



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
FACULTAD DE HUMANIDADES, COMUNICACIÓN Y
DOCUMENTACIÓN.
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECONOMÍA Y DOCUMENTACIÓN

OWL

UN LENGUAJE ONTOLÓGICO PARA LA WEB
SEMÁNTICA

M^a Jesús Colmenero Ruiz

Trabajo de investigación 2º curso. Doctorado en Documentación (2003/2004)

A la atención del Prof. Dr. D. Tomás Nogales Flores

OWL

UN LENGUAJE ONTOLÓGICO PARA LA WEB SEMÁNTICA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ONTOLOGÍAS	11
2.1. DEFINICIÓN.....	11
2.2. CAMPOS DE APLICACIÓN.....	18
2.3. GENERACIÓN DE ONTOLOGÍAS	19
2.4. LENGUAJES DE DEFINICIÓN DE ONTOLOGÍAS.....	21
2.4.1. OWL.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	29

1. INTRODUCCIÓN

La World Wide Web tiene aún una historia sorprendentemente corta, a pesar de los profundos cambios que ha producido y sigue produciendo en la sociedad. Sin apenas darnos cuenta se ha introducido en nuestras vidas modificando, con mayor o menor incidencia según las circunstancias, muchos de los comportamientos cotidianos: desde las formas de trabajar y de comunicación pública y privada hasta las actividades económicas, pasando por aspectos tan importantes como la educación.

Desarrollada en 1989 por Tim Berners-Lee como una propuesta al CERN¹ con el fin de facilitar la colaboración e intercambio de información de los científicos del centro, se sustentaba en un sistema de hipertexto y en la infraestructura previa de Internet, red de computadoras interconectadas surgida veinte años antes. Para que este sistema compartido fuera soportado por los distintos sistemas operativos y terminales diseñó un protocolo de red nuevo que pudiera manejar los enlaces, HTTP (*HyperText Transfer Protocol*; Protocolo de transferencia de hipertexto), y un formato de datos para el hipertexto, HTML (*HyperText Markup Language*; Lenguaje de marcado de hipertexto), basado en uno anterior simplificado (SGML; *Standard Generalized Markup Language*; Lenguaje de marcado estándar generalizado) (BERNERS-LEE, T., 1989-1990).

En septiembre de 1990 la propuesta de Berners-Lee fue aceptada y éste, junto a Robert Cailliau, comenzó a dar forma al nuevo sistema de hipertexto. En 1991 se disponía ya de dos navegadores: uno gráfico, el original WorldWideWeb², que era funcional sólo para plataformas NeXT, y otro en modo línea, que servía para cualquier plataforma aunque era muy limitado en su forma de uso y en la presentación. En 1993 aparece el primer navegador gráfico para todas las plataformas, Mosaic.

Aunque suele hablarse de la “explosión” de la Web aproximadamente a partir de 1994, lo cierto es que su expansión siguió una curva exponencial constante con un

¹ *Centre Européen pour la Recherche Nucléaire*. Su denominación actual es *European Laboratory for Particle Physics*, Laboratorio Europeo de Física de Partículas.

factor de crecimiento de 10 por año desde su aparición (figura 1) (BERNERS-LEE, T., 1996), por lo que con esta expresión lo que se suele indicar es el inicio de su extensión fuera de los límites académicos que le dieron origen³. Desde ese momento, y en sólo diez años más, su presencia se ha hecho habitual y, en ocasiones, imprescindible como medio de comunicación para millones de personas en todo el mundo.

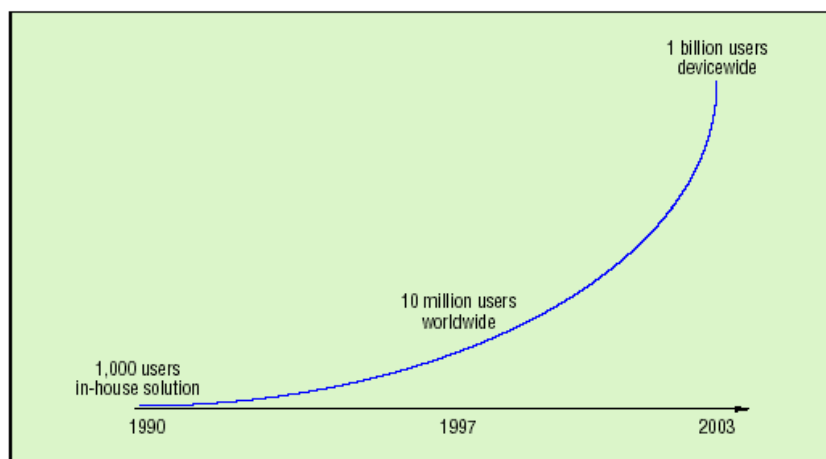


Figura 1. Tasa de crecimiento de la tecnología Web actual.
[Tomado de (FENSEL, D. y MUSEN, M. A., 2001)].

Al tiempo que la Web se extendía, el lenguaje HTML en el que se basa también evolucionaba permitiendo la inclusión de sonidos, imágenes y vídeos, que complementaban y enriquecían la información textual. Además, los dispositivos para su acceso trascienden a los ordenadores diversificándose en tipo y número, y la cantidad de información disponible en formato electrónico aumentaba hasta niveles que, dada la configuración descentralizada de la red, sólo permiten una cuantificación aproximada⁴, alimentando el sueño recurrente de una “biblioteca universal”.

² En la dirección electrónica <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/WorldWideWeb> Tim Berners Lee escribe sobre este primer navegador gráfico, proporciona una imagen de la pantalla de su interfaz que data de 1993 y comenta las diferencias con el original.

³ Para ahondar en la historia de los primeros años de la web pueden consultarse muy diversas fuentes. Como ejemplos, la de (BERNERS-LEE, T., 1996) es una referencia obligada; en español está recogida en (NOGALES FLORES, J. T., 1999) y en (POZO, J. R., 2001), esta última en línea.

⁴ En la dirección electrónica <<http://www.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/>> se detalla un trabajo reciente cuyo objetivo es la estimación de la cantidad de información que se genera anualmente, incluyendo la de la Web en el apartado de la información que es transmitida por Internet <<http://www.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/internet.htm>>. Los datos pueden compararse con los obtenidos en un estudio preliminar realizado dos años antes por el mismo grupo en <<http://www.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info/index.html>>. Un trabajo de fecha anterior focalizado en la web se localiza en (BRAY, T., 1999)

Sin embargo, la simplicidad de la tecnología de la Web, que fue el secreto de su éxito, ha sido y es, asimismo, el principal escollo a su desarrollo futuro.

La Web fue inicialmente diseñada para transmitir información entre personas descentralizadamente lo que hace que provenga de multitud de autores diferentes, esté muy poco estructurada y sea desigual debido a la inexistencia de convenios u organismos que controlen la edición y el contenido⁵. En los últimos años, además, con el afán de hacer las páginas más atractivas, muchos autores incorporan diferentes tipos de documentos y código de subprogramas y hacen una utilización inadecuada de las marcas.

El mayor inconveniente reside en lo difícil que suele resultar obtener resultados precisos para una búsqueda de información en un depósito enorme y creciente. El lenguaje HTML describe únicamente las características de presentación del documento, sin indicar nada sobre el contenido situado entre las marcas, lo que deja la interpretación de su significado a los usuarios y un margen muy estrecho para la automatización de tareas que permitan organizar, acceder, mantener y procesar documentos, al no estar adaptados a la “comprensión” por las máquinas. Aunque actualmente se pueden incorporar algunos metadatos al código de las páginas (a través de las metaetiquetas HTML) éstos son insuficientes para que los buscadores puedan hacer una selección refinada, limitándose a recuperar todo lo que encuentran a texto libre, sin distinción.

Para dar una salida a estas dificultades, el propio creador de la Web, junto a otros impulsores del World Wide Web Consortium (W3C), ha propuesto un cambio que permita también a los ordenadores “entender” el contenido de la información (BERNERS-LEE, T., HENDLER, J., y LASSILA, O., 2001), con el fin de poder programar agentes inteligentes (autómatas) que ayuden a los humanos en la tarea de seleccionar y filtrar la información. La idea se centra en la estructuración y organización de la Web mediante metadatos y aportación de significado a los datos que contiene, e

⁵ La ausencia de organismos que limitaran o censuraran algún aspecto de la Web ha sido, junto a la sencillez de la realización de las páginas, uno de los factores de su éxito. Cualquier intento de control por los gobiernos ha sido enormemente contestado y únicamente se tolera la persecución de los hechos delictivos. Por este motivo algunos países impiden el acceso de sus ciudadanos a la red.

incluso poder derivar nueva información mediante reglas de inferencia. Es el proyecto conocido como Web Semántica⁶.

Haciendo un símil con los proyectos de accesibilidad para la Web que intentan eliminar las barreras que su evolución ha impuesto a un sector importante de los usuarios humanos⁷, se podría considerar que la Web semántica es un proyecto de accesibilidad para las máquinas.

La Web semántica empezó a gestarse como idea poco tiempo después del comienzo de la extensión de la Web. Con el tamaño que tenía entonces, grande pero no comparable con el actual, ya comenzaba a observarse los problemas descritos con anterioridad. Sus raíces se sitúan 1997, momento en el cual se empieza a desarrollar la especificación RDF (*Resource Description Framework*)⁸, aplicación XML (*eXtensible Markup Language*) para incluir metadatos legibles por máquinas para la descripción de contenidos Web y permitir su interoperabilidad (BERNERS-LEE, T., 1998a; BERNERS-LEE, T., 1998b; LASSILA, O., 1998).

Para conseguirla deben construirse varias niveles o capas por encima de los documentos HTML tradicionales. Como primer paso, el lenguaje XML permite, por un lado, separar presentación y contenido en los documentos Web y, por otro, utilizar etiquetas propias, más descriptivas del contenido. La siguiente capa, que describe el contenido de las páginas en forma de metadatos, está representada por RDF, una DTD (definición del tipo de documento) de XML, y RDF-Schema. El tercer componente básico según (BERNERS-LEE, T., HENDLER, J., y LASSILA, O., 2001) deben ser las ontologías, las cuales definen formalmente tanto los términos como las relaciones de un dominio y proporcionan un conocimiento consensuado que puede ser compartido. La utilización de las ontologías en la Web necesita lenguajes con mayor expresividad que RDF pero que puedan interoperar con éste⁹.

⁶ W3C Semantic Web Activity <<http://www.w3.org/2001/sw/>>.

⁷ Web Accessibility Initiative (WAI), en <<http://www.w3.org/WAI/>>. (W3C, <<http://www.w3c.org/WAI/>>)

⁸ El primer borrador publicado en esta fecha puede consultarse en <<http://www.w3.org/TR/WD-rdf-syntax-971002/>>.

⁹ Un esquema de esta estructura en capas para la Web semántica, a partir de la conferencia dada por Tim Berners-Lee en la XML Conference del año 2000, es ofrecida por el W3C en la dirección electrónica <<http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/>>.

El sueño de Tim Berners-Lee (BERNERS-LEE, T. y HENDLER, J., 2001) llega hasta una “red de conocimiento universal”. Según sus propias palabras:

“The semantic web will provide unifying underlying technologies to allow these concepts to be progressively linked into a universal web of knowledge, and will therefore help to break down the walls erected by lack of communication, and allow researchers to find and understand products from other scientific disciplines”.¹⁰

En realidad, esta visión de Web semántica no resulta extraña a los documentalistas pues recoge la implantación de tareas que tradicionalmente estos profesionales han llevado a cabo con documentos en otros y diversos formatos: análisis documental de forma y contenido, clasificación y organización con vistas a su adecuada recuperación. Así, son constantes las referencias en la literatura, tanto a la disciplina (*Information science*) como a las herramientas que le son propias. Esta similitud es puesta de relieve jocosamente por *The Devil's Dictionary* (KNAUSS, G., 2003) en la siguiente entrada:

Semantic Web, *proper noun*

An attempt to apply the Dewey Decimal system to an orgy.¹¹

Las tecnologías para llevarla a cabo están dando sus primeros pasos¹². Se experimenta e investiga con las posibilidades que cada propuesta tiene para conseguir el objetivo final; diversos modelos y lenguajes con distintas posibilidades están “compitiendo” entre sí para llegar a convertirse en el estándar de uso en las distintas capas de la estructura propuesta; se buscan formas de hacerlas interoperables entre sí mediante el modelado cruzado.¹³

¹⁰ “La web semántica proporcionará la unificación de las tecnologías subyacentes para permitir que estos conceptos sean enlazados progresivamente en una red de conocimiento universal, y, así, ayudará a eliminar los muros levantados por la ausencia de comunicación, y permitirá a los investigadores localizar y entender los resultados procedentes de otras disciplinas científicas”. (traducción del autor).

¹¹ “Web Semántica. *nombre propio*. Un intento de aplicar el sistema decimal Dewey a una orgía”. (T. del A.).

¹² La Web semántica también tiene sus escépticos, provoca debates, el análisis de las dificultades que pueden frenar su implantación y propuestas varias de solución. Como muestra pueden consultarse (KIM, E. E., 2003), un artículo reciente en la Web (SHIRKY, C., 2003) y las correspondientes reacciones recopiladas por una weblog (FIENBERG, J., 2003), un debate en una página en español (GC-RED, <http://gc-red.com/tematema/index.cfm?id_tematema=12>) y un artículo de revista (BROOKS, T. A., 2002).

¹³ Para profundizar en el estado actual de estas tecnologías y conocer sus diferencias y posibilidades semánticas en español se recomienda acudir a (DÍAZ ORTUÑO, P. M., 2003) y (PEIS REDONDO, E. *et al.*, 2003a). Al ser este último una comunicación a un congreso, con difusión limitada, puede acudir a una versión publicada en una revista nacional (PEIS REDONDO, E. *et al.*, 2003b).

El propósito de este trabajo se centra en describir una de estas tecnologías emergentes: OWL, un lenguaje para implementar ontologías en la Web recientemente desarrollado por el W3C (*World Wide Web Consortium*).

Para entender la importancia y el encuadre que este lenguaje puede tener en el panorama descrito, es necesario, primero, profundizar en aquello para lo que está diseñado, las ontologías.

Se intenta dar, cimentado en las investigaciones preexistentes, respuestas a preguntas como ¿qué es una ontología?, ¿dónde tienen cabida?, ¿Qué interés tienen para los documentalistas?, entre otras, para finalmente, acercarnos a OWL.

2. ONTOLOGÍAS

2.1. DEFINICIÓN

A principios de los años 90, en el seno de la comunidad científica de la Inteligencia Artificial (en adelante IA), y especialmente en aquella dedicada al campo de la Ingeniería del Conocimiento (*Knowledge engineering*), comienza a perfilarse una nueva área de interés centrada en el concepto “ontología”, término utilizado por Sowa en (SOWA, 1984), a partir del *Knowledge-Sharing Effort*¹⁴. Este proyecto se centraba en remediar los problemas de interoperabilidad entre las denominadas Bases de Conocimiento¹⁵ buscando una solución que permitiera compartir y reutilizar el conocimiento almacenado por dichos sistemas y su aplicación en redes. Construir las suponía un esfuerzo y coste considerable y el trabajo realizado no se podía, en muchos casos, utilizar de nuevo (FIKES, R. *et al.*, 1991; NECHES, R. *et al.*, 1991).

Consensuar una definición del término propició un proceso de debate durante casi toda la década que, si bien parece cerrado, su conclusión se circunscribe a la IA, sin dar una solución completa a los demás campos científicos en los cuales se fue extendiendo su uso y donde se suele utilizar con connotaciones distintas, sin permitir precisar los límites que tiene con otros términos relacionados, especialmente el de modelo conceptual (WELTY, C. y GUARINO, N., 2001).

Si consultamos su significado en los diccionarios y enciclopedias generales lo que encontramos es la definición en su sentido original como una disciplina de la Filosofía. El Diccionario de la Real Academia Española, en su versión en línea, la define así (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, <<http://www.rae.es/>>):

¹⁴ El *Knowledge-Sharing Effort*, fue promovido por la *Air Force Office of Scientific Research* (AFOSR), la *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), la *Corporation for National Research Initiatives* (CNRI), y la *National Science Foundation* (NSF). Puede consultarse información sobre las actividades y avances del proyecto en <<http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/index.html>>.

¹⁵ Para conocer con más detalle las características y diferencias entre bases de conocimiento y ontologías consultar (GUERRERO BOTE, V. y LOZANO TELLO, A., 1999)

Ontología: (Del gr. ὄν, ὄντος, el ser, y -logía).

1. f. Parte de la metafísica que trata del ser en general y de sus propiedades trascendentales.

Para acercarnos al sentido que aquí tratamos es necesario acudir a diccionarios técnicos específicos. El Diccionario de Informática y Telecomunicaciones (Inglés-Español) (MORENO MARTÍN, 2001, p. 458) provee la siguiente definición:

1. Enumeración, en Inteligencia Artificial (ver *Artificial Intelligence*), de los principales conceptos que forman el núcleo de un sistema concreto. Puede incluir personas, cosas, eventos, relaciones, etc., de interés para el área concreta de que se trate. Puede decirse que forma parte de la documentación de los programas.

Otro diccionario técnico, éste en línea y de gran prestigio, FOLDOC (HOWE, 1993) recoge tres acepciones del término, en su entrada "Ontology". Lo que lo hace único respecto a los demás diccionarios es precisamente que recoge una relacionada con el ámbito de la Documentación:

1. **<philosophy>** A systematic account of Existence.

2. **<artificial intelligence>** (From philosophy) An explicit formal specification of how to represent the objects, concepts and other entities that are assumed to exist in some area of interest and the relationships that hold among them. For AI systems, what "exists" is that which can be represented. When the knowledge about a domain is represented in a declarative language, the set of objects that can be represented is called the universe of discourse. We can describe the ontology of a program by defining a set of representational terms. Definitions associate the names of entities in the universe of discourse (e.g. classes, relations, functions or other objects) with human-readable text describing what the names mean and formal axioms that constrain the interpretation and well-formed use of these terms. Formally, an ontology is the statement of a logical theory. A set of agents that share the same ontology will be able to communicate about a domain of discourse without necessarily operating on a globally shared theory. We say that an agent commits to an ontology if its observable actions are consistent with the definitions in the ontology. The idea of ontological commitment is based on the Knowledge-Level perspective.

3. **<information science>** The hierarchical structuring of knowledge about things by subcategorising them according to their essential (or at least relevant and/or cognitive) qualities. See subject index. This is an extension of the previous senses of "ontology" (above) which has become common in discussions about the difficulty of maintaining subject indices.¹⁶

¹⁶ 1. **<filosofía>** Una descripción sistemática de la Existence.

2. **<inteligencia artificial>** (procede de la filosofía) Una especificación formal explícita de como representar los objetos, conceptos y otras entidades que se presume existen en algún área de interés y las relaciones que se dan entre ellos. Para los sistemas de IA, lo que "existe" es lo que puede ser representado. Cuando el conocimiento sobre un dominio es representado en un lenguaje declarativo, el conjunto de objetos que pueden representarse se denomina universo del discurso. Podemos describir la ontología de un programa

La definición dada por FOLDOC para la Inteligencia Artificial recoge casi literalmente la expresada por Gruber¹⁷ en (GRUBER, T. R., 1993), ampliada en (GRUBER, T. R., 1993)¹⁸ que es una de las más conocidas y aceptadas en su forma declarativa: “una ontología es una especificación explícita de una conceptualización”.

Guarino y Giaretta (GUARINO, N. y GIARETTA, P., 1995) realizaron un intento de clarificación terminológica para establecer su significado técnico preciso analizando varias interpretaciones localizadas en la literatura científica. En un primer paso proponen el uso de *Ontología*, con “O” mayúscula, para referirse a una disciplina filosófica y *una ontología*, con artículo indeterminado y “o” minúscula, reservándolo para el campo de la Ingeniería del Conocimiento con relación a un objeto particular.

Su principal desacuerdo con la definición de ontología de Gruber se centra en la utilización que éste hace de la palabra “conceptualización”. Gruber la fundamenta en la definición de conceptualización dada por Genesereth y Nilsson¹⁹ la cual se refiere, según Guarino y Giaretta (GUARINO, N. y GIARETTA, P., 1995) p. 2, a “a set of *extensional* relations describing a particular *state of affairs*, while the notion we have in mind is an *intensional* one, namely something like a conceptual grid which we superimpose to various possible states of affairs”²⁰.

mediante la definición de un conjunto de términos representativos. Las definiciones asocian los nombres de entidades in el universo del discurso (clases, relaciones, funciones y otros objetos) con texto humanamente legible que describe lo que significan los nombres y los axiomas formales que limitan la interpretación y el correcto uso de esos términos. Formalmente, una ontología es la declaración de una teoría lógica. Un conjunto de agentes que comparten la misma ontología serán capaces de informar sobre un dominio de discurso sin operar necesariamente en una teoría compartida globalmente. Decimos que un agente está comprometido con una ontología si sus acciones observables son consistente con las definiciones de la ontología. La idea de compromiso ontológico está basada en la perspectiva del Nivel de Conocimiento.

3. <Documentación> La estructuración jerárquica del conocimiento sobre las cosas mediante su subcategorización de acuerdo a sus cualidades esenciales (o, al menos, relevantes o cognitivas). Ver índices de materias. Esta es una extensión de los anteriores sentidos de “ontología” (arriba) que se ha vuelto frecuente en las discusiones sobre la dificultad de mantener índices de materias. (T. del A.).

¹⁷ Tom Gruber mantiene una página web titulada ¿What is an Ontology? donde recoge su definición de ontología, en la dirección electrónica <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>.

¹⁸ Este texto ha sido publicado varias veces en distintos años y diversas situaciones: como comunicación a un congreso en 1991, como informe técnico y capítulo de monografía en 1993, tras una amplia revisión, y como artículo de revista en 1995 en (GRUBER, T. R., 1995), esta última probablemente como consecuencia de su popularidad. La versión utilizada aquí ha sido el informe técnico, actualmente disponible en la Web.

¹⁹ “Los objetos, conceptos y otras entidades que se presume existen en algún área de interés y las relaciones que se dan entre ellos”. Genesereth, M. R. y Nilsson, N. J. *Logical Foundation of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann, Los Altos, California, 1987. Cit. (GRUBER, T. R., 1993; GUARINO, N. y GIARETTA, P., 1995).

²⁰ “un conjunto de relaciones *extensionales* que describen un estado de situación particular, mientras que la noción que tenemos en mente es una *intencional*, es decir algo como una rejilla conceptual que superponemos a varios estados de situación posibles”. (T. del A.).

En un artículo posterior Guarino extiende su exposición, volviendo a diferenciar dos sentidos en el significado de *ontología*; uno el filosófico, referido a un sistema específico de categorías que refleja una visión específica del mundo, y otro el usado por la IA, referido a un objeto “constituted by a specific *vocabulary* used to describe a certain reality, plus a set of explicit assumptions regarding the *intended meaning* of the vocabulary words” (LASSILA, O. y MCGUINNESS, D. L., 2001) **pág. 2**²¹. Tras matizar los conceptos proporciona la siguiente definición:

“An ontology is a logical theory accounting for the intended meaning of a formal vocabulary, i.e. its ontological commitment to a particular conceptualization of the world. The intended models of a logical language using such a vocabulary are constrained by its ontological commitment. An ontology indirectly reflects this commitment (and the underlying conceptualization) by approximating these intended models”²².

Guarino insiste en que una ontología es lenguaje-dependiente mientras que una conceptualización es independiente del lenguaje usado para expresarla. Se muestra de acuerdo con Gruber cuando éste aporta una definición distinta en 1994, “Ontologies are agreements about *shared* conceptualizations”²³, pues realiza una distinción clara entre ontología y conceptualización tal y como él mismo venía manteniendo (GUARINO, N., 1996; GUARINO, N., 1997).

John Sowa (SOWA, J. F., 2004), por su parte, aporta otra definición²⁴:

La definición más escueta y clara de extensional e intensional aparece en (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA PREMIUM SERVICE, <<http://www.britannica.com/eb/article?eu=43489>>): “in logic, correlative words that indicate the reference of a term or concept: ‘intension’ indicates the internal content of a term or concept that constitutes its formal definition; and ‘extension’ indicates its range of applicability by naming the particular objects that it denotes”. (en lógica, palabras correlativas que indican la referencia de un término o concepto: ‘intensión’ indica el contenido interno de un término o concepto que constituye su definición formal; y ‘extensión’ indica su rango de aplicabilidad designando los objetos particulares que denota”) (traducción propia). Wordnet los presenta como sinónimos de denotativo y connotativo respectivamente (consultado en <<http://www.hyperdictionary.com/dictionary/>>

²¹ “constituido por un *vocabulario* específico usado para describir una cierta realidad más un conjunto de asunciones explícitas en relación con el *significado intencional* de las palabras del vocabulario” (T. del A).

²² “Una ontología es una teoría lógica que corresponde al significado intencional de un vocabulario formal, es decir, está comprometido ontológicamente con una conceptualización específica del mundo. Los modelos intencionados de un lenguaje lógico que usa este vocabulario están controlados por su compromiso ontológico. Una ontología refleja indirectamente este compromiso (y la conceptualización subyacente) mediante la aproximación de éstos modelos intencionados” (T. del A).

²³ “Las ontologías son acuerdos sobre conceptualizaciones compartidas” (T. del A). Esta definición es propuesta por Gruber en la lista de distribución de correo electrónico SRKB (*Shared Reusable Knowledge Bases*) en 1994 siendo recogida por (USCHOLD, M. y GRÜNINGER, M., 1996) **pág. 6**.

²⁴ Sowa recoge en su página una definición que fue expuesta por él en la lista de distribución onto-std en noviembre de 1997 para ser sometida a discusión (Principles of ontology, 1997). Este hecho refleja el interés existente en consensuar una definición clara para el término dentro de la comunidad de IA.

“The subject of *ontology* is the study of the *categories* of things that exist or may exist in some domain. The product of such a study, called *an ontology*, is a catalog of the types of things that are assumed to exist in a domain of interest *D* from the perspective of a person who uses a language *L* for the purpose of talking about *D*. The types in the ontology represent the *predicates, word senses, or concept and relation types* of the language *L* when used to discuss topics in the domain *D*.”²⁵

Finalmente, la definición de Gruber²⁶ sigue siendo el referente, y el acuerdo general se centra únicamente en los componentes básicos de una ontología: el vocabulario específico de un dominio con sus correspondientes definiciones, las cuales describen los conceptos, las relaciones que se dan entre ellos y las reglas que combinan ambos. Estas definiciones, cuya intención es evitar la ambigüedad, pueden especificarse con diferentes lenguajes, en un rango que abarca desde la forma más simple mediante una jerarquía, hasta las más complejas mediante la lógica formal, que añade axiomas para limitar los significados posibles y permitir el razonamiento.

Así, en el corazón de toda ontología se encuentra uno de los instrumentos conocidos ya de antiguo por los profesionales de la Documentación: los vocabularios²⁷.

En el contexto de la Web semántica el interés de las ontologías gira alrededor de tres características: el ser un vocabulario compartido, consensuado en una comunidad de interés y reutilizable. De esta forma, pueden construirse grandes ontologías a menor costo mediante el ensamblaje de componentes ya existentes y, mediante un escalado de ontologías a distintos niveles, puede integrarse información de diferentes dominios.

Aunque se han propuesto clasificaciones de ontologías basadas en distintos criterios (GUARINO, N., 1997; LASSILA, O. y MCGUINNESS, D. L., 2001; VAN

²⁵ “El objeto de la *ontología* es el estudio de las categorías de las cosas que existen o pueden existir en algún dominio. El producto de dicho estudio, denominado *una ontología*, es un catálogo de los tipos de cosas que se asume que existen en un dominio de interés *D* desde la perspectiva de una persona que usa un lenguaje *L* con la intención de hablar sobre *D*. Los tipos de la ontología representan los predicados, significados de las palabras o los tipos de concepto y relación del lenguaje *L* cuando se usan para discutir materias del dominio *D*.” (I. del A.)

²⁶ Generalmente incluyendo la apreciación de que es una “conceptualización compartida”. Ubbo VISSER y Christoph SCHLIEDER (2002) incorporan una aclaración a cada uno de los conceptos de ésta definición.

²⁷ Como muestra de esta convergencia entre disciplinas tenemos la reciente convocatoria a un congreso, a celebrar en marzo de este año 2004, titulado *Ontologies and Controlled Vocabularies* (disponible en <<http://www.aaai.org/Workshops/2004/ws04-12.html>>), que intenta aproximar la investigación en ambos campos, reconociendo su cercanía. En la otra cara de la moneda se encuentran las quejas por la falta de atención a los avances y conocimientos de otras disciplinas que son útiles a este campo (ALLIX, N. M., 2003), principalmente de la epistemología.

HEIJST, G., SCHEREIBER, A. T., y WIELINGA, B. J., 1997) (p. 7) las que se centran en el grado de formalidad con el que se especifica el vocabulario recogido nos resultan de especial interés puesto que a mayor formalidad la semántica que incorporan se incrementa. (SOWA, J. F., 2004; USCHOLD, M. y GRÜNINGER, M., 1996) pág. 6.

Más que en categorías discretas, las distintas ontologías se pueden representar a lo largo de una línea continua donde el grado de definición varía de un extremo a otro.

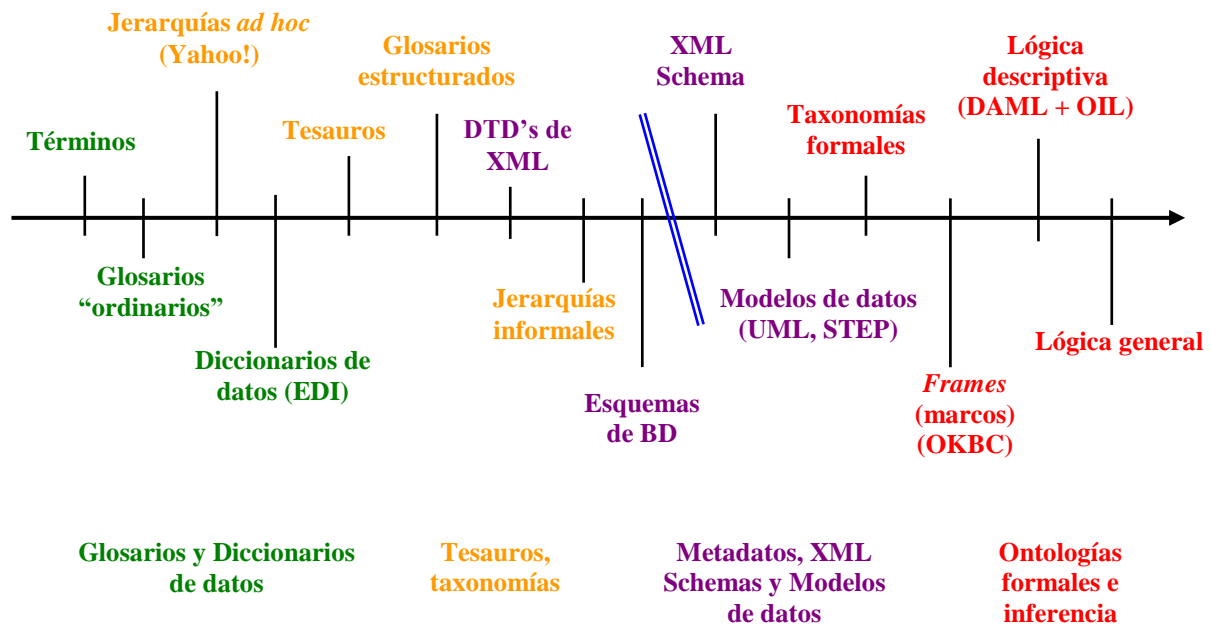


Figura 2. Tipos de ontologías según Gruninger y Uschold (2002)²⁸.

[Tomado de (VISSER, U. y SCHLIEDER, C., 2002)].

Siguiendo la línea de izquierda a derecha el número de términos puede disminuir, su ambigüedad decrece y aumenta su significado, su semántica. La doble línea, arbitraria, indicaría el punto a partir del cual, según sus autores, la mayoría de los investigadores entienden que es una ontología. Esta última afirmación está en contradicción con su propia descripción gráfica y, además, en la literatura es frecuente que todos los tipos expuestos sean asimilados a una ontología²⁹. Las diferencias estriban en su potencial expresivo según su nivel de abstracción y axiomatización, lo

²⁸ Aunque esta representación gráfica ha sido publicada recientemente tiene antecedentes. Una versión anterior fue desarrollada para un congreso, habiéndose consultado a uno de los autores entre otros, según se recoge en (LASSILA, O. y MCGUINNESS, D. L., 2001).

²⁹ Las alusiones al formato de metadatos Dublin Core, la jerarquía de Yahoo, los tesauros o Wordnet como ejemplos de ontologías son constantes en la literatura consultada sobre el tema.

que proporciona una escala que permite una construcción ontológica por capas o niveles.

Aunque las ventajas de las ontologías muy formalizadas son claras, su aplicación a la Web no es tan sencilla como parece. Los investigadores procedentes de la IA, acostumbrados lenguajes aplicados a sistemas cerrados y muy formalizados, se encuentran con un entorno en el que sus técnicas tradicionales no pueden aplicarse con eficacia, precisamente por la falta de estructuración de la información que contiene (VAN HARMELEN, F. y FENSEL, D., 1999) y la dificultad de su implantación en un sistema descentralizado, sin un organismo de control, si el nivel de aprendizaje requerido para los autores se incrementa³⁰.

Consciente de ello Guarino (GUARINO, N., 1998) pág. 5-6 distingue dos grandes tipos de ontologías, “*fine-grained*” (refinadas) y “*coarse*” (corrientes o no refinadas). Las refinadas incluyen un alto número de axiomas y utilizan un lenguaje con mucha expresividad, y por tanto su desarrollo y el razonamiento realizado es costoso. Las no refinadas, por el contrario, utilizan un lenguaje menos expresivo y contienen un conjunto pequeño de axiomas. Asimila las refinadas a ontologías de referencia u *off-line*, a las que se accede únicamente en determinadas situaciones, y las no-refinadas a ontologías compartidas u *on-line*, las cuales soportarían las funcionalidades centrales del sistema.

Los sistemas menos formales (pero estructurados), derivados principalmente de técnicas documentales, parecen tener una adecuada aplicación en la Web. Hay muchos desarrollados, con óptimos resultados, que son utilizados de base para el desarrollo de otras ontologías de complejidad creciente y como primer escalón en dominios reducidos. El hecho de que muchos aporten una estructuración de los datos los hace idóneos para su aplicación en la Web junto a sistemas más formales³¹, pues ya incluso las primeras aproximaciones al uso de las ontologías como sistema compartido para la interoperabilidad entre aplicaciones utilizaron datos bibliográficos, datos estructurados, para ilustrarlo (GRUBER, T. R., 1993). P. 14.

³⁰ De hecho, a pesar de los esfuerzos realizados en otro de los aspectos de la Web semántica, el de la anotación mediante metadatos, su implantación es aún muy escasa en el conjunto de la Web (EBERHART, 2002).

³¹ (GUARINO, N., MASOLO, C., y VETERE, G., 1999) recoge un ejemplo de este esfuerzo integrador.

La interoperabilidad entre ontologías no es tarea fácil. Dado que un concepto particular puede estar representado de múltiples formas según la ontología que lo recoja, es necesario establecer relaciones entre los elementos de distintas ontologías o mapeo, sin que se produzcan inconsistencias a lo largo de la ontología resultante.

2.2. CAMPOS DE APLICACIÓN

Los campos de aplicación de las ontologías admiten puntos de vista distintos, como ocurre en cualquier clasificación. Atendiendo a las áreas de investigación que las aplican Guarino (GUARINO, N., 1998) recoge una amplia gama: ingeniería del conocimiento, representación del conocimiento, modelado cualitativo, ingeniería del lenguaje, diseño de bases de datos, modelado de información, integración de información, análisis orientado a objetos, recuperación y extracción de información, gestión y organización del conocimiento y diseño de sistemas basados en agentes.

En cuanto a las áreas de aplicación indica la integración empresarial, la traducción del lenguaje natural, medicina, ingeniería mecánica, la estandarización del conocimiento de producto, el comercio electrónico, los sistemas de información geográfica, los sistemas de información legal y los sistemas de información biológica. Lassila y McGuinness (LASSILA, O. y MCGUINNESS, D. L., 2001) añaden la biblioteconomía, con el desarrollo del modelo Dublin Core.

Uschold y Gruninger (USCHOLD, M. y GRÜNINGER, M., 1996) p. 5 adoptan otro criterio, según la intención de uso de la ontología, independientemente de la aplicación o área de conocimiento en la que se integre, aunque estos aspectos son importantes dentro de cada una de las tres categorías que identifican:

- Comunicación: permiten la comunicación y el entendimiento consensuado entre personas con diferentes necesidades y puntos de vista.
- Interoperabilidad: usadas como lengua franca entre usuarios que necesitan intercambiar datos o que están usando programas informáticos distintos.
- Ingeniería de Sistemas: soportan el diseño y desarrollo de los sistemas de *software* en sí mismos, su especificación, consistencia y reutilización.

Haciendo una revisión general que incluye las consideraciones previas de otros autores Jasper y Uschold (JASPER, R. y USCHOLD, M., 1999) dividen las aplicaciones recogidas en la literatura en lo que ellos denominan *escenarios de aplicación*, agrupándolos en 4 categorías:

- Autoría neutral: una pieza de información se crea en un único lenguaje y es transformada para ser usada en múltiples sistemas finales.
- Ontología como especificación: para la especificación y desarrollo de algunos programas.
- Acceso conjunto a la información: bien para las personas (comunicación) o para las aplicaciones informáticas (interoperabilidad).
- Búsqueda de información basada en ontologías.

Por su parte, Visser y Schlieder (VISSER, U. y SCHLIEDER, C., 2002) las clasifican en tres grandes áreas de aplicación: Ingeniería de Sistemas, Integración de información y Recuperación de información, obviando la primera de los anteriores autores.

2.3. GENERACIÓN DE ONTOLOGÍAS

Entre las aproximaciones hacia una metodología para la construcción de ontologías, independientes del dominio de aplicación, se encuentran las propuestas casi simultáneas de Uschold y Grüninger (USCHOLD, M. y GRÜNINGER, M., 1996) y Gómez-Pérez *et al.* (GÓMEZ-PÉREZ, A., FERNÁNDEZ, M., y DE VICENTE, A., 1996).

Los primeros proponen una metodología compuesta de cinco fases:

1. Identificar campo de aplicación y alcance: cual va a ser su especialización y su uso.
2. Construcción de la ontología, abarcando tres aspectos:
 - a) Captura:
 - Identificación de los conceptos clave y las relaciones del dominio de interés;
 - Elaboración de definiciones textuales no ambiguas para esos conceptos y relaciones;

- Identificación de términos para referirse a los conceptos y relaciones.
 - b) Codificación de la ontología: representación del modelo conceptual obtenido en fase anterior en algún lenguaje formal.
 - c) Integración de ontologías existentes en cualquiera de las fases anteriores.
3. Evaluación: verificación y validación.
 4. Documentación: recopilación escrita de todas las asunciones o decisiones tomadas.
 5. Directrices para cada fase: conjunto de técnicas, métodos, principios para cada uno de las fases anteriores, incluyendo las relaciones entre ellas.

La metodología de Gómez-Pérez *et al.* abarca cuatro fases: captura del conocimiento, conceptualización de éste en un conjunto de representaciones intermedias, implementación en un lenguaje formal y evaluación continua.

Sin embargo, no existe un método general y válido para cualquier situación, conclusión a la que llegan todos los autores que han revisado la situación en distintos momentos (NOY, N. F. y HAFNER, C. D., 1997);(FERNÁNDEZ LÓPEZ, M., 1999); (WACHE, H. *et al.*, 2001), pues muchas herramientas no proveen la metodología utilizada o, si lo hacen, suele estar circunscrita al propósito específico del sistema. Esta carencia metodológica limita la interoperabilidad y la reutilización de ontologías ya desarrolladas.

Noy y McGuinness (NOY, N. F. y MCGUINNESS, D. L., 2001) aportan una guía metodológica para principiantes en la que insisten en que no hay un método único correcto para construir una ontología, ni una única ontología correcta para ningún dominio. Wache, H., Visser, U., y Scholz, T (WACHE, H., VISSER, U., y SCHOLZ, T., 2002), conscientes de las dificultades que conlleva la construcción de una ontología proponen un método que simplifique la tarea para su aplicación en Web, con el fin de evitar que el uso de las ontologías no sea aceptado por los usuarios.

Existen ya un gran número de herramientas que ayudan a la construcción de ontologías³² y otras tareas relacionadas. Gómez Pérez (GÓMEZ PÉREZ, A., 2002; GÓMEZ PÉREZ y BENJAMINS, V. R., 2002) aporta un análisis comparativo muy exhaustivo incluyendo herramientas para el desarrollo, la fusión e integración, evaluación, anotación y almacenamiento y búsqueda, muchas de ellas para su aplicación en el entorno de la Web.

2.4. LENGUAJES DE DEFINICIÓN DE ONTOLOGÍAS

Para que las ontologías puedan construirse y ser expresadas se necesita el uso de un lenguaje. Aunque se pueden usar una cierta cantidad de ellos para llevarlo a cabo, se han desarrollado algunos específicos para ontologías. En el campo de la IA existen varios lenguajes formales desarrollados, tales como OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*), KIF (*Knowledge Interchange Format*), OCML (*Operational Conceptual Modeling Language*), KL-ONE, Ontolingua, FLogic (Frame Logic) o LOOM, basados en distintos formalismos lógicos: lógica de predicados de primer orden, marcos y lógica descriptiva, con diferencias en expresividad y capacidad de inferencia³³.

Con el impulso que el W3C está intentando dar a la Web semántica se han ido desarrollando un conjunto de lenguajes nuevos que permitan la interoperabilidad de ontologías en este medio, basados en los nuevos estándares como XML, RDF y RDFS (*RDF-Schema*). El último paso en esta dirección ha sido el anuncio, el 10 de febrero, de OWL (*Web Ontology Language*) como Recomendación W3C (W3C, <<http://www.w3.org/2004/01/sws-pressrelease.html.en>>).

Tanto XML como RDF se consideran lenguajes inadecuados para expresar ontologías con la necesaria precisión, pero constituyen el primer nivel de la estructura en capas de la Web semántica (figura 3). RDF-Schema permite definir una ontología básica con objetos, clases y nombres de propiedades, axiomas para ambos tipos

³² Una de las más conocidas es Protège, por la ventaja que le proporciona ser de código abierto y admitir varios lenguajes de implementación *Web*. Está en constante actualización y dispone de una lista de distribución muy activa. Una de sus novedades reciente ha sido la inclusión de la capacidad de generar ontologías mediante el lenguaje OWL (KNUBLAUCH, H. y MUSEN, M. A. N. N. F., 2003). Puede descargarse desde la página Web que la Universidad de Standford, responsable de su desarrollo, ofrece para esta herramienta en <<http://protege.stanford.edu>>.

(subclases y subpropiedades) y limitaciones en el dominio y rango de las propiedades, formando una capa por encima de RDF. (FENSEL, D., 2000)

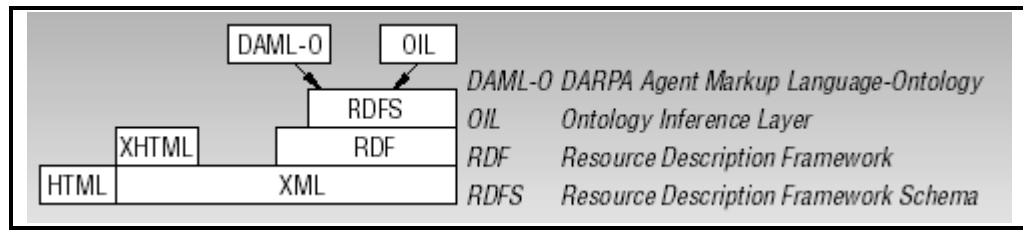


Figura 3. El modelo de lenguajes en capas para la Web Semántica.

[Tomado de (LASSILA, O. *et al.*, 2000)].

Por encima de ella se situarían los lenguajes ontológicos diseñados para la Web, en los que nos centraremos. En su diseño, partiendo de dos propuestas distintas DAML (*DARPA Agent Markup Language*) y OIL (*Ontology Inference Layer*), se ha producido un esfuerzo de convergencia que en su última etapa ha sido promocionado por el W3C con la intención de concluir en un único lenguaje estándar, OWL, evitando así la dispersión de los esfuerzos y la competencia entre ellos.

El primer lenguaje basado en ontologías para realizar anotaciones semánticas en páginas Web fue SHOE (*Simple HTML Ontology Extensions*), una extensión de HTML, desarrollado por (HEFLIN, J., HENDLER, J., y LUKE, S., 1999)³⁴.

Poco tiempo después (KART, P. D. *et al.*, 1999) publicaron XOL (*XML-based Ontology exchange Language*). Diseñado para el intercambio de ontologías bioinformáticas puede, no obstante, ser aplicada en otros dominios. Usa un subconjunto de OKBC y XML. No se pueden especificar axiomas con este lenguaje, por lo que no se pueden definir ontologías de alto nivel (también llamadas meta-ontologías).

OIL (*Ontology Inference Layer*) es, básicamente, una extensión de RDFS que permite una mayor expresión de las relaciones. Según sus desarrolladores (HORROCKS, I. *et al.*, 2000) unifica tres aspectos importantes aportados por diferentes comunidades (figura 4): la semántica formal y el soporte para el razonamiento eficiente de la lógica

³³ En (CORCHO, O. y GÓMEZ-PÉREZ, A., 2000) (GÓMEZ-PÉREZ, A. y CORCHO, O., 2002) puede leerse una revisión extensa de estos lenguajes y los desarrollados hasta cada una de las fechas para la web, donde se analizan estas características.

³⁴ Actualmente, tal como anuncian en su página web <<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/>> el trabajo desarrollado por el equipo se ha desplazado al proyecto de la Web semántica del W3C.

descriptiva; el modelado enriquecido epistemológicamente de las primitivas³⁵ de la comunidad de los sistemas basados en marcos; y una propuesta estándar para la anotación sintáctica de intercambio propuesta por la comunidad Web.

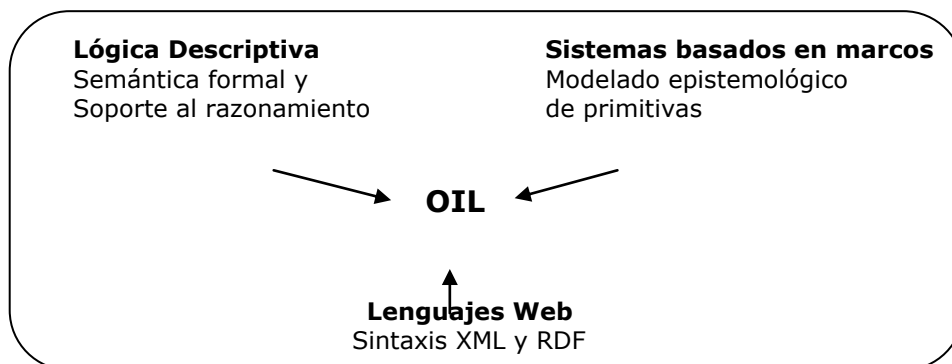


Figura 4. La tres raíces de OIL según sus autores.

La contrapartida estadounidense de la iniciativa europea OIL³⁶ la constituye la iniciativa DAML-ONT (*DARPA Ontology Language*) de DARPA, cuya especificación fue publicada en octubre de 2000 (HENDLER, J. y MCGUINNESS, D. L., 2000). Es un lenguaje muy parecido al anterior, por lo que ambos grupos comenzaron a cooperar muy pronto en un comité conjunto con el propósito de configurar una propuesta común³⁷, el lenguaje DAML+OIL, publicada en enero de 2001³⁸.

Los esfuerzos de investigación de este grupo conjunto se redirigieron pocos meses después al nuevo proyecto de desarrollo de un lenguaje estándar para ontologías para la Web semántica: OWL (*Web Ontology Language*), al ser convocado por el W3C para formar parte del *W3C Web Ontology Working Group*³⁹ junto a otros expertos.

³⁵ En IA se consideran primitivas los conceptos o acciones primarios, que no derivan de otros.

³⁶ Fundada por el programa IST de la Unión Europea par alas Tecnologías de la Sociedad de la Información como proyecto On-To-Knowledge (IST-1999-1013)y IBROW (IST-1999-19005)

³⁷ El comité se denominó “Joint US/EU ad hoc Agent Markup Language Comité”. Más información en <<http://www.daml.org/committee>>.

³⁸ Anunciado el 15 de enero en la lista de distribución rdf-logic. El mensaje puede leerse en <<http://lists.w3.org/Archives/Public/www-rdf-logic/2001Jan/0041.html>>. Esta primera especificación se encuentra disponible en <<http://www.daml.org/2000/12/daml+oil.daml>>.

³⁹ <www.w3.org/2001/sw/WebOnt>

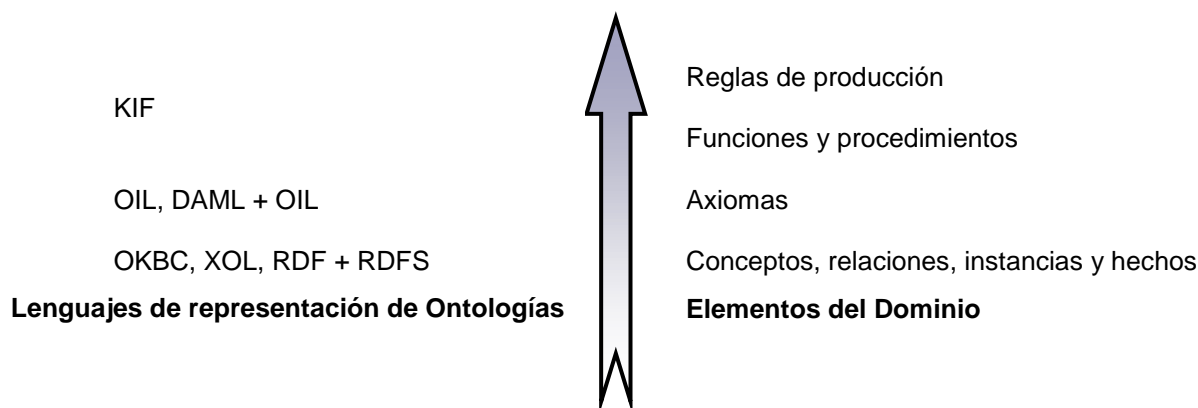


Figura 5. Grado de expresividad de los diferentes lenguajes
 [Tomado de (RIBIÈRE, M. y CHARLTON, P., 2001)].

A continuación se analiza con más profundidad esta especificación que, como ya se indicó, ha alcanzado recientemente el estatus de Recomendación W3C⁴⁰.

2.4.1. OWL

El 14 de agosto de 2001 el W3C anunciaba, en la lista de distribución *rdf-logic*⁴¹, la creación de un nuevo grupo de trabajo, el *W3C Web Ontology Working Group (WebOnt)*⁴², cuyo actividad “se enfocará al desarrollo de un lenguaje para ampliar la investigación semántica de los actuales esfuerzos en los metadatos XML y RDF. [...] [y] en la construcción de la capa ontológica y su fundamentación formal”⁴³.

En el mismo anuncio se hace mención al deseo de que la colaboración internacional de los grupos DAML y OIL se sume a esta actividad y se indica la

⁴⁰ El W3C considera diferentes categorías de documentos (o *niveles de madurez*) en el proceso que lleva desde un informe técnico hasta que se publica como una recomendación: *Working Draft* (Documento de trabajo) para ser sometido a examen por público y expertos, *Candidate Recommendation* (Candidato a Recomendación) cuya intención es reunir información sobre experiencias de su implementación, *Proposed Recommendation* (Propuesta de Recomendación) enviado para su aprobación una vez realizadas las correcciones técnicas pertinentes según la información reunida, y *W3C Recommendation* (Recomendación W3C), documento final aprobado por los miembros y el director del W3C, con un estatus similar a los estándares publicados por otras organizaciones. La información sobre este proceso está recogida en <<http://www.w3.org/2004/02/Process-20040205/tr.html>>.

⁴¹ <www-rdf-logic@w3.org>

⁴² <<http://lists.w3.org/Archives/Public/www-rdf-logic/2001Aug/0014.html>>

⁴³ “will focus on the development of a language to extend the semantic reach of current XML and RDF meta-data efforts. [...] on building the ontological layer and the formal underpinnings thereof”.

especificación DAML+OIL como un ejemplo de lenguaje ontológico y como punto de partida para una evaluación técnica⁴⁴.

El proceso, como indican algunos autores implicados en él, no ha sido sencillo, en gran parte debido a la existencia de requerimientos⁴⁵ que, a veces, eran incompatibles entre sí o por la obligatoriedad del uso de XML para la sintaxis de igual forma a la que es usada en RDF. (HORROCKS, I., PATEL-SCHNEIDER, P. F., y VAN HARMELEN, F., 2003) señalan varios tipos de dificultades, sintácticos, semánticos, de poder expresivo y computacionales, que se han debido ir sorteando para ajustarse a los requerimientos establecidos.

El lenguaje OWL viene descrito en un conjunto de seis documentos: *OWL Overview* (una introducción con listado de características descritas brevemente), *OWL Guide* (proporciona ejemplos de su uso y un glosario de términos), *OWL Reference* (describe las primitivas de modelado), *OWL Semantics and Abstract Syntax* (definición normativa del lenguaje declarada formalmente), *OWL Web Ontology Language Test Cases* (con ejemplos de uso correcto y pruebas de chequeo) y *OWL Use Cases and Requirements* (recoge casos de uso y los requerimientos exigidos al lenguaje)⁴⁶.

La cantidad de requerimientos y usos distintos que este lenguaje debía satisfacer ha llevado al *Web Ontology Working Group* a establecer finalmente una variedad de formas. OWL incluye dos sintaxis formales. Una de ellas es una sintaxis de intercambio en RDF/XML, que es una extensión del vocabulario de la semántica RDF en forma de grafos. La otra es una sintaxis abstracta basada en marcos (no XML), de la cual existen dos versiones⁴⁷. Además, incluye tres sublenguajes diferentes, con expresividades crecientes, para diversas necesidades: *OWL Lite*, *OWL DL* y *OWL Full*.

⁴⁴ Un análisis de cómo debería ser un lenguaje ontológico para la web desde el punto de vista de diversos profesionales se encuentra publicado en (VAN HARMELEN, F. *et al.*, 2002)

⁴⁵ A lo largo del proceso técnico se han ido elaborando versiones actualizadas del documento que recoge estos requerimientos., que incluyen además casos de uso. Las modificaciones en cuanto a aquéllos sin embargo han sido mínimas. Se pueden consultar desde <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-webont-req-20040210/>>

⁴⁶ En <<http://www.w3.org/TR/owl-features/>>, <<http://www.w3.org/TR/owl-guide/>>, <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>, <<http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>>, <<http://www.w3.org/TR/owl-test/>> y <<http://www.w3.org/TR/webont-req/>> respectivamente.

⁴⁷ En el primer documento de trabajo aparecía se hacía referencia al futuro desarrollo de otras representaciones sintácticas basada en UML (*Unified Modelling Language*) y otros lenguajes, que fueron posteriormente eliminadas.

OWL Lite es el lenguaje más sencillo, indicado para usuarios que necesitan principalmente una jerarquía de clasificación y sistemas de limitación sencillos (no permite la enumeración de clases ni una cardinalidad mayor de 1, por ejemplo). Su ventaja es que es fácil de comprender y de implementar. Proporciona, según sus creadores, una forma rápida de migración de tesauros y otras taxonomías⁴⁸.

OWL DL está pensado para los usuarios que requieren más expresividad de la que ofrece *OWL Lite* pero necesitan un comportamiento computacional óptimo. Se corresponde con la lógica descriptiva, de la que toma el nombre⁴⁹. Incluye todas las construcciones del lenguaje OWL pero en condiciones de uso restringidas. Esto permite dar soporte eficaz al razonamiento, aunque se pierda la plena compatibilidad con RDF: a pesar de que un documento escrito en OWL DL sea un documento RDF correcto, no ocurre igual a la inversa, debiéndose realizar modificaciones.

OWL Full es el nombre dado al lenguaje completo. En realidad, no está considerado un sublenguaje pues incluye todas las características definidas para OWL, pero se le ha dado esta denominación para distinguirlo de las dos variedades anteriores. Tiene el máximo de expresividad y la libertad sintáctica de RDF (cambios de significado del vocabulario predefinido). A diferencia del anterior, no garantiza un comportamiento computacional que elimine la indecibilidad⁵⁰, por lo que se descarta un soporte al razonamiento completo para todas sus características. Su ventaja estriba en su compatibilidad total, tanto sintáctica como semánticamente con RDF/RDFS.

La decisión de definir varios sublenguajes con diferentes niveles de complejidad tiene su precedente en el lenguaje OIL. La experiencia de este grupo mientras desarrollaban el proyecto les mostró que los requerimientos exigibles a un lenguaje ontológico no eran iguales para todas las situaciones en las que las ontologías eran utilizadas. En las aplicaciones de gestión de conocimiento empresarial y las tecnologías de extracción automática de conceptos, las ontologías “peso ligero”⁵¹ funcionaban muy

⁴⁸ La sección 8.3 del documento *Reference* incluye un resumen de las construcciones de OWL usadas por OWL Lite <<http://www.w3.org/TR/2003/CR-owl-ref-20030818/#OWLLite>>

⁴⁹ DL son las siglas de *Descriptive Logia*.

⁵⁰ Situación en la que un programa verificador es incapaz de tomar una decisión.

⁵¹ Entendidas como taxonomías de términos, con o sin relaciones entre ellos, y sin constituir necesariamente una jerarquía.

bien como base para la búsqueda, la personalización y la navegación, y cumplían con creces las necesidades para las que se habían construido. Esto desembocó en el desarrollo de OWL Lite. Por otro lado, comunidades como la médica o la ingeniería técnica demandaban un lenguaje de mayor poder expresivo, como OWL Full (FENSEL, D. *et al.*, 2002).

Cuando vaya a construirse una ontología en OWL deberá valorarse la versión del lenguaje a utilizar, lo que vendrá determinado por las necesidades que se tengan.

Al igual que su expresividad y complejidad, la compatibilidad entre los tres sublenguajes es creciente: cada uno de ellos es una extensión del anterior tanto respecto a lo que puede ser expresado correctamente como a lo que puede concluirse de forma válida⁵².

Por si todas estas posibilidades no fueran suficientes (BOUQUET, P. *et al.*, 2003) aportan una propuesta más. Otro lenguaje, *Context OWL* (C-OWL), extensión de OWL para representar ontologías contextualizadas.

Como reflexión final a todo lo expuesto sirvan estas palabras de Kendall Grant Clark (CLARK, K. G., 2003) :

“El logro real de OWL, entonces, al menos como yo lo veo, es proporcionar un fundamento sólido, tanto formal como implementacional, para la Web Semántica. Satisface una de las condiciones necesarias para la posibilidad de llegar a ser al final una Web Semántica. Y por esto, aquellos que apreciamos la Web, como es y como pueda ser, debemos estar agradecidos”⁵³

⁵² Un análisis más extenso del lenguaje OWL, con ejemplos de uso de las distintas construcciones, se puede leer en (ANTONIOU, G. y VAN HARMELEN, F., 2003).

⁵³ “The real achievement of OWL, then, at least as I see it, is to provide a solid foundation, both formally and implementationally, for the Semantic Web. It satisfies one of the necessary conditions of the possibility of there being a Semantic Web at all. And for that, all of us who appreciate the Web, as it is and as it could be, should be grateful”.

BIBLIOGRAFÍA

1. PRINCIPLES OF ONTOLOGY. 1997. [en línea]. onto-std: Sowa, John F. Disponible en: <<http://www-ksl.stanford.edu/onto-std/maillarchive/0136.html>>. [Consultado: 19/11/2003].
2. ALLIX, N. M. 2003. Epistemology and Knowledge Management: Concepts and Practices. [en línea]. *Journal of Knowledge Management Practice*, vol. 4. Disponible en: <<http://www.tlinc.com/articl49.htm>>. [Consultado: 21/12/2003].
3. ANTONIOU, G. y VAN HARMELEN, F. 2003. Web Ontology Language: OWL. [en línea]. En: STAAB, S. y STUDER, R. (eds). *Handbook on Ontologies*. Berlin: Springer-Verlag. pp. 67-92. (*International Handbooks on Information Systems*). Disponible en: <<http://www.cs.vu.nl/~frankh/abstracts/OntoHandbook03OWL.html>>. [Consultado: 29/2/2004].
4. BERNERS-LEE, T. 1989-1990. *Information Management: A Proposal*. [en línea]. Ginebra: CERN. Disponible en: <<http://www.w3.org/History/1989/proposal.rtf>>. [Consultado: 24/10/2003].
5. BERNERS-LEE, T. 1996. *The World Wide Web: Past, Present and Future*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.w3.org/People/Berners-Lee/1996/ppf.html>>. [Consultado: 17/10/2003].
6. BERNERS-LEE, T. 1998a. *Semantic Web Road map*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>>. [Consultado: 25/10/2003a].
7. BERNERS-LEE, T. 1998b. *What the Semantic Web can represent*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.w3.org/DesignIssues/RDFnot.html>>. [Consultado: 24/10/2003b].

8. BERNERS-LEE, T. y HENDLER, J. 2001. Nature Debates: Scientific publishing on the 'semantic web'. [en línea]. *Nature*. Disponible en: <<http://www.nature.com/nature/debates/e-access/Articles/bernerslee.htm>>. [Consultado: 29/10/2003].

9. BERNERS-LEE, T., HENDLER, J. y LASSILA, O. 2001. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. [en línea]. *Scientific American*, vol. 284, n° 5, pp. 34-43. Disponible en: <<http://www.sciam.com/article.cfm?chanID=sa006&colID=1&articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21>>. [Consultado: 21/10/2003].

10. BOUQUET, P. *et al.* 2003. C-OWL: Contextualizing Ontologies. [en línea]. En: FENSEL, D., SYCARA, K. y MYLOPOULOS, J. (eds). *The Semantic Web - ISWC 2003: Second International Semantic Web Conference, Sanibel Island, FL, USA, October 20-23, 2003, Proceedings*. Heidelberg: Springer Verlag. pp. 164-179. (*Lecture Notes in Computer Science*, n° 2870). Disponible en: <<http://www.cs.vu.nl/~frankh/>>. [Consultado: 10/30/2003].

11. BRAY, T. 1999. Measuring the Web. [en línea]. *Fifth International World Wide Web Conference*. Paris. Disponible en: <http://www5conf.inria.fr/fich_html/papers/P9/Overview.html>. [Consultado: 12/18/2003].

12. BROOKS, T. A. 2002. The Semantic Web, universalist ambition and some lessons from librarianship. [en línea]. *Information Research*, vol. 7, n° 4. Disponible en: <<http://InformationR.net/ir/7-4/paper136.html>>. [Consultado: 11/3/2003].

13. CLARK, K. G. 2003. *The Semantic Web is Closer Than You Think*. [en línea]. XML.com. Disponible en: <<http://www.xml.com/lpt/a/2003/08/20/deviant.html>>. [Consultado: 10/10/2003].

14. CORCHO, O. y GÓMEZ-PÉREZ, A. 2000. A Roadmap to Ontology Specification Languages. [en línea]. En: DIENG, R. y CORBY, O. (eds). *Knowledge Management. Methods, Models, and Tools. 12th International Conference, EKAW 2000, Juan-les-Pins, France, October 2-6, 2000 Proceedings*. Heidelberg: Springer-Verlag. (*Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1937*). Disponible en: <<http://delicias.dia.fi.upm.es/articulos/ocorcho/ekaw2000-corcho.pdf>>. [Consultado: 24/2/2004].
15. DÍAZ ORTUÑO, P. M. 2003. Problemática y tendencias en la arquitectura de metadatos web. [en línea]. *Anales de Documentación*, n° 6, pp. 35-58. Disponible en: <<http://www.um.es/fccd/anales/ad06/ad0603.pdf>>. [Consultado: 11/11/2003].
16. EBERHART, A. 2002. *Survey of RDF data on the web*. [en línea]. Bruchsal: International University in Germany. Disponible en: <<http://www.i-u.de/schools/eberhart/rdf/rdf-survey.htm>>. [Consultado: 11/10/2003].
17. ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA PREMIUM SERVICE. 2003. *Intension and Extension*. [en línea]. Encyclopaedia Britannica: Disponible en: <<http://www.britannica.com/eb/article?eu=43489>>. [Consultado: 30/10/2003].
18. FENSEL, D. 2000. Relating Ontology Languages and Web Standards. [en línea]. En: EBERT, J. *et al.* (eds.). *Modelle und Modellierungssprachen in Informatik und Wirtschaftsinformatik. Modellierung 2000, St. Goar, April 5-7*. Koblenz: Foelbach Verlag. Disponible en: <<http://xml.coverpages.org/fensel-mod2000.pdf>>. [Consultado: 2/2/2004].
19. FENSEL, D. y MUSEN, M. A. 2001. The Semantic Web: A Brain for Humankind. [en línea]. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 16, n° 2, pp. 24-25. Disponible en: <http://oops.snu.ac.kr/~jnkim/pdf/IS_15.pdf>. [Consultado: 29/10/2003].
20. FENSEL, D. *et al.* 2002. *Ontoknowledge. Final project report. Deliverable 43*. [en línea].

- Vrije Universiteit Amsterdam. Disponible en: <http://www.cs.vu.nl/~ontoknow/downl/del43-new.pdf>. [Consultado: 29/2/2004].
21. FERNÁNDEZ LÓPEZ, M. 1999. Overview Of Methodologies For Building Ontologies. [en línea]. En: BENJAMINS, V. R. (ed.). *IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lesson Learned and Future Trends. Estocolmo, 2 Agosto, 1999*. CEUR. pp. 4.1-4.13. (*CEUR Workshop Proceedings*, nº 18). Disponible en: <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-18/4-fernandez.pdf>. [Consultado: 2/24/2004].
 22. FIENBERG, J. 2003. Semantic web systemantics. [en línea]. *The iCite net weblog*. Disponible en: http://icite.net/blog/200311/semantic_systemantics.html. [Consultado: 15/11/2003].
 23. FIKES, R. *et al.* 1991. *Knowledge Sharing Technology. Project Overview*. [en línea]. Informe Técnico KSL-91-71, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University. Disponible en: http://www.ksl.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-91-71.html. [Consultado: 22/10/2004].
 24. GC-RED. 2001. *Los agentes inteligentes y el etiquetado en la web*. Disponible en: http://gc-red.com/tematema/index.cfm?id_tematema=12. [Consultado: 25/11/2003].
 25. GRUBER, T. R. 1993. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. En: GUARINO, N. y POLI, R. (ed). *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*. Deventer, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Revision sustancial de la comunicación presentada al International Workshop on Formal Ontology, Marzo, 1993, Padua, Italia. Disponible como Technical Report KSL 93-04, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, en http://ksl-web.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-93-04.html. [Consultado: 19/10/2003].
 26. GRUBER, T. R. 1995. Towards principles for the design of ontologies used for

knowledge sharing. *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 43, n° 5/6, pp. 907-928

27. GRUBER, T. R. 1993. A translation approach to portable ontologies. [en línea]. *Knowledge Acquisition*, vol. 5, n° 2, pp. 199-220. Disponible en: <http://ksl-web.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-92-71.html>. [Consultado: 21/10/2003].
28. GUARINO, N. 1996. Understanding, Building, and Using Ontologies. [en línea]. *Proceedings of Tenth Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop. Banff, Alberta (Canadá), Noviembre, 1996*. Disponible en: <<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/guarino/guarino.html>>. [Consultado: 1/14/2004].
29. GUARINO, N. 1997. Understanding, Building, and Using Ontologies: A Commentary to “Using Explicit Ontologies in KBS Development”, by van Heijst, Schreiber, and Wielinga. [en línea]. *International Journal of Human and Computer Studies*, vol. 46, n° 2/3, pp. 293-310. Disponible en: <<http://www.inf.ufrgs.br/gpesquisa/bdi/links/articles/ontologies/guarino97understanding.pdf>>. [Consultado: 13/1/2004].
30. GUARINO, N. 1998. Formal Ontology and Information Systems. [en línea]. En: GUARINO, N. (ed). *Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998*. Amsterdam: IOS Press. pp. 3-15. Disponible en: <<http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/Ontology/Papers/FOIS98.pdf>>. Publicado también en *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. Washington, DC: IOS-Press, 1998. [Consultado: 16/10/2003].
31. GUARINO, N. y GIARETTA, P. 1995. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. [en línea]. En: MARS, N. (ed.). *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing*. Amsterdam: IOS Press. pp. 25-32. Disponible en: <<http://www.loa-cnr.it/Papers/KBKS95.pdf>>. [Consultado: 16/10/2003].
32. GUARINO, N., MASOLO, C. y VETERE, G. 1999. OntoSeek: Content-Based

- Access to the Web. [en línea]. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 14, n° 3, pp. 70-80. Disponible en: <<http://www.loa-cnr.it/Papers/OntoSeek.pdf>>. [Consultado: 1/9/2004].
33. GUERRERO BOTE, V. y LOZANO TELLO, A. 1999. Vínculos entre las Ontologías y la Biblioteconomía y Documentación. [en línea]. *ISKO '99-EOCONSID'99*. Granada: ISKO. pp. 25-32. Disponible en: <<http://www.ugr.es/~isko/>>. [Consultado: 3/11/2003].
 34. GÓMEZ-PÉREZ, A. y CORCHO, O. 2002. Ontology Languages for the Semantic Web. [en línea]. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 17, n° 1, pp. 54-60. Disponible en: <http://oops.snu.ac.kr/~jnkim/pdf/IS_10.pdf>. [Consultado: 29/10/2003].
 35. GÓMEZ-PÉREZ, A., FERNÁNDEZ, M. y DE VICENTE, A. 1996. Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies. [en línea]. *ECAI'96. Workshop on Ontological Engineering, Budapest, 13 agosto, 1996*. pp. 41-51. Disponible en: <<http://delicias.dia.fi.upm.es/miembros/ASUN/ECAI96.ps>>. [Consultado: 2/24/2004].
 36. GÓMEZ PÉREZ, A. (coord.). 2002. *Deliverable 1.3: A survey on ontology tools*. [en línea]. OntoWeb. Ontology-based information exchange for knowledge management and electronic commerce. IST-2000-29243. Disponible en: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/ysu/publications/OntoWeb_Del_1-3.pdf>. [Consultado: 24/10/2003].
 37. GÓMEZ PÉREZ, A. y BENJAMINS, V. R. (eds.). 2002. *Evaluation of Ontology-based Tools. OntoWeb-SIG3 Workshop at the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management. EKAW 2002. Sigüenza (España), 30 septiembre*. [en línea]. CEUR. (CEUR Workshop Proceedings, 62). Disponible en: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS//Vol-62/>>. [Consultado: 16/2/2004].
 38. HEFLIN, J., HENDLER, J. y LUKE, S. 1999. *SHOE: A Knowledge Representation*

Language for Internet Applications. Technical Report CS-TR-4078 (UMLACS TR-99-71).
[en línea]. Dept. of Computer Science, University of Maryland at College Park.
Disponible en:
<<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/pubs/techrpt99.pdf>>.
[Consultado: 3/2/2003].

39. HENDLER, J. y MCGUINNESS, D. L. 2000. The DARPA Agent Markup Language. [en línea]. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 15, n° 6, pp. 67-73. Disponible en: <<http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ieee-trends-daml-final-version.html>>. [Consultado: 3/3/2004].
40. HORROCKS, I. *et al.* 2000. The Ontology InferenceLayer OIL. Technical report IR-479. Vrije Universiteit Amsterdam, Faculty of Sciences. [en línea]. Disponible en: <<http://www.ontoknowledge.org/oil/TR/oil.long.html>>. [Consultado: 3/2/2004].
41. HORROCKS, I., PATEL-SCHNEIDER, P. F. y VAN HARMELEN, F. 2003. From SHIQ and RDF to OWL: The Making of a Web Ontology Language. [en línea]. *Journal of Web Semantics*, vol. 1, n° 1. Disponible en: <<http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/Publications/download/2003/HoPH03a.pdf>>. Disponible también en <<http://www.cs.vu.nl/~frankh/postscript/JWS03.pdf>>. [Consultado: 26/10/2003].
42. HOWE, D. 1993. *Free On-Line Dictionary Of Computing*. [en línea]. Denis Howe. actualizado regularmente. Disponible en: <<http://foldoc.doc.ic.ac.uk/foldoc/index.html>>. [Consultado: 14/10/2003].

43. JASPER, R. y USCHOLD, M. 1999. A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications. [en línea]. *Twelfth Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management Voyager Inn, Banff, Alberta, Canada, 16-21 Octubre, 1999*. Versión revisada de la ponencia presentada en IJCAI'99. Workshop on Intelligent Information Integration, Estocolmo, 31 Julio, 1999. Disponible en: <<http://sern.ucalgary.ca/KSI/KAW/KAW99/papers/Uschold2/final-ont-apn-fmk.pdf>>. [Consultado: 10/29/2003].
44. KART, P. D. *et al.* 1999. *XOL: An XML-based Ontology exchange Language*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.ai.sri.com/~pkarp/xol/xol.html>>. [Consultado: 3/2/2004].
45. KIM, E. E. 2003. Do We Need the Semantic Web? [en línea]. *eekim.com. EEK Speaks*. Disponible en: <<http://www.eekim.com/blog/books/semanticweb.html>>. [Consultado: 15/11/2003].
46. KNAUSS, G. 2003. *The Devil's Dictionary (Version 2.0)*. [en línea]. Disponible en: <http://www.eod.com/devil/archive/semantic_web.html>. [Consultado: 11/10/2003].
47. KNUBLAUCH, H., MUSEN, M. A. y Noy, N. F. 2003. Tutorial: Creating Semantic Web (OWL) Ontologies with Protégé. [en línea]. *2nd International Semantic Web Conference (ISWC2003), Sanibel Island (Florida), 20-23 Octubre, 2003*. Disponible en: <[falta](#)>. [Consultado: 4/12/2003].
48. LASSILA, O. *et al.* 2000. The semantic Web and its languages. [en línea]. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 15, n° 6, pp. 67-73. Disponible en: <<http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/Publications/download/2000/faqs-on-oil.pdf>>. [Consultado: 13/1/2004].
49. LASSILA, O. 1998. Web metadata: A matter of semantics. [en línea]. *IEEE Internet Computing*, vol. 2, n° 4, pp. 30-37. Disponible en: <http://oops.snu.ac.kr/~jnkim/pdf/IC_6.pdf>. [Consultado: 29/10/2003].

50. LASSILA, O. y MCGUINNESS, D. L. 2001. The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web. Knowledge Systems Laboratory Tech Report Number KSL-01-02. Stanford University. [en línea]. Disponible en: <http://www.ksl.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-01-02.html>. Knowledge Systems Laboratory Tech Report Number KSL-01-02. Stanford University. [Consultado: 11/3/2003].
51. MORENO MARTÍN, A. 2001. *Diccionario de Informática y Telecomunicaciones (Inglés-Español)*. Barcelona: Ariel. (Ariel Practicum).
52. NECHES, R. *et al.* 1991. Enabling Technology For Knowledge Sharing. [en línea]. *AI Magazine*, vol. 12, n° 3. Disponible en: <<http://www.isi.edu/isd/KRSharing/vision/AIMag.html>>. [Consultado: 15/11/2003].
53. NOGALES FLORES, J. T. 1999. La revolución de la World Wide Web. En: CARIDAD SEBASTIÁN, M. (coord.). *La Sociedad de la Información: Política, Tecnología e Industria de los contenidos*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces. pp. 175-212.
54. NOY, N. F. y HAFNER, C. D. 1997. The State of the Art in Ontology Design: A Survey and Comparative Review. *AI Magazine*, vol. 18, n° 3, pp. 53-74
55. NOY, N. F. y MCGUINNESS, D. L. 2001. *What is an ontology and why we need it. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. [en línea]. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05; Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880. Disponible en: <http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html>. [Consultado: 12/11/2003].

56. PEIS REDONDO, E. *et al.* 2003a. Ontologías, metadatos y agentes: recuperación “semántica” de la información. *JOTRI 2003. II Jornadas de Tratamiento y Recuperación de la Información, 8-9 septiembre, 2003, Leganés (Madrid)*. Madrid: Departamento de Biblioteconomía y Documentación; Departamento de Informática. Universidad Carlos III de Madrid. pp. 157-165.
57. PEIS REDONDO, E. *et al.* 2003b. Análisis de la Web Semántica: estado actual y requisitos futuros. *El Profesional de la Información*, vol. 12, nº 5, pp. 368-376.
58. POZO, J. R. 2001. *HTML con clase: Breve historia de la World Wide Web*. [en línea]. Disponible en: <<http://html.conclase.net/articulos/historia>>. [Consultado: 11/10/2003].
59. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Diccionario de la Lengua española*. [en línea]. 22 ed. Disponible en: <<http://www.rae.es/>>. [Consultado: 11/3/2003].
60. RIBIČRE, M. y CHARLTON, P. 2001. *Ontology Overview*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.fipa.org/docs/input/f-in-00045/f-in-00045.pdf>>. [Consultado: 3/2/2004].
61. SHIRKY, C. 2003. *The Semantic Web, Syllogism, and Worldview*. [en línea]. Disponible en: <http://www.shirky.com/writings/semantic_syllogism.html>. [Consultado: 15/11/2003].
62. SOWA, J. F. 1984. *Conceptual structures: Information Processing in mind and machine*. Reading MA: Addison-Wesley.
63. SOWA, J. F. *Ontology*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.jfsowa.com/ontology/index.htm>>. [Consultado: 11/11/2003].
64. USCHOLD, M. y GRÜNINGER, M. 1996. Ontologies: Principles, Methods and Applications. [en línea]. *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, nº 2, pp. 93-155. Disponible en: <<http://www.aiai.ed.ac.uk/project/ftp/documents/1996/96-ker-intro-ontologies.ps>>. Disponible también como papel técnico AIAI-TR-191 en <<http://www.aiai.ed.ac.uk/publications/tr96.html>>. [Consultado: 22/10/2003].

65. VAN HARMELEN, F. *et al.* 2002. Ontologies' KISSES in Standardization. [en línea]. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 17, n° 2, pp. 70-79. Disponible en: <<http://www.cs.vu.nl/~frankh/postscript/IEEE-IS02.pdf>>. [Consultado: 29/2/2004].
66. VAN HARMELEN, F. y FENSEL, D. 1999. Practical Knowledge Representation for the Web. [en línea]. *Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Intelligent Information Integration, Held on July 31, 1999 in conjunction with the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence City Conference Center, Stockholm, Sweden. 1999*. CEUR; Universidad de Amsterdam. (*CEUR Workshop Proceedings*, n° 23). Disponible en: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-23>>. Disponible también en <<http://www.cs.vu.nl/~frankh/postscript/IJCAI99-III.pdf>>. [Consultado: 10/31/2003].
67. VAN HEIJST, G., SCHEREIBER, A. T. y WIELINGA, B. J. 1997. Using Explicit Ontologies in KBS Development. *International Journal of Human and Computer Studies*, vol. 46, n° 2/3, pp. 183-292
68. VISSER, U. y SCHLIEDER, C. 2002. Modelling with Ontologies. [en línea]. En: STUCKENSCHMIDT, H., STUBKJAER, E. y SCHLIEDER, C. (eds.). *The Ontology and Modeling of Real Estate Transactions in European Jurisdictions*. Aldershot: Ashgate. pp. 115-130. (*International Land Management Series*). Disponible en: <http://www.tzi.de/buster/papers/cost_visserschlieder.pdf>. [Consultado: 24/10/2003].
69. W3C. 2002. *Web Access Initiative (WAI)*. [en línea]. W3C: Disponible en: <<http://www.w3c.org/WAI/>>. [Consultado: 25/11/2003].
70. W3C. 2004. *World Wide Web Consortium Issues RDF and OWL Recommendations*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.w3.org/2004/01/sws-pressrelease.html.en>>. [Consultado: 14/2/2004].

71. WACHE, H., VISSER, U. y SCHOLZ, T. 2002. Ontology Construction: An Iterative and Dynamic Task. [en línea]. En: HALLER, S. y SIMMONS, G. (eds). *Proceedings of the Fifteenth International Florida Artificial Intelligence Research Symposium Conference (FLAIRS), Pensacola (Florida), 14-16 mayo, 2002*. California: AAI Press. pp. 445-447. Disponible en: <<http://www-agki.tzi.de/buster/papers/FLAIRS02.pdf>>. [Consultado: 10/29/2003].
72. WACHE, H. *et al.* 2001. Ontology-Based Integration of Information: A Survey of Existing Approaches. [en línea]. *Proceedings of IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information Sharing, Seattle, WA. 4-5, agosto, 2001*. Disponible en: <<http://www-agki.tzi.de/buster/IJCAIwp/programme.html>>. Disponible también en <<http://www.cs.vu.nl/~heiner/publications.html>>. [Consultado: 5/11/2003].
73. WELTY, C. y GUARINO, N. 2001. Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. *Data & Knowledge Engineering*, vol. 39, n° 1, pp. 51-74