

Web semántica

Fundamentos de la
inteligencia artificial



tech

CONTENIDO

- 1. Objetivos**
- 2. Web semántica**
- 3. Especificaciones: RDF, RDFS, OWL**
- 4. Inferencia/razonamiento**
- 5. *Linked Data***
- 6. Resumen**
- 7. Bibliografía**

OBJETIVOS

- Diferenciar los tipos de ontología.
- Comprender las especificaciones de la web semántica.
- Identificar las clases RDF.
- Distinguir las variantes de OWL.

WEB SEMÁNTICA

“Esta es una serie de actividades desarrolladas dentro del *World Wide Web Consortium*, que tiende a desarrollar tecnologías que exponen aplicaciones informáticas, es decir, datos que pueden ser leídos por máquinas en la terminología de la Web Semántica” [1].

Esta web también es conocida como la web de los datos, ya que agrega metadatos tanto semánticos, como ontológicos a W3C o *World Wide Web Consortium*, como anteriormente se comentó, y de esta manera, comprenden mejor la información los usuarios y las computadoras. Asimismo, la web tiene la necesidad de etiquetar información con datos y proporcionar semánticamente un significado bien definido para vincularse por medio de enlaces, el cual está representado por los estándares de esta. Tomando en cuenta que permite la reutilización de los diferentes trabajos existentes.

Por otro lado, se realiza la pregunta: ¿qué es la semántica? ¿Qué es la ontología? El primero no es más que el estudio de los diferentes significados o interpretaciones del lenguaje, es decir, como símbolos, palabras, expresiones o, dicho de otro modo, los significados que son asignados a las palabras, porque una palabra puede tener diferentes significados en distintos, lugares o países.

Mientras que la ontología es la especificación formal y explícita de un concepto común, es decir, da el significado a hechos del mundo real.

La ontología puede ser:

- Explícita, porque define los conceptos, propiedades, relaciones, funciones, axiomas y restricciones que los componen.
- Formal, porque es legible por máquina e interpretable.
- De visualización, porque es un modelo abstracto y una vista simplificada de las entidades que representa.
- Compartida, porque existe un acuerdo previo sobre la información que es consensuada por un equipo de expertos [1].

Es necesario tener en cuenta que las interpretaciones anteriores (semántica y ontología) dependen de la persona, y así es como se quiere entender la web semántica, es decir, cuando se busca algo en la web, también se quiere entender lo que se quiere decir con la búsqueda realizada, o simplemente que el usuario pueda conseguir respuesta a su búsqueda, de una manera sencilla de cómo se realiza actualmente.

Hay que tomar en cuenta que la web semántica está basada en los siguientes puntos principales:

- Describe el significado. ¿Dónde se definen los conceptos?
- Automatización de estos descriptores. Esto se hace mediante motores de lógica e inferencia [1].

La idea de agregar semántica a los datos tiene como objetivo facilitar la comprensión y la interoperabilidad de los datos en un mundo de información heterogéneo, desplegado en múltiples formatos y con protocolos de acceso diferentes [2].

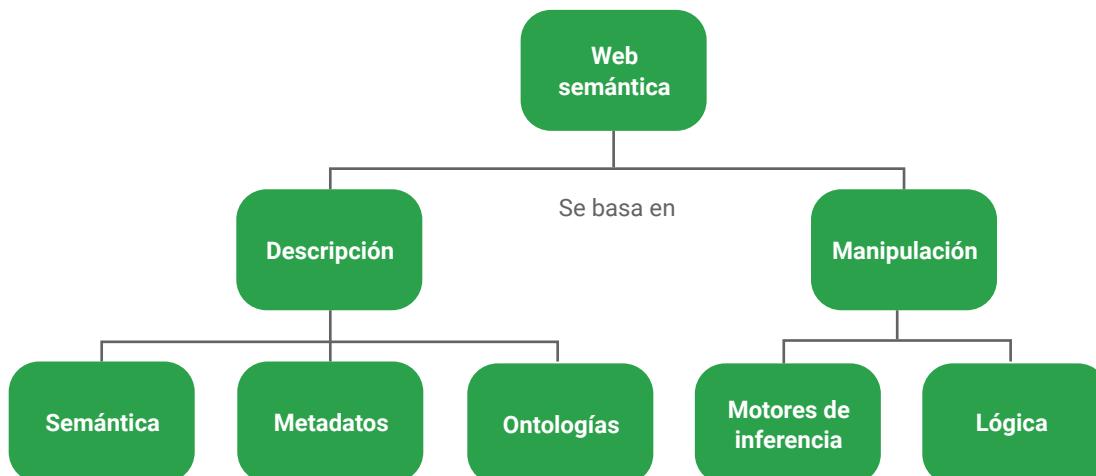


Figura 1. Descripción de la web semántica.

Beneficios de la web semántica

- El contenido semántico es integrado en las páginas de la web, tomando en cuenta que esto organiza la información y busca el significado con mayor precisión que el contenido textual.
- Permite que los ordenadores gestionen el conocimiento, que hasta ahora estaba reservado a los humanos (usando inteligencia artificial) [1].

Desventajas de la web semántica

- Adaptar los documentos de internet al procesamiento semántico es costoso y laborioso, también hay problemas de idioma.
- Los estándares semánticos deben unificarse para proporcionar relaciones equitativas entre los conceptos [1].

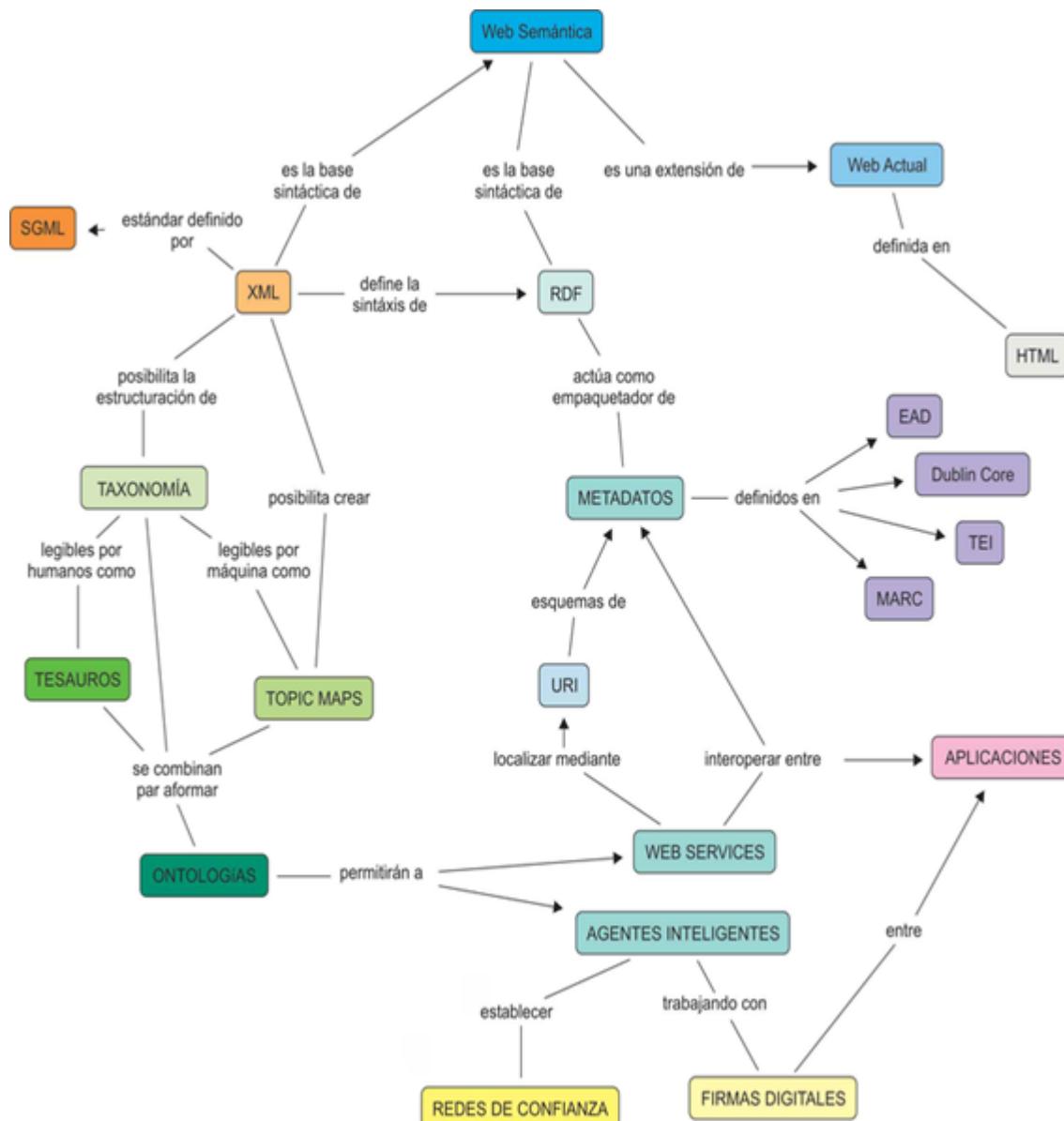


Figura 2. Mapa conceptual de web semántica [3].

Es importante aclarar que la web semántica no tiene nada que ver con la inteligencia artificial, ya que el desempeño real de la web semántica depende de la capacidad de la máquina para brindar soluciones a los problemas identificados a través de las actividades específicas.

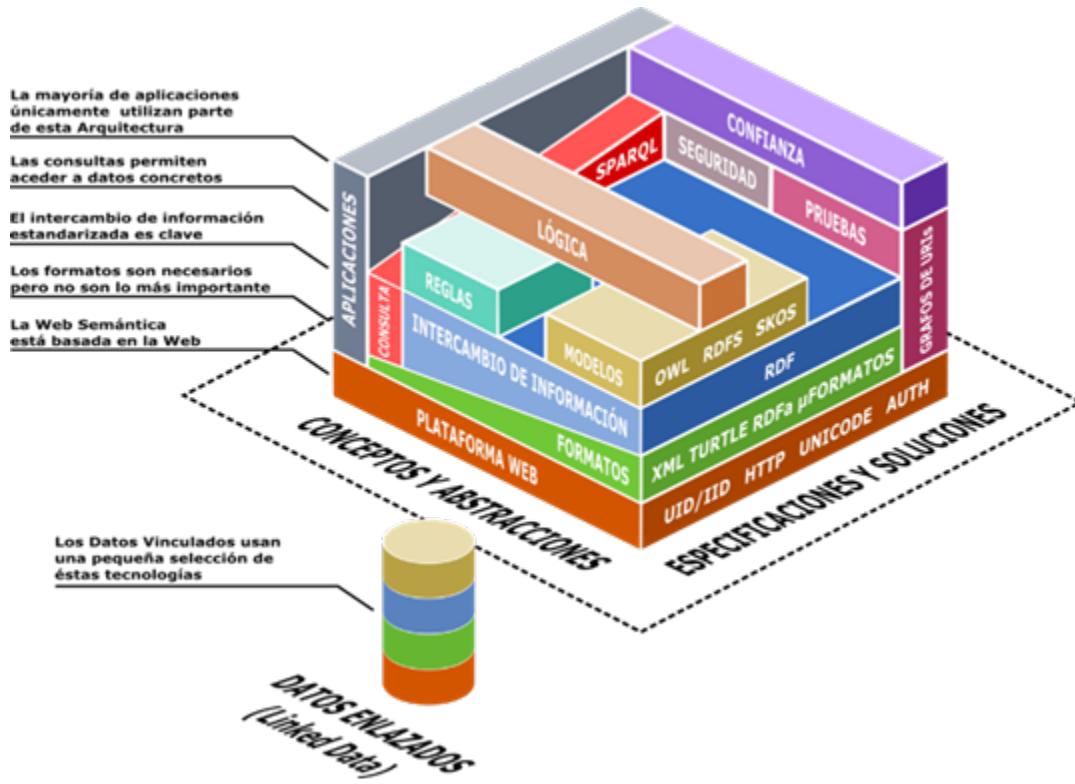


Figura 3. Arquitectura tecnológica de la web semántica [1].

ESPECIFICACIONES: RDF, RDFS, OWL

Como se comentó anteriormente, la web semántica viene en capas y es importante saber que para que se puedan lograr los significados o definiciones de los datos, primeramente, se deben utilizar los mecanismos de ayuda, es decir, RDF, RDFS, OWL, para transformar la web en una estructura común, capaz de compartir y reutilizar los datos entre diferentes usuarios.

De hecho, RDF, RDFS y OWL son las tecnologías subyacentes comunes detrás del concepto de web semántica, y *Knowledge Graph* es la más conocida.

• RDF

"Es un conjunto de especificaciones del *World Wide Web Consortium* (W3C) que se diseñó originalmente como un modelo de datos para metadatos. Se ha convertido en una forma general de describir conceptualmente información o modelar su implementación en recursos web, utilizando una variedad de formatos sintácticos y secuencias de datos" [4].

Muchos lo conocen como *Resource Description Framework*, tomando en cuenta que esta es la forma básica de la web semántica y es compatible con otros formatos, el cual se define una estructura ternaria complementaria y un formato de 3-upla, es decir, sujeto, propiedad y objeto, el cual, el primero a lo que se hace referencia (recurso), el segundo el recurso que indica con qué se identifica o refiriendo y, finalmente, el objeto que puede ser el verbo del recurso o puede ser la palabra textual tomado como el valor de lo que se acaba de definir. Sin embargo, lo más importante que define RDF es la propiedad llamado **rdf:tipo**. Esto se usa para decir que las cosas son de cierto tipo. Tomando en cuenta que la mayoría de las personas usa **rdf:type**, lo que lo hace muy útil.

De manera similar, el modelo RDF es un modelo genérico que permite hacer aserciones o descripciones sobre recursos y aprueba que estos recursos sean nombrados por URI.

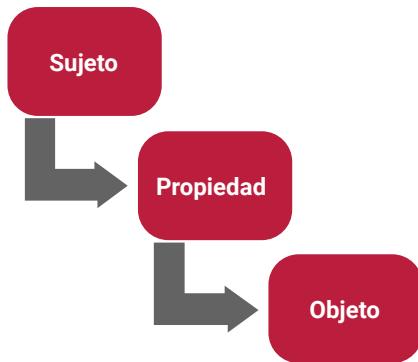


Figura 4. Representación con gráficas de enunciados.

RDF consta de nodos y aristas. Los nodos representan entidades, recursos y atributos. Las aristas representan las relaciones entre entidades y entidades, y la relación entre entidades y atributos [5].

Desde un punto de vista técnico, es conocido como un espacio de nombres XML, es decir, al crear un documento en este formato después de declarar la versión XML en el documento RDF, posteriormente, se debe introducir con espacios los nombres de la definición de RDF. Actualmente, los principales formatos de serialización RDF son los siguientes:

- RDF/XML
- N-Triples
- Turtle, RDFa
- JSON-LD, etc.

Debe quedar claro que RDF no es XML. La diferencia entre ellos es que RDF está diseñado para representar el conocimiento en un mundo distribuido, es decir, se expresa en términos de significado. Asimismo, “JSON-LD o *Data Binding* JSON utiliza pares clave-valor para almacenar datos RDF” [5].

A continuación, se presenta un ejemplo para entender mejor los explicado anteriormente

Supóngase que se está buscando una información sobre la IA en YouTube

```

<rdf:RDF
  xmlns:rdf=" http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-
ns#"
  xmlns:rdf=" http://purl.org/dc/elements/1.1/"

  <rdf:Description
    rdf:about="https://www.youtube.com/watch?v=_tA5cinv0U8">
      <dc:title> Inteligencia Artificial </dc:title>
      <dc:publisher> YouTube </dc:publisher>
    </rdf:Description>
  </rdf:RDF>
  
```

Se comienza en dos espacios importados, es decir, el nombre que se usará y lo que define la sintaxis de RDF. Para que se pueda usar este lenguaje y el vocabulario Dublin Core, luego se usa la etiqueta 'descripción', que es un sello distintivo del lenguaje y frase RDF. Al usar 'rdf: about' se indica la fuente de la que se hará esta descripción. descripción interna, tomando en cuenta que esto ayuda a hacer la descripción del recurso. Intrínsecamente, se usan las etiquetas 'title' y 'publisher', las cuales son parte del vocabulario *Dublin Core* y, en este caso, se usan para indicar el título del recurso y la persona que publica el recurso. Asimismo, se le da la entrada a una semántica de manera más fácil, desde el entorno de YouTube que ha expresado el conocimiento que se puede hacer, tomando en cuenta que se expresa como un par de 3-upla, es decir:

Objeto	Predicado	Objeto
<ul style="list-style-type: none"> • YouTube/InteligenciaArtificial • YouTube/InteligenciaArtificial 	<ul style="list-style-type: none"> • tiene_título • publicado por 	<ul style="list-style-type: none"> • InteligenciaArtificial • YouTube

Figura 5. 3-upla.

Por lo tanto, aunque RDF se puede utilizar para expresar conocimiento, puede ser necesario ampliar ese conocimiento para crear el propio vocabulario que se adapte perfectamente a la aplicación particular. En este caso, RDF sirve de base para dos lenguajes que amplían su utilidad, como son RDFS/OWL.

• RDFS/OWL

Estas dos tecnologías, tanto RDFS y OWL, o también conocidas como el lenguaje ontología o esquema, tomando en cuenta que estas resuelven el dilema de las limitadas posibilidades de representación de RDF.

"RDFS es el lenguaje existencial primitivo que proporciona los componentes principales para describir el vocabulario a través de aplicaciones orientadas a categorías y, por lo tanto, proporciona mecanismos para definir dichas categorías y atributos que forman parte del vocabulario y la relación esperada entre ellos. También permite la definición de recursos como como instancias de una o más clases. Además, accede organizar las capas de forma jerárquica" [6].

Se implementa la representación del conocimiento mediante RDFS. Al tener las 3-upla de resumen de conocimientos presentado, se debe clasificar los recursos, es decir, los objetos y los valores de las 3-upla en clases, realizando, así, la clasificación o la taxonomía y, de esta manera, se obtiene una forma de datos jerárquicos divididos en clases. Posteriormente, se añaden los atributos de clase.

De igual manera, se usan las etiquetas que están incluidas en el lenguaje RDFS, tomando en cuenta que el dominio que se pueden aplicar estas propiedades, es decir, las clases a las que se aplican y de los valores assignable a cada atributo (rango) se obtiene la ontología.

El RDFS contiene las siguientes características:

- Contiene un archivo RDFS que se trata de un archivo con la misma sintaxis y estructura que se usa en RDF, tomando en cuenta que la sintaxis se basa en XML.
- Cualquier desarrollador puede extender RDF Schema de forma independiente, ya que es extensible [7].

Se debe tomar en cuenta que las clases definidas por RDFS pueden representar por cualquier categoría y son descritas de la siguiente manera:

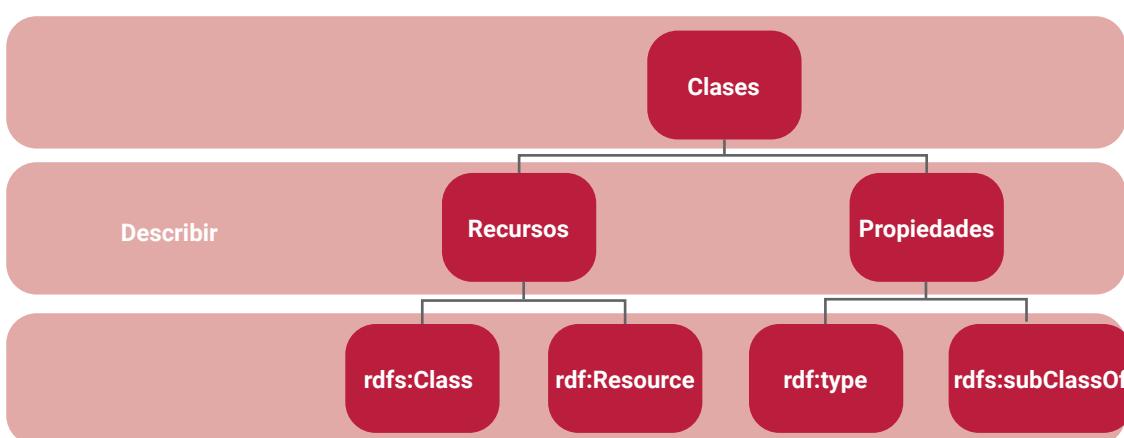


Figura 6. Descripción de las clases.

Tomando en cuenta que los recursos que pertenecen a una clase se denominan instancias. Por lo tanto, una clase en RDF Schema es cualquier recurso que tiene una propiedad de tipo (rdf: type) cuyo valor es el recurso rdfs: Class.

Sin embargo, en [7] se explica a la perfección las clases que se pueden encontrar en RDF Schema:

- **Básicos**
 - **rdfs:Class** admite la declaración de un recurso como una clase para otros recursos.
 - **rdfs:Resource** es una clase a la que pertenecen todos los recursos.
 - **rdfs:Literal** es una clase de todos los literales, cadenas y valores enteros.
 - **rdfs:Datatype** es una clase que cubre los tipos de datos definidos en el modelo RDF.
 - **rdf:Property** es una clase que contiene propiedades.

• Definir Relaciones

- **rdfs:subClassOf** es una instancia de rdf:Property que se puede usar para definir la jerarquía. Asimismo, asigna una clase a esa superclase.
- **rdfs:subPropertyOf** es una instancia de rdf:Property que se puede usar para definir una jerarquía de propiedades.

• Restricciones de propiedad

- **rdfs:domain** es una instancia de rdf:property que especifica el dominio de la propiedad P. Es decir, la clase de recurso aparece como un sujeto en una tripleta donde P es el predicado.
- **rdfs:range** es una instancia de la propiedad rdf:property que especifica el alcance de la propiedad P. Es decir, la clase de recurso aparece como un objeto en una tripleta donde P es el predicado.

- Otras mas

- **rdfs:ConstraintResource** es la clase que agrupa a todas las restricciones.
- **rdfs:ConstraintProperties** es la clase que contiene todas las propiedades que definen restricciones. Sus instancias son rdfs:range y rdfs:domain.
- **rdfs:seeAlso** es una instancia de rdf:Property que relaciona un recurso con otro que proporciona información adicional sobre el primero.
- **rdfs:isDefinedBy** es una instancia de rdf:Property para relacionar un recurso con los lugares donde se encuentra el recurso sujeto.
- **rdfs:label** es una instancia de rdf:Property que se usa para proporcionar una versión claramente entendible del nombre de un recurso.
- **rdfs:comment** es una instancia de rdf:Property que se usa para proporcionar una descripción de un recurso [7].

A continuación, se presenta un ejemplo que tiene relación con base de datos, para entender lo explicado anteriormente:

Imagínese que se están realizando tablas de base de datos para representar dos tipos tanto personas como lugares, donde solo se necesita construir una tabla para ellos. Cada tabla es una clase y cada fila de la tabla es una instancia o un objeto de la clase. De igual manera, cada columna de la tabla es un atributo contenido en esta misma clase. Su usara otra tabla para representar la relación entre personas y lugares. Tomando en cuenta que RDFS/OWL es básicamente un conjunto de vocabularios predefinidos utilizados para definiciones de clases y definiciones de propiedades similares para RDF [5].

- OWL

"Es un lenguaje de marcado para publicar y compartir datos usando ontología en WWW. El propósito de OWL es proporcionar un modelo de marcado basado en XML y RDF. Su predecesor fue DAML + OIL, en el que los creadores de OWL fueron la inspiración para crear el lenguaje. Junto con el entorno RDF y otros componentes, estas herramientas hacen posible el diseño web semántico" [8].

OWL son las siglas de *Web Ontology Language* o lenguaje de ontología web y, como su nombre indica, OWL es un lenguaje para crear ontologías web. Este consta de las funcionalidades que proporciona un modelado flexible y rápido de los datos y un razonamiento automático eficiente. Tomando en cuenta que esta tecnología se puede usar para expresar explícitamente el significado de los términos en un vocabulario y las relaciones entre esos términos. De hecho, OWL es una extensión del lenguaje RDF, usando triplets de RDF, pero en un lenguaje más expresivo. Está diseñado para usarse cuando la información contenida en un documento necesita procesarse mediante programación o en una aplicación, en lugar de simplemente presentar el contenido a los humanos.

La tecnología OWL está conformada por una estructura la cual consta con principales componentes. Tomando como modelo la (figura 7), es decir, la elipse central representa una abstracción existencial de una ontología que puede considerarse como una estructura abstracta o un gráfico RDF. En la parte superior hay algunas sintaxis específicas que se pueden usar para secuenciar e intercambiar ontologías. Posteriormente, en la parte inferior se encuentran dos especificaciones semánticas que definen el significado de OWL [9].

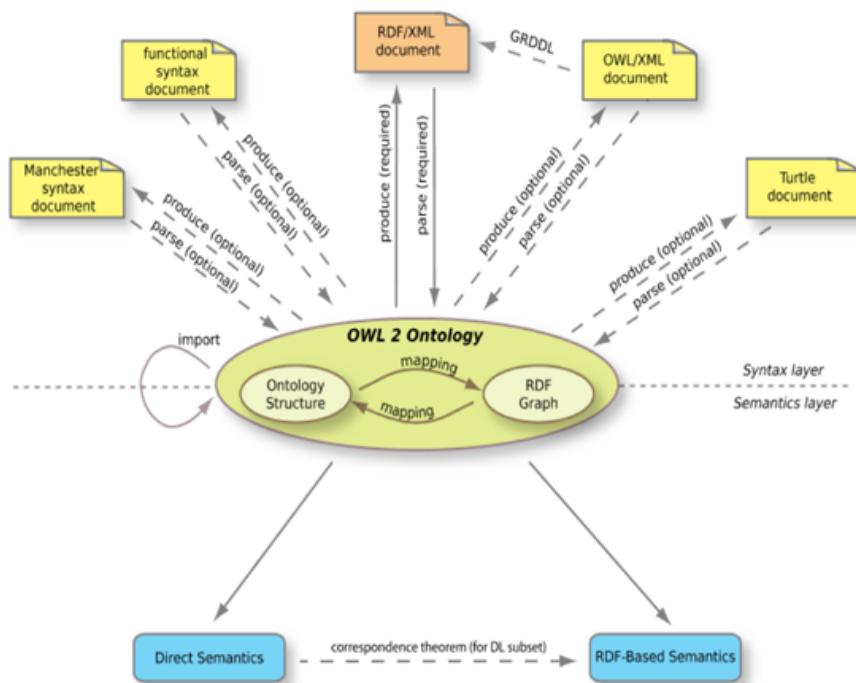


Figura 7. Estructura de OWL [9].

Sin embargo, OWL contiene las siguientes variantes:



Figura 8. Variantes de OWL.

Generalmente, estas variantes combinan varias funciones. Esto significa que OWL Lite está diseñado como una versión simplificada de OWL, lo que permite expresar las necesidades básicas de la ontología. Pero, en muchos casos, esta simplificación dio lugar a algunas restricciones no deseadas, lo que llevó a su suspensión gradual. Sin embargo, es más simple que OWL. Por lo tanto, el OWL DL está diseñado para preservar la integridad de los datos al simplificar la implementación de algoritmos de inferencia automática. Es necesario tener en cuenta que contiene todos los elementos de OWL, pero solo se puede usar con restricciones establecidas y es más simple que OWL Full, ya que es fundamentalmente diferente de OWL Lite y OWL DL, porque está diseñado para ser compatible con un esquema RDFS.

Esto significa que OWL Full permite tratar una clase como un grupo de individuos a la vez o como una entidad por derecho propio, pero esto no está permitido en otras versiones de OWL. Por otro lado, OWL Full puede crear un bucle infinito en el proceso de inferencia. Mientras que OWL Lite y OWL DL están diseñados de tal manera que cada frase se puede resolver en un tiempo específico, una versión más completa de OWL Full puede contener infinitos bucles. OWL DL se basa en la lógica de descripción de SHOIN. El subconjunto OWL Lite se basa en una lógica SHIFD menos expresiva.

INFERENCIA/RAZONAMIENTO

El quinto nivel de la arquitectura de una web semántica es el razonamiento (las capas de prueba y de confianza), donde se realizan procesos argumentativos para asociar conocimiento o hacer inferencias con él.

"Un componente importante de la Web Semántica es la creación de mecanismos de seguridad apropiados que puedan autenticar y verificar la confiabilidad de los diversos elementos del modelo desde recursos, así como agentes, exportadores o el propio individuo para asegurar la credibilidad de los resultados obtenidos en el proceso de búsqueda de información" [16].



Figura 9. Quinto nivel de arquitectura de una web semántica [16]

Como se muestra en la figura 9, la capa de prueba está justo encima de la capa lógica, tomando en cuenta que esta define la infraestructura adecuada para permitir que los agentes establezcan relaciones lógicas complejas con otros agentes e intercambien evidencia de las conclusiones alcanzadas en la búsqueda, ya que la capa de prueba es superior a la capa lógica, lo que permite a los agentes establecer relaciones lógicas complejas con otros agentes y definir la infraestructura adecuada para intercambiar evidencia de las conclusiones alcanzadas en la búsqueda. Esta infraestructura se basa básicamente en los siguientes tres elementos:

- Reglas de inferencia definidas en la capa lógica donde se especifican los requisitos de seguridad.
- La capacidad de los agentes para rastrear y probar el origen de secuencias lógicas, gracias a la estructura en la que se presenta la información.
- Firma digital [16].

Para usar la web semántica, se necesita un lenguaje semántico más poderoso. Un lenguaje de marcado que puede expresar conocimiento basado en el uso de metadatos y ontología. Las anotaciones RDF y RDFS se pueden utilizar para representar varios aspectos de un concepto dentro de un dominio de conocimiento y establecer una jerarquía de conceptos a través de relaciones taxonómicas. Sin embargo, para expresar el conocimiento contenido en la ontología, se requiere un lenguaje de marcas basado en RDF con alta expresividad y capacidad de razonamiento. Además, estos lenguajes deben estandarizarse y formalizarse para que su uso sea universal, reutilizable y compartido en la web. Se necesita un lenguaje común basado en la web que sea lo suficientemente expresivo y razonador para expresar la semántica ontológica. Así, utilizar un lenguaje como OWL es un paso más hacia la consecución de la web semántica.

Tomando en cuenta que las herramientas disponibles para razonar en una web semántica son las siguientes:

- Lenguajes basados en queries, es decir, SPARQL
- Inferencia de conocimiento DL
- Lenguajes basados en reglas SWRL
- Sistemas basados en frames (F-logic) [14]

Mediante la aplicación combinada de reglas de inferencia definidas al nivel lógico, firmas digitales y redes de confianza, es posible construir las denominadas web de confianza, para validar y autenticar los mecanismos precisos. De esta manera, ya no se requiere el cifrado de datos y, por lo tanto, se puede realizar sin organismos de certificación, resolviendo, así, el problema de la centralización. Es necesario estar en la situación más optimista, ya que todos los recursos de internet están descritos en formato RDF y todas las áreas de conocimiento tienen su propia ontología web [16].

LINKED DATA

Linked data, o también conocido como datos enlazados o datos vinculados, es la base de la *World Wide Web*, diseñada por Tim Berners-Lee entre 1989 y 1990. Tomando en cuenta que los datos vinculados también pueden ser datos abiertos. En ese caso, se suele hablar de datos abiertos vinculados.

"Desde el objetivo de pasar de contenido no estructurado a contenido estructurado y permitir operaciones y procesos computacionales más complejos. El resultado de esta iniciativa es el paradigma de los datos enlazados o *linked data*. Es una forma de difundir datos estructurados para que los datos sean más relevantes y útiles. Considerando que su objetivo es cambiar la forma en que se presenta la información" [10].

En pocas palabras, el *Linked Data* no es más que un conjunto de mejores prácticas para publicar y vincular datos estructurados en la web. Asimismo, una de las propuestas que se expresa a través de un conjunto de tecnologías estándar W3C son HTTP, RDFy URI. El primero es un componente simple que recupera recursos identificado por una URI. El segundo es la base de la familia de tecnologías de la web semántica, es decir, es un marco para describir recursos como entidades y objetos web, basado en el mecanismo de nomenclatura y acceso anterior correspondientemente en la URI y HTTP. Los URI son un mecanismo general para identificar entidades y conceptos que actúan como ellas. El principal beneficio con respecto a otros identificadores es que se refieren e identifican de manera única y clara al mismo recurso.

Tomando en cuenta que en lugar de usar estas tecnologías estándar W3C para comunicar páginas web a lectores humanos, estos las amplía para compartir información de una manera que una computadora pueda leer automáticamente y, de esta manera, permite vincular y hacer referencia a datos de diferentes fuentes [10].

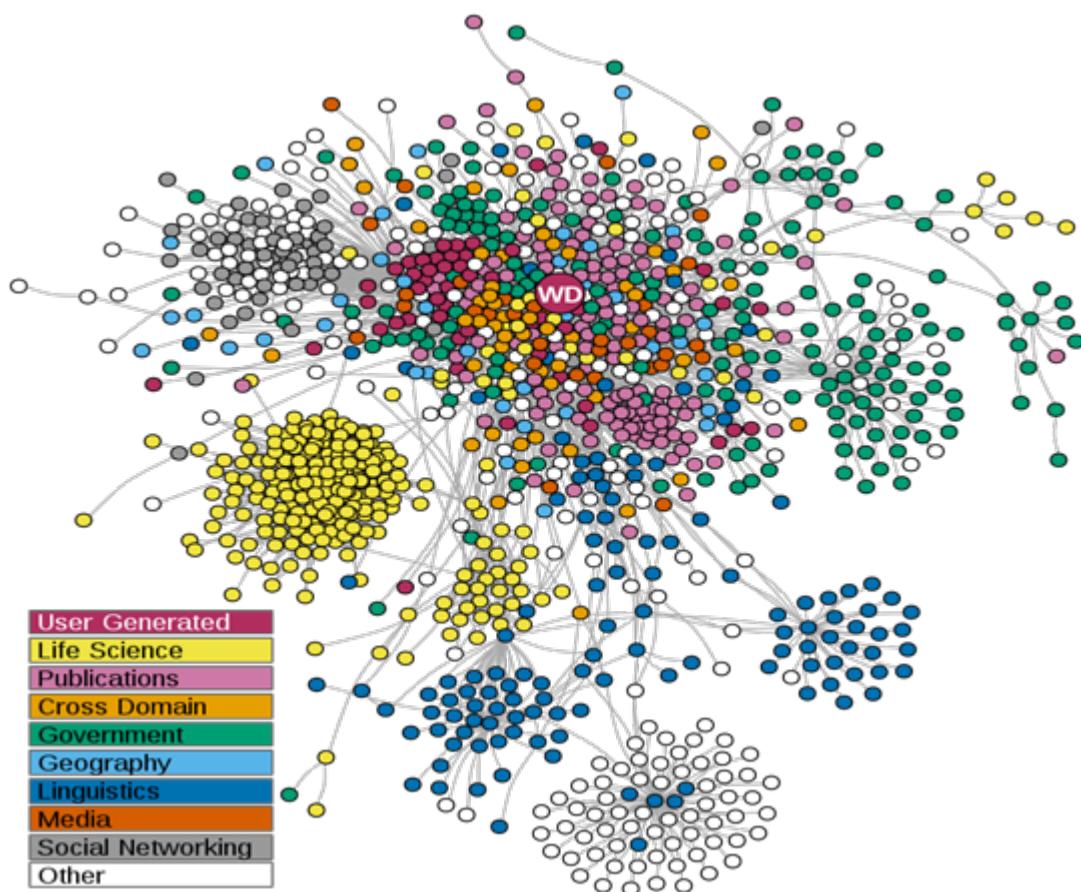


Figura 10. Nube de datos abiertos vinculados [12]

Tim Berners-Lee, en su documento de presentación del W3C, definió cuatro principios que caracterizan los datos vinculados. Tomando en cuenta que estos principios pueden reformularse de la siguiente manera:

- Usar URI para identificar recursos publicados en la web
- Aprovechar HTTP en URI para permitir que los usuarios busquen y consulten estos recursos.
- Si no se hace referencia al URI, este proporciona información útil sobre el recurso.
- Mejorar la recuperación de información en la web, incluyendo enlaces a otras URI relacionadas con los datos contenidos en el recurso [10].

A continuación, se presenta un ejemplo para entender mejor el funcionamiento de los datos vinculados, transmitiendo conceptos y conexiones:

Sitios Web	Entidades
X	Daniel
Y	Luis
Z	Venezuela

Figura 11. Tabla de sitios web y entidades.

Se tienen tres sitios web X, Y, Z, y tres entidades, Daniel, Luis y Venezuela, el cual X presenta la entidad de Daniel y el hecho de que conoce a Luis. Tomando en cuenta que el sitio web Y proporciona toda la información sobre Luis y, finalmente, el sitio web C es donde se puede encontrar la información sobre el lugar de nacimiento de Luis.

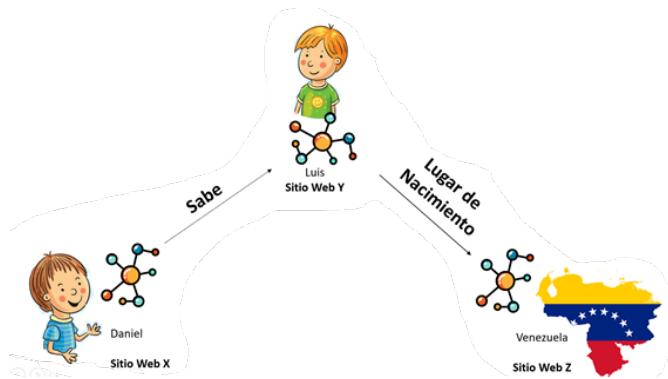


Figura 12. Sitios web relacionados con entidades.

Cada página contiene los datos estructurados para describir cada una de las entidades y un enlace a esa entidad que puede describir en otro sitio web o página web [11].

RESUMEN

La web semántica también es conocida como la web de los datos, ya que agrega metadatos tanto semánticos como ontológicos a W3C. Asimismo, la web tiene la necesidad de etiquetar información con datos y proporcionar semánticamente un significado bien definido para vincularse por medio de enlaces.

Es importante aclarar que la web semántica no tiene nada que ver con la inteligencia artificial, ya que el desempeño real de la web semántica depende de la capacidad de la máquina para brindar soluciones a los problemas identificados a través de las actividades específicas.

La web semántica viene en capas y es importante saber que, para que se puedan lograr los significados o definiciones de los datos, primeramente, se deben utilizar los mecanismos de ayuda, es decir, RDF, RDFS, OWL, para transformar la web en una estructura común, capaz de compartir y reutilizar los datos entre diferentes usuarios. De hecho, RDF, RDFS y OWL son las tecnologías subyacentes comunes detrás del concepto de web semántica, y *Knowledge Graph* es la más conocida.

El quinto nivel de la arquitectura de una web semántica es el razonamiento (las capas de prueba y de confianza), donde se realizan procesos argumentativos para asociar conocimiento o hacer inferencias con él.

Asimismo, *Linked data*, o también conocido como datos enlazados o datos vinculados, es la base de la *World Wide Web*, diseñada por Tim Berners-Lee entre 1989 y 1990. Tomando en cuenta que los datos vinculados también pueden ser datos abiertos. En ese caso, suele hablar de datos abiertos vinculados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wikipedia, enciclopedia libre, "Web Semántica", 2021. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Web_sem%C3%A1ntica#:~:text=La%20web%20sem%C3%A1ntica%20\(del%20ingl%C3%A9s,terminolog%C3%ADa%20de%20la%20Web%20sem%C3%A1ntica\).](https://es.wikipedia.org/wiki/Web_sem%C3%A1ntica#:~:text=La%20web%20sem%C3%A1ntica%20(del%20ingl%C3%A9s,terminolog%C3%ADa%20de%20la%20Web%20sem%C3%A1ntica).)
- [2] "La Web Semántica". [En línea]. Disponible en: <https://ceweb.br/guias/web-semantica/es/>
- [3] K. R. Perojo y L. Rodrigo, "Web Semántica", 2005. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Mapa-conceptual-de-la-web-semantica_fig1_28103557
- [4] Wikipedia, enciclopedia libre, "Resource Description Framework", 2021. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework
- [5] "RDF, RDFS y OWL basados en el gráfico de conocimiento". Programador Clic. [En línea]. Disponible en: <https://programmerclick.com/article/5750220463/>

- [6] G. G. García, "RDF y RDF Schema", 2003. [En línea]. Disponible en: https://www.matem.unam.mx/~grecia/semantic_web/rdf.html
- [7] Wikipedia, enciclopedia libre, "RDF Schema", 2021. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/RDF_Schema
- [8] Wikipedia, enciclopedia libre, "OWL", 2020. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/OWL>
- [9] "Descripción general del documento de lenguaje de ontología web OWL 2", 2012. W3C. [En línea]. Disponible en: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
- [10] Wikipedia, enciclopedia libre, "Datos enlazados", 2021. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Datos_enlazados#:~:text=En%20inform%C3%A1tica%2C%20los%20datos%20enlazados,ser%20interconectados%20y%20m%C3%A1s%20%C3%BAtiles.
- [11] "What is Linked Data?". WorldLift. [En línea]. Disponible en: <https://wordlift.io/blog/en/entity/linked-data/>
- [12] Wikipedia, enciclopedia libre, "Datos vinculados", 2021. [En línea]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Linked_data
- [13] J. L. Abellán, "Ingeniería del Conocimiento", 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=FLKkFP-2JPE>
- [14] M. Rebollo, "Web Semántica", 2008. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/mrebollo/web-semantica-419135>
- [15] E. Peis, J. Morales, E. Herrera, "Aproximación a la web semántica desde la perspectiva de la Documentación", 2009. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/mfreites/Downloads/Aproximacion_a_la_web_semantica_desde_la_perspecti.pdf
- [16] M. Deriam, "Web semántica", 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=J2NTNfK2hQU&t=2s>