification* 19 (2): 65-71.

———. 2006. "Knowledge organization: a new science". *Knowledge Organization* 33 (1): 11-19.

Dalianis, Hercules y Fredrik Persson. 1997. *Reuse of an ontology in an electrical distribution network domain*. https://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1997/SS-97-06/SS97-06-004.pdf.

DAML Ontology Library. 2004. http://www.daml.org/ontologies/.

Das, Subhashis y Sayon Roy. 2016. "Faceted ontological model for brain tumour study". *Knowledge Organization* 43 (1): 3-12.

Delgado Gómez, Alejandro. 2002. "Organización de la información mediante el uso de lenguajes de modelado: viejos recursos para nuevas necesidades". *Scire: representación y organización del conocimiento* 8 (1): 55-86.

DeriVocabularies: vocabulary of interlinked datasets. 2021. http://vocab.deri.ie/.

DIN: 2342: Vocabulary of terminology. 2011. Berlín: Swedish Standards Institute.

Dos Reis, Marcia Cristina y Edberto Ferneda. 2021. "Utilização de ontologias na recuperação de informação: principais abordagens, problemas e propostas de melhorias". *Informação & Sociedade: Estudos* 31 (1): 1-36.

Farradane, Jason. 1979. "The nature of information". *Journal of Information Science* 1 (1): 13-17.

Feather, John y Paul Sturges (eds.). 1997. *International encyclopedia of information and library science*. Nueva York: Routledge.

Fensel, Dieter; James A. Hendler, Henry Lieberman, Wolgang Wahlster y Tim Berners-Lee. 2005. *Spinning the semantic web: bringing the World Wide Web to its full potential*. Londres: Massachusetts Institute of Technology.

Ferilli, Stefano y Domenico Redavid. 2020. "An ontology and knowledge graph infrastructure for digital library knowledge representation". En Michelangelo Ceci, Stefano Ferilli y Antonella Poggi (eds.). *Communications in computer and information science*. 47-61. Alemania: Springer.

Ferran, Núria, Enric Mor y Julià Minguillón. 2005. "Towards personalization in digital libraries through ontologies". *Library Management* 26 (4-5): 206-217.

Ferrater Mora, José. 1944. *Diccionario de filosofía*. 2a ed. Ciudad de México: Atlante.

Fox, Edward y Ricardo da Silva Torres. 2014. *Digital library technologies: complex objects, annotation, ontologies, classification, extraction, and security*. California: Morgan & Claypool.

Frängsmyr, Tore. 2001. The structure of knowledge: classifications of science and learning since the renaissance. Berkeley: Universidad de California.

Fraser, Walter. 1978. "Literary, user and logical warrants as indexing constraints". En *The information age in perspective: proceedings of the ASIS annual meeting*. 130-132. Nueva York: Knowledge Industry.

García Jiménez, Antonio. 2004. "Instrumentos de representación del conocimiento: tesauros versus ontologías". *Anales de documentación* 7: 79-95.

García Marco, Francisco-Javier. 2007. "Ontologías y organización del conocimiento: retos y oportunidades para el profesional de la información". *El profesional de la información* 16 (6): 541-550.

———. 2008. "El nacimiento y el despegue de la investigación moderna sobre ontologías". *Anuario ThinkEPI 2*: 122-125.

García Sierra, Pelayo. 1999. *Diccionario filosófico: manual de materialismo filosófico, una introducción analítica.* Oviedo: Fundación Gustavo Bueno.

Gilchrist, Alan. 2003. "Thesauri, taxonomies and ontologies: an etymological note". *Journal of documentation* 59 (1): 7-18.

Giraldo Plaza, Jorge Eliécer; Maryem A. Ruiz y Sandra Patricia Mateus. 2011. "Modelo para búsqueda y recuperación semántica en bibliotecas digitales". *Revista Facultad de Ingeniería* 20 (30): 31-39.

Glatzeder, Britt, Vinod Goel y Albrecht Von Müller. 2010. *Towards a theory of thinking.* Heidelberg: Springer-Verlag.

Glushko, Robert J. (ed.). 2013. *The discipline of organizing.* Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

Golub, Koraljka; Rudi Schmiede y Douglas Tudhope. 2019. "Recent applications of knowledge organization systems: introduction to a special issue". *International Journal on Digital Libraries* 20: 205-207.

Gruber, Thomas R. 1995. "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?" *International Journal of Human and Computer Studies* 43 (5-6): 907-928.

———. 2008. *Ontology*. http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm.

Guarino, Nicola. 1995. "Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation". *International Journal of Human-Computer Studies* 43 (5-6): 62-640.

Guarino, Nicola; Daniel Oberle y Steffen Staab. 2004. "What is an ontology?" En Staab, Steffen (ed.). *Handbook of ontologies*. 1-17. Heidelberg: Springer-Verlag.

Guerrero, Vicente P. y Adolfo José Lozano Tello. 1999. "La representación y organización del conocimiento en sus distintas perspectivas: su influencia en la recuperación de la información". En López-Huertas Pérez, María José y Juan Carlos Fernández Molina (coords.). *Actas del IV Congreso ISKO-España*. 25-31. Granada: ISKO.

Hammar, Karl, Pascal Hitzler, Adila Krisnadhi, Agnieszka Lawrynowicz, Andrea Giovanni Nuzzolese y Monika Solanki (eds.). 2017. *Advances in ontology design and patterns*. https://www.researchgate.net/publication/327364435_Advances_in_ontology_desing_and_patterns.

Hedden, Heather. 2010. *The accidental taxonomist*. Medford, Nueva Jersey: Information Today.

Heidegger, Martin. 1995. *The fundamental concepts of metaphysic: world, finitude, solitude*. Bloomington: Indiana University.

Heijst, Gertjan Van, Sabina Falasconi, Ameen Abu-Hanna, Guus Schreiber y Mario Stefanelli *et al*. 1995. "A case study in ontology library construction". *Artificial Inteligence in Medicine* 7 (3): 227-255.

Hepp, Martin. 2007. "Ontologies: state of the art, business potential, and grand challenges". En Hepp, Martin, Pieter De Leenheer y Aldo Moor (eds.). *Ontology management: semantic web, semantic web services, and business applications*. 3-22. Nueva York: Springer.

Hernández-Carrascal, Francisca, Luis Rodrigo, Jesús Contreras y Francesco Carbone. 2008. *Building a cultural heritage ontology for Cantabria*. https://www.researchgate.net/publication/228736490_Building_a_cultural_heritage_ontology_for_Cantabria.

Hjørland, Birger. 2002. "Domain analysis in information science: eleven approaches-traditional as well as innovative". *Journal of Documentation* 58 (4): 422-462.

———. 2002a. "Epistemology and the socio-cognitive perspective in information science". *Journal of the American society for information science and technology* 53 (4): 257-270.

———. 2007. "Semantics and knowledge organization". *Annual Review of Information Science and Technology* 41 (1): 367-405.

———. 2008. "What is knowledge organization (KO)?". *Knowledge Organization* 35 (2-3): 86-101.

Hodge, Gail. 2000. *Systems of knowledge organization for digital libraries: beyond traditional authority files*. Washington: The Digital Library Federation Council on Library and Information Resources.

Hurtado Pérez, Guillermo y Oscar Nudler. 2007. *El mobiliario del mundo: ensayos de ontología y metafísica*. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, Universidad Nacional Autónoma de México.

International Federation of Library Associations (IFLA). 1998. *Functional requeriments for bibliographic records (FRBR)*. Múnich: Saur Verlag.

———. 2010. *Functional requeriments for subject authority data (FRSDA). A conceptual model*. Washington: IFLA.

———. 2013. *Requisitos funcionales para datos de autoridad de materia (FRSAD)*. https://www.ifla.org/files/assets/cataloguing/frsad/frsad-final-report-es.pdf.

International Organization for Standardization (ISO). 1981. *ISO5127/3A-1981. Information and documentation. Vocabulary. Acquisition, identification and analisis of documents and data*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1983. *ISO5127/1-1983. Documentation and information. Part 1. Basics concepts*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1983a. *ISO 5127/6-1983. Documentation and information. Vocabulary (documentary languages)*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1985. *ISO 5963:1985. Methods for examining documents. Determining their subjects and selecting indexing terms*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1987. *ISO 704:1987. Principles and methods of terminology*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1990. *ISO 1087:1990. Vocabulary of terminology*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1992. *ISO 10241:1992. Terminology standards -preparation and layout*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 1993. *ISO DIS 860:1993. International harmonization of concepts and terms*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 2011. *ISO 25964-1-2011. Information and documentation. Part 1: thesauri for information retrieval*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 2013. *ISO 25964-2:2013. Interoperatibily with other vocabularies*. Ginebra, Suiza: ISO.

———. 2014. *ISO 25964-2-2014 Information and documentation. Interoperability with other vocabularies*. Ginebra, Suiza: ISO.

Isidoro de Sevilla. 2006. *Etymologiae*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University.

Jensen, Mark; Alexander P. Cox, Naveed Chaudhry, Marcus Ng, Donat Sule, William Duncan, Patrick Ray, Bianca Weinstock-Guttman, Barry Smith, Alan Ruttenberg, Kinga Szigeti y Alexander D. Diehl. 2013. "The neurological disease ontology". *Journal of Biomedical Semantics* 4 (42): 1-20.

Jiménez Mavillard, Antonio. 2008. *Razonamiento con ontologías*. http://www.cs.us.es/cursos/ia2-2008/trabajos/razonamiento-con-ontologias.pdf.

Jones, Bonna. 2005. "Revitalizing theory in library and information science the contribution of process philosophy". *Library Quarterly* 75 (2): 101-121.

Kabel, Suzanne; Robert de Hoog y Bob J. Wielinga. 2004. "The added value of task and ontology-based markup for information retrieval". *Journal of the American Society for Information Science & Technology* 55 (4): 348-362.

Kashyap, Vipul; Christoph Bussler y Matthew Moran. 2008. *The semantic web*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Kent, Allen (ed.). 2000. *Encyclopedia of library and information science*. Nueva York: M. Dekker.

Keyser, Piet de. 2012. *Indexing: from thesauri to the semantic web*. Oxford, Reino Unido: Chandos Publishing.

Kim, Hyun Hee. 2005. "ONTOWEB: implementing an ontology-based web retrieval system: special topic section on knowledge management in Asia". *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 56 (11): 1167-1176.

King, Brandy E. y Kathy Reinold. 2008. *Finding the concept, not just the word*. Oxford, Reino Unido: Chandos Publishing.

Knowledge Media Institute. 2021. *WebOnto: semantic web & knowledge services*. http://kmi.open.ac.uk/technologies/name/webonto.

Lacasta, Javier; Javier Nogueras-Iso y F. Javier Zarazaga-Soria. 2010. *Terminological ontologies: design, management and practical applications.* Nueva York: Springer.

Lakoff, George. 1987. "Cognitive models and prototype theory". En Neisser, Ulric, (ed.). *Concepts and conceptual development: ecological and intellectual factor in categorization*. 63-100, Cambridge, Reino Unido: Cambridge University.

Lancaster, Frederick Wilfrid. 2002. *El control del vocabulario en la recuperación de información*. Valencia: Universidad de Valencia.

Liu, Lizhen, Chengli Wang, Lin Bai y Hai Chen. 2010. "Study of ontology technology in field word segmentation system of digital library". En *The 2010 14th International conference on computer supported cooperative work in design*. 223-227. Piscataway, Nueva Jersey: IEEE.

López Alonso, Miguel Ángel. 2000. "Las estructuras conceptuales de representación del conocimiento en Internet". *Scire: representación y organización del conocimiento* 6 (1): 107-123.

López Yepes, José (ed.). 2004. *Diccionario enciclopédico de ciencias de la documentación.* Madrid: Síntesis.

Lucas da Silva, Daniela; Renato Rocha Souza y Maurício Barcellos Almeida. 2008. "Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção". *Ciência da Informação* 37 (3): 60-75.

Luque Durán, Juan de Dios. 2004. *Aspectos universales y particulares del léxico de las lenguas del mundo.* http://elies.rediris.es/elies21/.

Martínez Usero, José Ángel y Pablo Lara Navarra. 2007. *La interoperabilidad de la información*. Barcelona: UOC.

McGraw, Karen y Karen Harbisson-Briggs. 1991. *Knowledge acquisition: principles and guidelines.* Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice Hall.

McGuiness, Deborah L. 2001. *Ontologies come of age.* http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontologies-come-of-age-mit-press-%28with-citation%29.htm.

Morales del Castillo, José Manuel. 2011. *Hacia la biblioteca digital semántica*. Gijón: Trea.

Moreira, Walter y Martins Fideles dos Santos Neto. 2014. "A formação do conceito de ontología na ciência da informação: uma análise nos periódicos Scire e Ibersid". *IBERSID*: *Revista de Sistemas de Información y Documentación* 20 (2): 49-54.

Moreiro González, José Antonio. 2006. "Evolución paralela de los lenguajes documentales y la terminología". En Rodríguez Bravo, Blanca y María Luisa Alvite Díez (eds.). *La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la organización del conocimiento.* 27-42. León, España: Universidad de León.

Murdock, Jaimie; Cameron Buckner y Colin Allen. 2012. *Containing the semantic explosion.* https://www.semanticscholar.org/paper/Cotaining-the-Semantic-Explosion-Murdock-Allen/d91b5d3617209b179f3002b2856a3f5a109327b7.

National Center for Biomedical Ontology. 2021. BioPortal. https://bioportal.bioontology.org/.

Nisheva-Pavlova, Maria M. y Pavel Iliev Pavlov, 2011. "Ontology-based search and document retrieval in a digital library with folk songs". *Information Services & Use* 31 (3-4): 157-166.

Noy, Natalya F. y Deborah L. McGuiness. 2001. *Ontology development 101: a guide to create your first ontology.* https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf.

OBO Foundry. 2021. http://www.obofoundry.org/.

Obrst, Leo. 2003. *Ontologies for semantically interoperable systems*. https://www.researchgate.net/publication/221613357_Ontologies_for_semantically_interoperable_systems.

Ontolingua. 2000. http://ontolingua.stanford.edu/doc/chimaera/ontologies/wines.daml.

Ontology Design Patterns. 2021. http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Main_Page.

Ontopia. 2021. https://ontopia.net/.

Ontosaurus. 2021. http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/swartout/ontosaurus_demo.html.

Ordóñez de Pablos, Patricia; Héctor Oscar Nigro, Robert Tennyson, Sandra Elizabeth González Císaro, Waldemar Karwowski. 2012. *Advancing information management through semantic web concepts and ontologies*. Hershey, Pennsylvania: Information Science Reference.

Palladares, Eduardo. 1964. *Diccionario de filosofía*. Ciudad de México: Porrúa.

Pastor Sánchez, Juan Antonio. 2011. *Tecnologías de la web semántica*. Barcelona: UOC.

Pedraza Jiménez, Rafael; Lluís Codina y Cristòfol Rovira. 2007. "Web semántica y ontologías en el procesamiento de la información documental". *El profesional de la información* 16 (6): 569-578.

Peirce, Charles Sanders. 1974. *La ciencia de la semiótica*. Buenos Aires: Nueva Visión.

Peis Redondo, Eduardo; Enrique Herrera Viedma y Yusef Hassan Montero *et al*. 2003. *Ontologías, taxonomías y agentes: recuperación "semántica"*. https://www.yusef.es/jotri2003.pdf.

Peña Vera, Tania. 2011. *Organización y representación del conocimiento: incidencia de las tecnologías de la información y comunicación*. Buenos Aires: Alfagrama.

Pérez-Montoro, Mario. 2004. *Identificación del conocimiento organizacional: la propuesta epistemológica clásica*. https://www.uoc.edu/in3/dt/20390/20390.pdf.

Peters, Isabella y Katrin Weller. 2008. "Paradygmatical and syntagmatic relations in knowledge organization systems". *Düsseldorfer information swissenschaft* 59 (1): 100-107.

Plinio el Viejo. 2001. *Naturalis historia*. Madrid: Gredos.

Poli, Roberto. 2002. "Ontological methodology". *Human-computer studies* 56: 639-664.

Popper, Karl. 2008. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.

———. 2007. *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista*. Madrid: Tecnos.

Porfirio. 2003. *Isagoge*. Barcelona: Anthropos.

Porzel, Robert y Rainer Malaka. 2004. "A task-based approach for ontology evaluation". En *Proceedings of ECAI 2004 Workshop on Ontology Learning and Population*. 316-323. Valencia, España: Universidad de Valencia

Ramalho, Rogério Sá y Mariângela Spotti Lopes Fujita. 2011. "Aplicabilidad de ontologías en bibliotecas digitales". *Anales de Documentación* 14 (1): 409-435.

Real Academia Española. 2011. *Diccionario de la lengua española*. Fecha de consulta: 7 de junio de 2021. Disponible en https://www.rae.es/.

RedGnoss. 2021. *Tecnologías semánticas*. https://www.gnoss.com/tecnologias-semanticas.

Reitz, Joan M. (ed.). 2004. *Dictionary for library and information science*. Westport: Libraries Unlimited.

Ríos Alvarado, Ana Bertha. 2013. Obtención de axiomas en el aprendizaje de ontologías. Tamaulipas, México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Tesis).

Rowley, Jennifer y Richard Hartley. 2008. *Organizing knowledge: an introduction to managing access to information*. Hampshire: Ashgate.

Salma, Sekkat; Mourad Bouneffa y Chaoui Habiba. 2019. *Ontology and semantic web in logistic applications: state of the art*. https://www.researchgate.net/publication/337978063_Ontology_and_Semantic_Web_in_Logistic_Applications_State_of_the_Art.

San Segundo Manuel, Rosa. 2003. "Nueva concepción de la representación del conocimiento". En Travieso Rodríguez, Críspulo y José Antonio Frías Montoya (coords.). *Tendencias de investigación en organización del conocimiento*. 395-402. Salamanca: Universidad de Salamanca.

———. 1996. *Sistemas de organización del conocimiento: la organización del conocimiento en las bibliotecas españolas*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid: Boletín Oficial del Estado.

Sánchez, Diana Marcela; José María Cavero y Esperanza Marcos. 2007. "The road toward ontologies". En Sharman, R., R. Kishore y R. Ramesh (eds.). *Ontologies: a handbook of principles, concepts and applications in information systems*. 3-20. Nueva York: Springer.

Sánchez-Cuadrado, Sonia; Jorge Morato-Lara, Vicente Palacios Madrid *et al*. 2007. "De repente, ¿todos hablamos de ontologías?". *El profesional de la información* 16 (6): 562-568.

Senso, José Antonio. 2003. "Herramientas para trabajar con RDF". *El profesional de la información* 16 (1): 24-38.

Shadbolt, Nigel; Wendy Hall y Tim Berners-Lee. 2006. "The semantic web revisited". *IEEE Intelligent Systems* 21 (3): 96-101.

Shum, Simon Buckingham; Enrico Motta y John Domingue. 2000. "ScholOnto: an ontology-based digital library server for research documents and discourse". *International Journal of Digital Library* 3 (3): 237-248.

Smiraglia, Richard. 2015. *Domain analysis for knowledge organization*. Nueva York: Chandos.

Smith, Barry. 2007. "Ontología". En Hurtado, Guillermo y Oscar Nuddler (comps.). *El mobiliario del mundo: ensayos de ontología y metafísica*. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sociedad Internacional para la Organización del Conocimiento. 2021. https://www.isko.org/.

Soergel, Dagobert. 1999. "The rise of ontologies or the reinvention of classification". J*ournal of the American society for information science* 50 (12): 1119-1120.

Soler Monreal, Concha e Isidoro Gil Leiva. 2010. "Posibilidades y límites de los tesauros frente a otros sistemas de organización del conocimiento: folksonomías, taxonomías y ontologías". *Revista Interamericana de Bibliotecología* 33: 361-377.

Stanford University. 2021. *Protégé*. https://protege.stanford.edu/.

Stojanovic, Nenad. 2005. "On the conceptualization of the query refinement task". *Library Management* 26 (4-5): 281-294.

Stuart, David. 2016. *Practical ontologies: for information professionals*. Chicago: Neal-Schuman.

Suárez Sánchez, Adriana y Ariel Alejandro Rodríguez García. 2017. "Ontología de fenómenos naturales: planeación y diseño". En Simões, Maria da Graça de Melo y Maria Manuel Borges (coords.). *Tendências atuais e perspetivas futuras em organização do conhecimento*. 899-911. Coimbra: Universidade de Coimbra.

Suman, Aparajita. 2014. *From knowledge abstraction to management: using Ranganathan's faceted schema to develop conceptual frameworks for digital libraries*. India: Chandos Publishing.

Sure, York y Rudi Studer. 2005. "Semantic web technologies for digital libraries". *Library Management* 26 (4-5): 190-195.

Synaptica. 2021. *Graphite ontology management*. https://www.synaptica.com/synaptica-graphite/.

Taylor, Arlene G. y Daniel N. Joudrey. 2009. *The organization of information*. Wesport, Connecticut: Libraries Unlimited.

Tian, Yang; Ranjith Sompalli, Guanghu Wang *et al*. 2016. "Textual ontology and visual features based search for a paleontology digital library". En *2016 IEEE 28th International conference on tools with artificial intelligence*. 1089-1094. California: IEEE Computer Society.

Tillet, Barbara B. 2003. *El modelo FRBR: requisitos funcionales para registros bibliograficos*. http://www.loc.gov/catdir/cpso/frbrspan.pdf.

Tirador Ramos, Janet. 2010. "El dominio y su implicación para la gestión de la información". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* 24 (50): 49-60.

TopQuadrant. 2021. *TopBraid composer*. https://www.topquadrant.com/products/topbraid-composer/.

Tudhope, Douglas y Marianne Lykke Nielsen. 2007. "Introduction to knowledge organization systems and services". *New Review in Hypermedia and Multimedia* 12 (1): 3-9.

Tzitzikas, Yannis; Carlo Allocca, Chryssoula Bekiari *et al*. 2016. "Unifying heterogeneous and distributed information about marine species through the top level ontology m marine TLO". *Program: Electronic Library and Information Systems* 50 (1): 16-40.

Uschold, Michael y Michael Grüninger. 1996. "Ontologies: principles, methods and applications". *The Knowledge Engineering Review* 11 (2): 93-136.

Vakkari, Pertti; Blaise Cronin y Tampereen Yliopisto. 1992. *Conceptions of library and information science: historical, empirical and theoretical perspectives.* Londres: Taylor Graham.

Van Heijist, G.; A. Scheiberg y B. Wielinga, 1997. "Using explicit ontologies in KBS development". *International Journal of Human-Computer Studies* 45: 183-292.

Vickery, Brian. 1986. "Knowledge representation: a brief review". *Journal of Documentation* 42 (3): 145-159.

———. 1997. "Ontologies". *Journal of Information Science* 23 (4): 277-286.

———. 2008. "Faceted classification for the web". *Axiomathes* 18 (2): 145-160.

Wang, Huaiqing y Chen Wuang. 1995. "Ontologies for universal information systems". *Journal of Information Science* 21 (3): 232-239.

Warren, Paul y David Alsmeyer. 2005. "Applying semantic technology to a digital library: a case study". *Library Management* 26 (4-5): 196-205.

Weinstein, Peter C. y William P. Birmingham. 1998. "Creating ontological metadata for digital library contents and services." *International Journal of Digital Libraries* 2 (1): 20-37.

World Wide Web Consortium (W3C). 2001. *Semantic web*. https://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw.

———. 2009. *From chaos, order: W3C standard helps organize knowledge: SKOS connects diverse knowledge organization systems to linked data*. https://www.w3.org/2009/07/skos-pr.

World Wide Web Consortium. 2012. SKOS: simple knowledge organization system. Home page. https://www.w3.org/2004/02/skos/.

———. 2013. *SPARQL 1.1 query language*. https://www.w3.org/TR/sparql11-query/.

———. 2015. *Linked data*. https://www.w3.org/standards/semanticweb/data.

———. 2021. *OntoStudio*. https://www.w3.org/2001/sw/wiki/OntoStudio.

Wright, Sue Ellen. 2008. *Typology for KRRS*. https://nkos.slis.kent.edu/2008workshop/SueEllenWright.pdf.

Yannis Marketakis, Pavlos Fafalios, Martin Doerr, Nikos Minadakis, Theodore Patkos & Leonardo Candela. 2016. "Unifying heterogeneous and distributed information about marine species through the top level ontology m marine TLO". *Program: Electronic Library and Information Systems* 50 (1): 16-40.

Zagzebski, Linda. 2017. "What is Knowledge?" En Greco, John y Ernest Sosa (eds.). *The Blackwell guide to epistemology*. 92-116. Estados Unidos: Blackwell.

Zeng, Marcia Lei. 2008. "Knowledge organization systems (KOS)". *Knowledge Organization* 35 (2-3): 160-182.

Ziemba, Lukasz, Camilo Cornejo y Howard Beck. 2011. "A water conservation digital library using ontologies". *The Electronic Library* 29 (2): 200-211.

Índice de figuras

Figura 1. Jerarquía dato-información-conocimiento-sabiduría . . . 5
Figura 2. Estructura básica de los sistemas de organización del conocimiento 15
Figura 3. Categorías de Aristóteles 17
Figura 4. Índice de *Naturalis historia* 17
Figura 5. Árbol de Porfirio 18
Figura 6. Nodos del saber en *Etymologiae* 18
Figura 7. División del conocimiento de Francis Bacon 19
Figura 8. Semántica en los sistemas de organización del conocimiento 25
Figura 9. Semántica en ontologías 26
Figura 10. Relación semántica en ontología 27
Figura 11. Caracterización de los sistemas de organización del conocimiento 28
Figura 12. Ontología-Conceptualizaciones en la bibliotecología 45
Figura 13. Ontología-Características 49
Figura 14. Ontología-Estructura 56
Figura 15. Ontología-Estructura esquematizada 57
Figura 16. Definición del dominio en ontología 66
Figura 17. Delimitación del dominio (fenómenos naturales) 67
Figura 18. Relación entidad-concepto-término 68
Figura 19. Relación concepto-término 69
Figura 20. Triángulo semiótico de Peirce 70
Figura 21. Clases y subclases en ontología 77
Figura 22. Jerarquización y facetación en la construcción de clases 81
Figura 23. Instancias en ontología 83
Figura 24. Diferenciación de instancias en ontología 84
Figura 25. Atributos en ontología 86
Figura 26. Relaciones en los sistemas de organización del conocimiento 87
Figura 27. XML y ontologías 99
Figura 28. Tripleta RDF en ontología 100
Figura 29. Núcleos de clase RDF en ontología 100
Figura 30. Núcleos de propiedades RDF en ontología 101

Figura 31. Núcleos de alcance y restricción RDF en ontología 101
Figura 32. Núcleos totales RDF en ontología 102
Figura 33. Modelo de sistemas para la organización del conocimiento simple 107
Figura 34. Consulta de búsqueda básica con SPARQL 109
Figura 35. Consulta de localización en campos con SPARQL 109
Figura 36. Visualización gráfica-desplegable de Ontología de Fenómenos Naturales 125
Figura 37. Datos enlazados en un recurso 138
Figura 38. Datos enlazados en recursos diversos 138
Figura 39. Estructura gráfica-desplegable de ontología del sistema solar 141

ANEXO 1.
Ontología de Fenómenos Naturales (OFN)

En el segundo capítulo del libro se abundó teóricamente en la metodología para construir una ontología. En aras de mostrar con mayor detalle cada una de las etapas que implica su desarrollo, en el presente anexo se ofrece un caso-ejemplo de planeación y diseño de una Ontología de Fenómenos Naturales (OFN). Se explica el proceso que se siguió en la construcción de dicha ontología, considerando la metodología de ocho etapas señaladas en el capítulo dos:

- Planeación
- Determinación del dominio
- Selección de conceptos
- Estructuración de clases
- Definición de instancias
- Asentamiento de propiedades
- Construcción de relaciones
- Axiomas y restricciones de propiedad

Etapa 1. Planeación

En esta etapa se determinó el tipo de ontología que se desarrollaría, se establecieron sus factores generadores, el objetivo del instrumento y sus expectativas de uso.

Factores generadores

Los fenómenos naturales son cambios que se producen en la naturaleza. En México existen varios centros de investigación sobre fenómenos naturales como el Servicio Sismológico Nacional (SSM), el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (Cenapred) y la División de Ciencias de la Tierra (DCT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Tales instituciones además de llevar a cabo el monitoreo de los fenómenos naturales que afectan el país, producen un conjunto de recursos de información sobre el tema que deben ser almacenados y organizados descriptiva y temáticamente. En lo relativo a la descripción temática de tales recursos, se ha encontrado que frecuentemente los sistemas de organización del conocimiento presentan deficiencias en la cobertura temática del dominio.

En este mismo sentido, en México tampoco se cuenta con un tesauro sobre fenómenos naturales; la herramienta más cercana al tema es el *Tesauro spines: un vocabulario controlado y estructurado para el tratamiento de información sobre ciencia y tecnología para el desarrollo* (UNESCO 1984), que tan solo registra el descriptor "Fenómenos naturales" y ofrece algunos términos relacionados. De igual modo, los encabezamientos de materia más usados en el país —*Library of Congress Subject*

Headings (Library of Congress 2007) y *Lista de Encabezamientos de Materias para Bibliotecas* (Biblioteca Luis Ángel Arango 1998)— no cuentan con la representación temática adecuada del área; así, por ejemplo, no incluyen el descriptor "Fenómenos naturales"; registran sólo algunos acontecimientos esenciales como "Tormentas", "Lluvia" y "Huracanes".

Considerando lo anterior, se evidencia la necesidad de contar con un sistema de organización del conocimiento que trate con adecuada cobertura temática y terminológica el dominio "Fenómenos naturales". Asimismo, se observa necesario un vocabulario controlado que considere las denominaciones que tales fenómenos reciben en el español de México.

Objetivos de la ontología

- Representar el dominio "Fenómenos naturales" a partir de una adecuada estructuración del área sustentada en el conocimiento experto.
- Servir como herramienta indizadora de un conjunto de recursos de información, considerando terminología altamente especializada y con garantía de uso entre los especialistas del área.

Expectativas de uso

- ¿Quiénes serán los usuarios?
  Usuarios expertos en la materia, bibliotecarios que usen la herramienta como un vocabulario controlado y personas (estudiantes, docentes, público general) interesadas en el tema.
- ¿Para qué se usará la ontología?
  Tendrá dos funciones: representar el dominio "Fenómenos naturales" e indizar temáticamente recursos de información relacionados.
- ¿A qué tipo de cuestionamientos dará respuesta la ontología?
  Dará respuesta a cuestionamientos sobre la estructura del dominio, sus conceptos y las relaciones entre los conceptos.
- ¿Qué conceptos son de importancia para los usuarios?
  El dominio cuenta con una terminología especializada que incluye conceptos como 'terremoto', 'tsunami' y 'tornado', que son prioritarios debido al impacto ambiental y social de tales fenómenos. También incluye conceptos como 'aurora boreal', 'cirros' y 'arcoíris', que constituyen fenómenos naturales inofensivos.
- ¿Existen categorizaciones del dominio establecidas por los usuarios?
  Sí, es un dominio con gran estructuración categorial que influye en las áreas de investigación, así como en la producción literaria. En tal sentido, se reusarán vocabularios previos (glosarios y diccionarios sobre fenómenos naturales) que apoyarán la definición de los conceptos y la estructuración de las clases.

Tipo de ontología

A partir de los factores generadores, el objetivo del instrumento y las expectativas de uso, se optó por desarrollar una ontología terminológica, con enfoque de dominio y complejidad ligera.

Etapa 2. Determinación del dominio

En la determinación del dominio se establecieron sentencias relacionadas con el radio y las acotaciones del área de conocimiento:

"Fenómenos naturales" son…
"Fenómenos naturales" son parte de…
"Fenómenos naturales" incluyen…

Finalmente, la determinación del dominio quedó del siguiente modo:

1. Definición del dominio 'Fenómenos naturales'

Fenómenos naturales: son procesos permanentes de movimientos y de transformaciones que sufre la naturaleza. El abanico de los fenómenos naturales incorpora tanto acontecimientos que no ocasionan daños en la vida humana (aurora polar, olas), como aquellos que pueden generar desastres naturales (ciclones, tormentas eléctricas). [Debroise, Anne y Erick Seinandre. 2003. *Fenómenos naturales: las fuerzas de la tierra.* Barcelona, México: Larousse].

2. Delimitación del dominio 'Fenómenos naturales'

a) Tesauro SPINES [Organización de las Naciones Unidas. 1988. *Tesauro spines: un vocabulario controlado y estructurado para el tratamiento de información sobre ciencia y tecnología para el desarrollo*. Madrid: Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología].
Fenómenos naturales
EN Natural Phenomena
FR Phenomenes Naturels
BT Acontecimientos
RT Acontecimientos precursores
Catástrofes naturales
Ciencias físicas y naturales
Fenómenos biológicos
Fenómenos bioquímicos
Radioctividad natural
Tiempo Atmosférico

b) Lista de Encabezamientos de Materias para Bibliotecas [Biblioteca Luis Ángel Arango. 1998. *Lista de encabezamientos de materia para bibliotecas*. Bogotá: Rojas Eberhard]. Fenómenos naturales (término no incluido), sólo incluye Ciencias de la Tierra, que incorpora términos asociados a los fenómenos naturales, de los cuales se desprenden términos específicos como "Tormentas," "Ciclones," "Tifones," etcétera.

Ciencias de la tierra
(Términos relacionados)
Atmósfera
Climatología
Geofísica
Geografía
Geología
Hidrología
Meteorología
Oceanografía

c) Library of Congress Subject Headings [Library of Congress. 2007. *Library of Congress Subject Headings*. Washington: Library of Congress].

Natural Phenomena (término no incluido), sólo incluye "*Earth Sciences*", que incorpora términos asociados a los fenómenos naturales, de los cuales se deprenden términos específicos como "*Cyclons", "Hurricanes", "Rainbow*," etcétera.

Earth Sciences
BT *Environmental Sciences*
NT *Aeronautics in earth sciences*
Artificial satellites in earth sciences
Astronautics in earth sciences
Electronics in earth sciences
Geobilogy
Geochemistry
Geography
Geology
Geomatics
Geophysics
Hidrology
Meteorology
Oceanography
Radar in earth sciences
Soil science
Thermal analysis in earth sciences

d) Sears. Lista de Encabezamientos de Materia [Sears, Minnie. 2000. *Sears list of subject headings*. Nueva York: H.W. Wilson].

Fenómenos naturales (término no incluido), sólo incluye "Ciencias de la tierra", que incorpora términos asociados a los fenómenos naturales de los cuales se desprenden

términos específicos como “Huracanes”, “Arcoíris”, “Mareas”, etcétera.
Ciencias de la tierra
TG Ciencias
    Ciencias físicas
TE Agua
    Clima
    Geofísica
    Geografía
    Geología
    Geoquímica
    Meteorología
    Oceanografía

e) Sistema de Clasificación Decimal Dewey [Dewey, Melvin. 2008. *Clasificación Decimal Dewey*. Bogotá: Panamerican Technology Group: Rojas Eberhard].
Fenómenos naturales 551-551.9
500 Ciencias naturales y matemáticas
550 Ciencias de la tierra
551 Geología, hidrología, meteorología
551.1 Estructura general y propiedades de la tierra
551.2 Volcanes, temblores de tierra, aguas y gases termales
551.3 Procesos de superficie y exógenos y sus agentes
551.4 Geomorfología e hidrósfera
551.5 Meteorología
551.6 Climatología y estado atmosférico
551.7 Geología histórica
551.8 Geología estructural
551.9 Geoquímica

f) Clasificación Decimal Universal [*Clasificación Decimal Universal.* 2000. Madrid: Aenor].
Fenómenos naturales 551-551.8
551 Geología general. Meteorología. Climatología. Geología histórica. Estratigrafía. Paleogeografía.
551.1 Geología general
551.2 Geodinámica interna
551.31 Formaciones terrestres
551.41 Forma, contorno de los continentes
551.5 Meteorología
551.7 Geología histórica. Estratografía.
551.8 Paleogeografía

g) Library of Congress Clasification [Biblioteca del Congreso. 1996. *Library of Congress Classification*. Washington: Biblioteca del Congreso].

Fenómenos naturales QC801-QC999
QC801 *Geophysics. Cosmic physics*
QC811 *Geomagnetism*
QC851 *Meteorology. Climatology*
QC879.6 *Atmospheric chemistry*
QC920 *Clouds*
QC924.A-Z *Rain and rainfall*
QC930.5 *Wind*
QC940.A8 *Storms. Cyclones*
QC960.5 *Electrical phenomena in the atmosphere*
QC970 *Auroras*
QC976.R2 *Rainbows*

Etapa 3. Selección de conceptos

En el desarrollo de la OFN se reusaron vocabularios previos que contribuyeron en la etapa de selección de conceptos. Se retomaron las siguientes fuentes documentales:

- *Tesauro spines* [Organización de las Naciones Unidas. 1988. *Tesauro spines: un vocabulario controlado y estructurado para el tratamiento de información sobre ciencia y tecnología para el desarrollo*. Madrid: Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología].
- *Glosario del Servicio Meteorológico Nacional* (Servicio Meteorológico Nacional, México. 2019. *Glosario del Servicio Meteorológico Nacional*. México: Gobierno de México. https://smn.conagua.gob.mx/es/smn/glosario).
- *Glosario de Desastres Naturales del Centro Nacional de Prevención de Desastres*. (Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Glosario de Desastres Naturales del Centro Nacional de Prevención de Desastre*s. México: Gobierno de México).
- Listas de encabezamientos de materias y clasificaciones bibliográficas.

En la selección conceptual se recuperaron 328 entidades del dominio 'Fenómenos naturales'. Algunos ejemplos son:

Fenómenos	Son procesos permanentes de movimientos y de transformaciones que sufre la naturaleza. Frecuentemente un fenómeno natural aparece casi como sinónimo de acontecimiento inusual o sorprendente. El abanico de los fenómenos naturales incorpora tanto acontecimientos que no ocasionan daños en la vida humana (aurora polar, olas)
Fenómeno	Fenómeno natural asociado al agua en cualquiera de sus estados (s

Fenómeno	Fenómeno natural asociado al clima y los variados aspectos de éste.
Fenémeno	Fenómeno natural asociado al clima y los variados aspectos de éste. Generalmente tiene manifestaciones físicas observables.
Fenómeno	Fenómeno natural asociado a eventos ocurridos en el centro del planeta o en la superficie terrestre.
Fenómeno	Fenómeno natural asociado a un origen animal que afecta
Fenómeno	Fenómeno natural producido por efectos externos a la Tierra, pero que influye en el planeta.

Etapa 4. Estructuración de clases

Las ontologías incluyen una estructura taxonómica que inicia en los niveles amplios y se reduce hacia niveles más específicos. La estructuración de las clases de la OFN fue una tarea compleja que implicó la consulta de diversas fuentes documentales relacionadas con el dominio de conocimiento, así como la participación de expertos sobre el tema.

Finalmente, los conceptos recogidos en la etapa 3 fueron estructurados en nodos taxonómicos distribuidos en seis niveles categoriales. En el apartado siguiente se muestra una sección de la estructura taxonómica desarrollada:

1. Fenómenos naturales
    1.1. *Fenómeno natural hidrológico*
    1.1.1 Burbuja inflamable
    1.1.2 Ciclón submarino
    1.1.3 Circulación termohalina
    1.1.4 Corriente marina
    1.1.5 Marea
    1.1.6 Marejada
    1.1.7 Ola
        1.1.7.1 Ola oscilatoria
        1.1.7.2 Ola de traslación
        1.1.7.3 Ola forzada
    1.1.8. Tsunami
1.2. *Fenómeno natural meteorológico*
    1.2.1. Bora
    1.2.2. Borrasca
    1.2.3. Brisa
        1.2.3.1. Brisa de tierra
        1.2.3.1. Brisa marina

1.2.4. Bruma
1.2.5. Calima
1.2.6. Canícula
1.2.7. Cencellada
    1.2.7.1. Cencellada blanca
    1.2.7.2. Cencellada trasparente
1.2.8. Centella
1.2.9. Chubasco
1.2.10. Ciclón
    1.2.10.1. Ciclón extratropical
    1.2.10.2. Ciclón subtropical
    1.2.10.3. Ciclón tropical
1.2.11. Cizallamiento del viento
1.2.12. Corriente de chorro
    1.2.12.1 Corriente de chorro ártica
    1.2.12.2. Corriente de chorro polar
    1.2.12.3. Corriente de chorro subtropical
1.2.13. Depresión tropical
1.2.14. Efecto del niño
1.2.15. Efecto de la niña
1.2.16. Efecto invernadero
1.2.17. Escarcha
1.2.18. Fuego de San Telmo
1.2.19. Granizada
1.2.20. Helada
    1.2.20.1. Helada por advección
    1.2.20.2. Helada por radiación
1.2.21. Huracán
1.2.22. Inversión térmica
1.2.23. Llovizna
1.2.24. LLuvia
1.2.25. Monzón
1.2.26. Neblina
1.2.27. Nevada
    1.2.27.1. Nevada débil
    1.2.27.2. Nevada moderada
    1.2.27.3. Nevada fuerte
    1.2.27.4. Nevada severa
1.2.28. Niebla
1.2.29. Ojo de huracán
1.2.30. Ola de calor
1.2.31. Proceso de convección
1.2.32. Racha
1.2.33. Rayo

1.2.34. Relámpago
1.2.35. Resolana
1.2.36. Rocío
1.2.37. Sequía
1.2.38. Temperatura
1.2.39. Tifón
1.2.40. Tormenta
1.2.41. Tormenta de arena
1.2.42. Tormenta eléctrica
1.2.43. Tornado
1.2.44. Tromba marina
1.2.45. Trueno
1.2.46. Turbonada
1.2.47. Turbulencia
1.2.48. Vendaval
1.2.49. Viento
    1.2.49.1. Viento anabático
    1.2.49.1. Viento catabático
    1.2.49.1. Viento geostrófico
1.2.50. Vientos alisos

Etapa 5. Definición de instancias

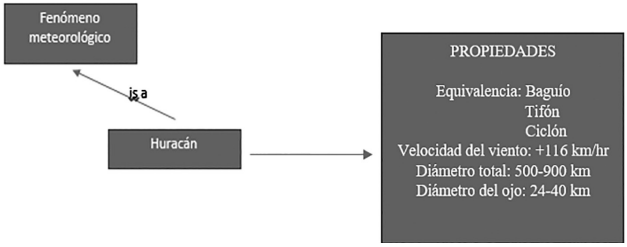
Las instancias son las clases más bajas en las ontologías. La definición de instancias en la OFN implicó detectar cada una de las entidades particulares del dominio, considerando la distinción clase/instancia. Un ejemplo del desarrollo de instancias es el siguiente:

1.2. Fenómeno meteorológico
    1.2.1. Huracán
        1.2.1.1. Zona Atlántico
            1.2.1.1.1. Ano_2018
                1.2.1.1.1.1. Arlene (O1L)
                1.2.1.1.1.2. Bret (02L)
                1.2.1.1.1.3. Cindy (03L)
                1.2.1.1.1.4. Don (05L)
                1.2.1.1.1.5. Emily (06L)
                1.2.1.1.1.6. Franklin (07L)
                1.2.1.1.1.7. Gert (08L)
                1.2.1.1.1.8. Harvey (09L)
                1.2.1.1.1.9. Irma (11L)
                1.2.1.1.1.10. José (12L)
                1.2.1.1.1.11. Katia (13L)

1.2.1.1.1.12. Lee (14L)
1.2.1.1.1.13. María (15L)
1.2.1.1.1.14. Nate (16L)
1.2.1.1.1.15. Ophelia (17L)
1.2.1.1.1.16. Philippe (18L)
1.2.1.1.1.17. Rina (19L)

Etapa 5. Asentamiento de propiedades

La OFN incorporó dos tipos de atributos *is a* y propiedades caracterizadoras de las entidades:



Etapa 6. Construcción de relaciones

Cada ontología incorpora relaciones específicas que dependen del nivel de formalización de la herramienta y el dominio de conocimiento tratado. En el caso de la OFN, desde su planeación se consideró desarrollar una ontología ligera. Entre sus componentes conceptuales sólo se establecieron tres tipos de relaciones

1. Equivalencia:
Fenómeno natural <equivale a> Acontecimiento natural

2. Es un tipo de:
Estratos <es un tipo de> Nube alta

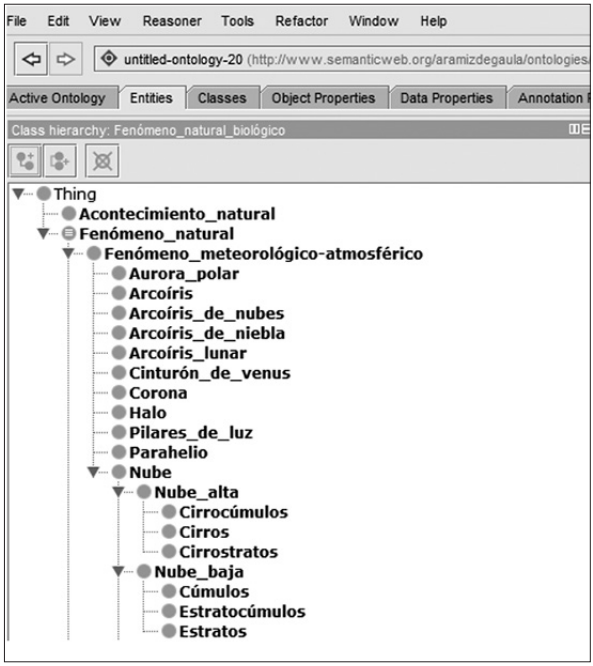
3. Causa efecto:
Vientos alisos <es causa de> Efecto de la Niña

Etapa 8. Axiomas y restricciones de propiedades

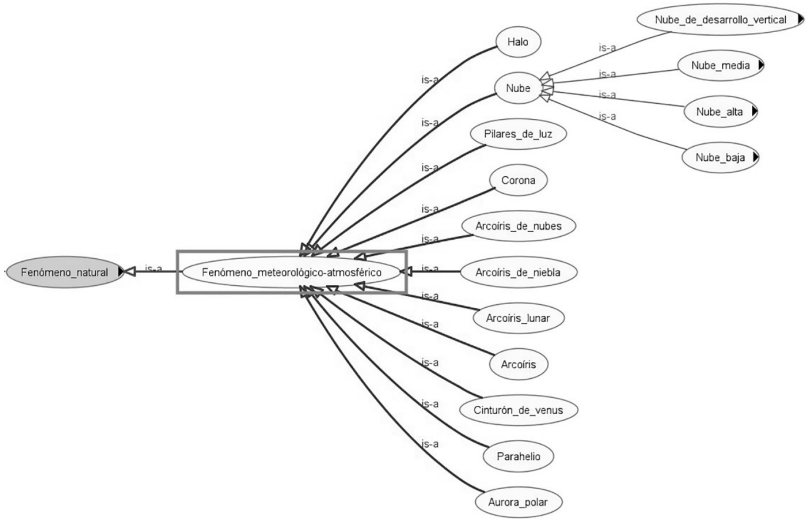
Sólo se integraron axiomas para clases disjuntas (*disjoint*)

Imágenes de la ontología de OFN

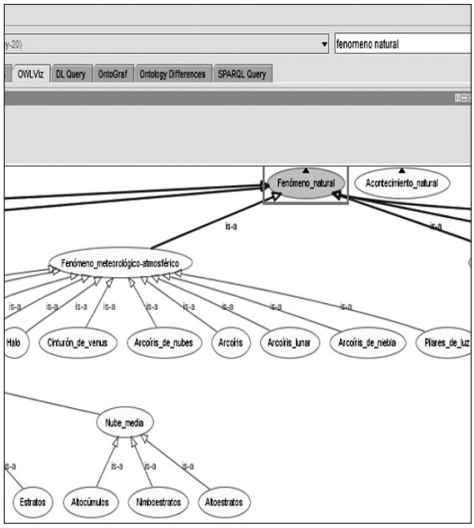
Finalmente, la OFN fue concretada tecnológicamente con el editor de ontologías *Prótegé versión 4.3*. En las páginas siguientes se muestran algunas imágenes de su composición final:



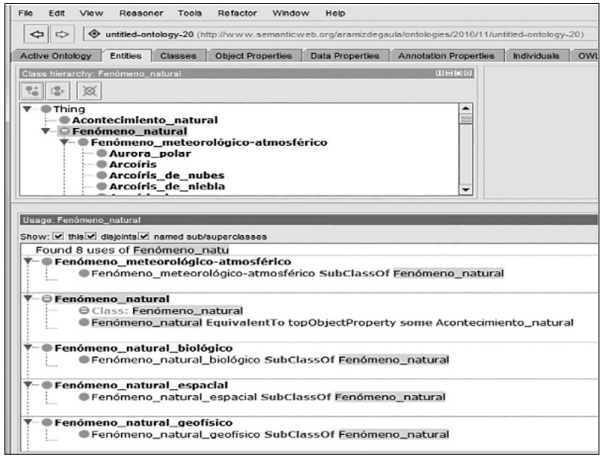
Una visualización jerárquica desplegada con Graphviz en la que es posible ver los conceptos y sus relaciones atributivas se observa del modo siguiente:



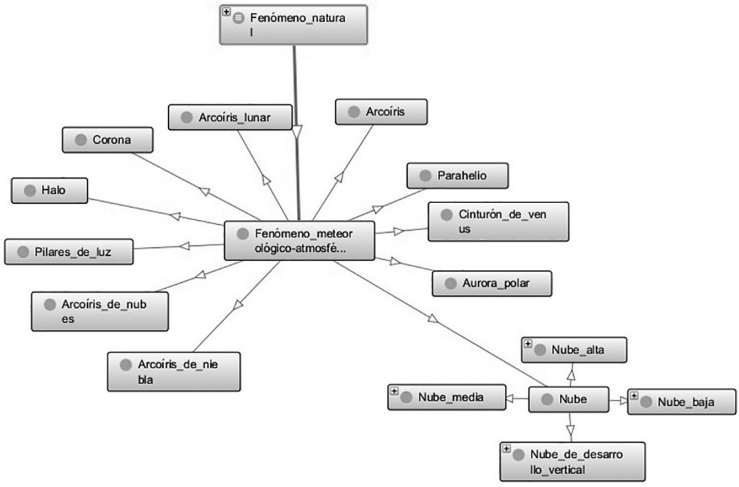
La misma estructura a detalle nos permite ver cada uno de los conceptos generales con sus conceptos específicos y sus atributos de dependencia:



También mediante *Protégé* es posible observar algunas de las relaciones asociadas a los elementos conceptuales:



Finalmente, una visión total del instrumento permite contemplar todas las vinculaciones creadas en el sistema:



Ontologías: principios y aplicaciones en la bibliotecología. Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información/UNAM. La edición consta de 100 ejemplares. Coordinación editorial, Anabel Olivares Chávez, revisión especializada: Valeria Guzmán González; corrección de pruebas: Valeria Guzmán González y Carlos Ceballos Sosa; formación editorial, Mario Ocampo Chávez. Fue impreso en papel cultural de 90 g en los talleres de Litográfica Ingramex, Centeno 162-1, Col. Granjas Esmeralda, Alcaldía Iztapalapa, CDMX, C. P. 09810. Se terminó de imprimir en septiembre 2022.