



*ugr* | Universidad  
de **Granada**

TRABAJO FIN DE MÁSTER  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

## Integración de Información Geográfica en la Web Semántica

---

### SUBTÍTULO

#### Autora

Gema Correa Fernández

#### Director

José Samos Jiménez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA  
Y DE TELECOMUNICACIÓN

—  
Granada, 29 de agosto de 2019









Gema Correa Fernández

# Integración de Información Geográfica en la Web Semántica

---

## SUBTÍTULO

Trabajo de Fin de Máster para la integración de Información Geográfica  
en la Web Semántica del Departamento de Lenguajes y Sistemas  
Informáticos de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías  
Informáticas y de Telecomunicaciones de la UGR

Director: José Samos Jiménez

Septiembre de 2019



# **Integración de Información Geográfica en la Web Semántica:**

## **SUBTÍTULO**

Gema Correa Fernández

### **Resumen**

Este trabajo tiene como objetivo estudiar las herramientas de la Web Semántica que se pueden utilizar para representar e integrar Información Geográfica. En particular, está centrado en valorar las posibles herramientas que ofrece la Web Semántica y en el desarrollo de una prueba de concepto con Información Geográfica procedente de la provincia de Granada. Para entender el ámbito, se contextualizan y desarrollan los conceptos necesarios del área de los Sistemas de Información Geográfica, además de comprender los conceptos clave de la Web Semántica, que ofrece mecanismos muy útiles para la integración de información y estándares de representación de Información Geográfica mediante diversas herramientas. Por el enfoque que se realiza, este trabajo puede resultar de utilidad para aquellas personas que quieren seguir aprendiendo sobre los Sistemas de Información en un ámbito distinto.

**Palabras-clave:** Sistema de Información Geográfica, SIG, Web actual, Web Semántica, OWL, RDF, GEOSPARQL, Shapefile, Protégé, GraphBD.



**TÍTULO EN INGLÉS:  
SUBTÍTULO EN INGLÉS**

Gema Correa Fernández

**Abstract**

**Key-words:**



---

Yo, **Gema Correa Fernández**, alumna del Máster Universitario de Ingeniería Informática de la **Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación de la Universidad de Granada**, con DNI 75572158-T, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Máster en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Asimismo, el código fuente del proyecto y esta documentación pueden consultarse en la dirección <https://github.com/Gecofer/TFM> una vez defendido el TFM, para que aquellos que lo deseen puedan conocer el proyecto.

Fdo: Gema Correa Fernández

Granada a 29 de agosto de 2019



---

D. **José Samos Jiménez**, Profesor del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada.

**Informa:**

Que el presente trabajo, titulado *Integración de Información Geográfica en la Web Semántica, SUBTÍTULO*, ha sido realizado bajo su supervisión por **Gema Correa Fernández**, y autorizamos la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expiden y firman el presente informe en Granada a 29 de agosto de 2019.

**El director:**

**José Samos Jiménez**



# Agradecimientos



# Índice general

<b>1. Web Semántica</b>	<b>1</b>
1.1. Web Semántica . . . . .	1
1.1.1. Conceptos Generales . . . . .	1
1.1.2. Concepto de Web Semántica . . . . .	5
1.2. Arquitectura de la Web Semántica . . . . .	9
1.2.1. URI/IRI . . . . .	11
1.2.2. XML . . . . .	12
1.2.3. RDF . . . . .	12
1.2.4. RDF Schema . . . . .	15
1.2.5. Ontología . . . . .	16
1.2.6. Lenguajes de consulta . . . . .	19
1.3. ¿Qué no es la Web Semántica? . . . . .	22
1.4. Aplicaciones de la Web Semántica . . . . .	23
1.5. Resumen del capítulo . . . . .	25
<b>Bibliografía</b>	<b>26</b>



# Índice de figuras

1.1.	Ejemplo de la estructura HTML [1] . . . . .	2
1.2.	Evolución de la Web Semántica . . . . .	2
1.3.	Ejemplo de la búsqueda “ <i>la buena lectura</i> ” en Google . . . . .	3
1.4.	Entrada en Wikipedia para la WWW . . . . .	4
1.5.	Principios básicos de la Web Semántica [2] . . . . .	5
1.6.	Web Sintáctica vs. Web Semántica . . . . .	7
1.7.	Búsqueda semántica de “Apple” en DuckDuckGo . . . . .	8
1.8.	Búsqueda clásica de “Apple” en Google . . . . .	8
1.9.	Modelo multicapa de la Web Semántica . . . . .	10
1.10.	Estructura de la Web Semántica . . . . .	10
1.11.	Conjunto que englobas las IRI . . . . .	11
1.12.	Ejemplo de XML . . . . .	12
1.13.	Estructura de un grafo RDF . . . . .	13
1.14.	Ejemplo de grafo RDF [2] . . . . .	13
1.15.	Descripción de un recurso musical en RDF [3] . . . . .	14
1.16.	Ejemplo de tripletas [4] . . . . .	15
1.17.	Ejemplo de una ontología [5] . . . . .	17
1.18.	Nomenclatura básica ontología OWL [5] . . . . .	18
1.19.	Estructura de una consulta en SPARQL . . . . .	19
1.20.	Ejemplo de consulta de SPARQL . . . . .	20
1.21.	Respuesta a la salida de la consulta de la figura 1.20 . . . . .	20
1.22.	. . . . .	21
1.23.	Tecnologías de la Web Semántica explicadas . . . . .	22



# Índice de cuadros

1.1.	Desafíos que presenta la Web actual [4] . . . . .	4
1.2.	Ejemplos de URIs . . . . .	11
1.3.	Clases del vocabulario RDF . . . . .	14
1.4.	Propiedades del vocabulario RDF . . . . .	14
1.5.	Clases del vocabulario RDFS . . . . .	15
1.6.	Propiedades del vocabulario RDF . . . . .	16



# Capítulo 1

# Web Semántica

**RESUMEN:** En este capítulo se presenta la Web Semántica como una extensión de la Web actual que nos ayuda a encontrar respuestas a preguntas en Internet haciendo uso de la información semántica contenida en la búsqueda, gracias a una información mejor definida. Los conocimientos que adquiriramos a lo largo de este capítulo sirven como base para el posterior desarrollo del ejemplo práctico. De esta manera, dividiremos el capítulo en tres grandes apartados: el primero de ellos contextualiza y explica la Web Semántica, el segundo nos adentra en las capas de la arquitectura de la Web Semántica, y el tercero habla sobre aplicaciones y posibilidades futuras que presenta la Web Semántica.

## 1.1. Web Semántica

A continuación, vamos a introducir la definición de Web Semántica, para ello es necesario realizar un breve estudio del arte sobre la Web actual, para así comprender su origen y contexto en el que nace.

### 1.1.1. Conceptos Generales

La revolución informática, acaecida durante el siglo XX, llevó consigo la introducción de cambios severos en distintos aspectos de la sociedad. De entre todas estas transformaciones, fueron muchos los que vaticinaron un nuevo mundo, fundamentado principalmente por la aparición de la informática personal, en donde los seres humanos tendrían acceso a grandes repositorios de información [6]. Este hecho trajo consigo el desarrollo, por parte del físico Tim Berners-Lee del CERN<sup>1</sup>, de un sistema de vinculación y transferencia de documentos en red que acabaría convirtiéndose en la World Wide Web

---

<sup>1</sup>El CERN, Organización Europea para la Investigación Nuclear, es uno de los centros de investigación científica más grandes y respetados del mundo ubicado en Suiza.

(WWW) o Red Global Mundial, actualmente conocida como la **Web** [7].

A lo largo de la literatura, muchos son los autores que han definido la Web Semántica como la Web del futuro. Sin embargo, para poder comprenderla es necesario entender bien cuál es la Web actual [8]. En términos generales, la Web actual es una red informática compuesta por multitud de documentos [4]. Estos documentos son básicamente páginas Web que hacen uso del lenguaje natural para expresar sus contenidos (texto, imágenes, audios, enlaces) y de etiquetas HTML (*HyperText Markup Language*) para su interpretación en los navegadores Web (Figura 1.1).

### Estructura básica



Figura 1.1: Ejemplo de la estructura HTML [1]

En la figura 1.2 se puede apreciar como ha evolucionado la Web desde sus inicios hasta la Web Semántica (para saber más información sobre la evolución de la Web, vaya al Apéndice B: Evolución de la Web).

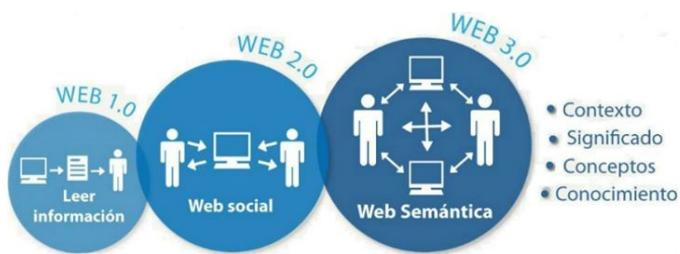


Figura 1.2: Evolución de la Web Semántica

Una de las principales causas del éxito de la Web se debe a la implantación como formato universal del lenguaje HTML (Figura 1.1). Gracias a este lenguaje, los ordenadores pueden analizar la estructura de las páginas Web, determinar cuál es la cabecera o indicar dónde hay un enlace a otra página. Sin embargo, no tienen una manera fiable de procesar la semántica de las

páginas, lo que convierte a la Web actual en una Web Sintáctica cargada de documentos HTML diseñados sólo para ser leídos por humanos [5].

La Web Sintáctica, la que usamos actualmente, hace alusión a la búsqueda de información sin interpretación del significado. Por ejemplo, si se escribe en Google la frase “*la buena lectura*”, el navegador buscará en qué páginas aparecen esas tres palabras, es decir, dicha búsqueda se hace sin tener en cuenta el significado que pueda tener la frase. Por ejemplo, en la figura 1.3 podemos apreciar como dicha búsqueda nos devuelve páginas en cuyo título aparecen al menos dos de las tres palabras de nuestra frase. Esto se debe a que el enfoque clásico de buscar en la Web se basa en similitudes y sinónimos generales de texto y palabras, además de en el uso de estadísticas, lo que dificulta limitar los resultados que un usuario desea. De esta manera, el usuario debe seguir un proceso iterativo para encontrar las palabras clave adecuadas para la obtención de los resultados esperados.

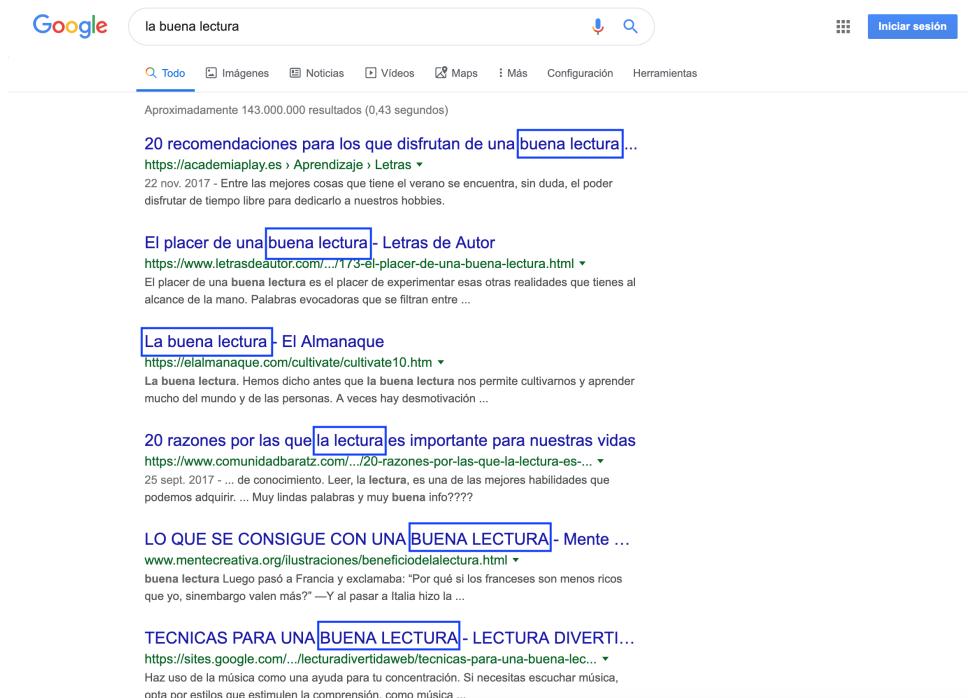


Figura 1.3: Ejemplo de la búsqueda “*la buena lectura*” en Google

Otro ejemplo para la Web podría ser el mostrado en la figura 1.4, en donde podemos ver una página Web (Wikipedia) con la descripción de la WWW [4]. La mayoría de nosotros estamos familiarizados con Wikipedia, y cuando accedemos a ella no nos supone mucha dificultad distinguir su contenido textual, sus imágenes o sus enlaces en color azul para redirigirnos a

otras páginas Web con otros contenidos totalmente distintos. Entonces *¿cómo podría una aplicación consumir datos de dos Webs distintas?* o *¿cómo sabría qué contenido leer dentro de cada página Web?* Ambas preguntas podrán ser contestadas una vez finalizado el presente trabajo.



**Figura 1.4:** Entrada en Wikipedia para la WWW

Seguidamente, una vez entendida la Web actual, es necesario comprender los desafíos que presenta (tabla 1.1). Para ello debemos empezar diciendo que la Web actual es masiva (*¿cuántos millones de páginas Web existen en la red?*), cambiante (*¿cuántos tweets se generan en un segundo?*), heterogénea (*¿cuántos millones de dispositivos independientes generan datos en un día?*) y está hecha para humanos [4].

**Cuadro 1.1: Desafíos que presenta la Web actual [4]**

<b>Heterogénea</b>	Múltiples organizaciones generan datos de forma independiente
<b>Masiva</b>	La cantidad de información existente es enorme
<b>Cambia muy rápido</b>	Cada día son publicados y borrados enormes volúmenes de información
<b>Hecha para humanos</b>	En general, una persona puede interpretar la información de una página Web

En consecuencia, podemos concluir que la Web se ha impuesto como el instrumento de uso cotidiano más potente y rápido para el intercambio y/o difusión de información en nuestra sociedad, accesible toda ella a través de Internet. No obstante, su capacidad para satisfacer necesidades específicas es limitada. Entonces, *¿es realmente accesible esta información?* Hoy

en día, existen numerosas herramientas como Google, Yahoo! o Bing que nos facilitan el acceso a esos datos [6]. Sin embargo, estas herramientas tienen dificultades a la hora de entender la información que está contenida en ellas. Asimismo, la abrumadora obtención de resultados, tanto relevantes como irrelevantes a partir de una búsqueda, denota una importante falta de precisión en la Web [4]. Este inconveniente se debe principalmente a que la Web actual carece de capacidad para expresar significados. En particular, estas herramientas miran las páginas Web como si fueran un conjunto de palabras, limitándose a recoger cadenas de caracteres indexadas en grandes bases de datos o a buscar palabras clave, y presentarlas en la pantalla del ordenador para su posterior visualización (Figura 1.3) [3]. Por lo cual, estas herramientas no son capaces de entender los elementos que forman parte de ella (lugares geográficos, actores, películas) y las relaciones existentes entre estos elementos, lo que dificulta que el ordenador no sepa realmente lo que significa la información, puesto que la mayoría de los contenidos de la Web actual están diseñados para ser leídos por humanos [5].

Por esta razón surge la Web Semántica, para proporcionar estructura al contenido semántico de las páginas Web, con la finalidad de que los contenidos puedan ser consumidos por máquinas de manera más eficiente. En el siguiente subapartado entramos en detalle en el concepto de Web Semántica.

### 1.1.2. Concepto de Web Semántica

Para comprender que es la Web Semántica, es necesario establecer los principios básicos sobre los que se asienta (figura 1.5). En el subapartado anterior se estableció el contexto en el que nace, a continuación se procede a explicar su definición.

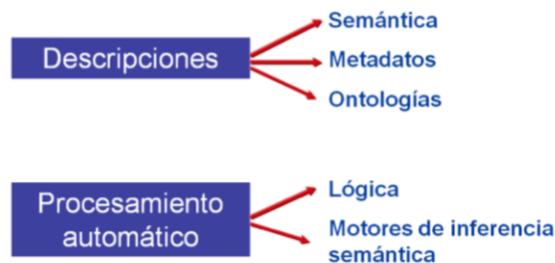


Figura 1.5: Principios básicos de la Web Semántica [2]

La **Web Semántica** es una corriente promovida también por Tim Berners-Lee, cuyo fin es lograr que las máquinas puedan entender y, por tanto, utilizar lo que la Web contiene. De ahí que se haya tomado el término *semántica*,

que desde el punto de vista lingüístico “*es la disciplina que estudia el significado de los términos*” [9]. Esta idea surge a raíz de un artículo publicado por la revista *Scientific American* en mayo de 2001, en donde Tim Berners-Lee propone una nueva forma de organizar el contenido en la Red para superar el problema de la heterogeneidad semántica y proporcionar a las computadoras contenidos Web significativos [3, 10].

En palabras de Tim Berners-Lee [8]: “*La Web Semántica es una extensión de la actual Web en la que a la información disponible se le otorga un significado bien definido que permita a los ordenadores y a las personas trabajar en cooperación. Está basada en la idea de proporcionar en la Web datos definidos y enlazados, permitiendo que aplicaciones heterogéneas localicen, integren, razonen y reutilicen la información presente en la Web*”. Considerando la definición aquí aportada, la Web Semántica se manifiesta como una evolución de la actual Web, no una sustitución ya que mantiene sus características principales (descentralización, facilidad de acceso), en donde los ordenadores son capaces de interpretar los documentos; sin hacer uso de Inteligencia Artificial ya que la semántica se encuentra en las páginas [6].

Pero, ¿cómo se traduce lo que acabamos de definir a la práctica? En la práctica, la Web Semántica es un conjunto de recomendaciones<sup>2</sup> desarrolladas por el **World Wide Web Consortium (W3C)** que es el organismo encargado de velar por la normalización en Internet y dictar los distintos estándares para la Web. El objetivo principal de este organismo reside en “*guiar a la Web hacia su máximo potencial mediante el desarrollo de protocolos y pautas comunes que promuevan su evolución y garanticen su interactividad*” [4, 3]. Dentro de la página oficial del W3C (<https://www.w3.org>), podemos encontrar otra definición para la Web Semántica: “*La Web Semántica es la representación de datos en la Web. Es un esfuerzo colaborativo liderado por W3C con la participación de un gran número de investigadores y socios industriales. Se basa en el uso de RDF, que integra una gran variedad de aplicaciones mediante el uso de XML, para la sintaxis y el uso de URLs para su identificación*” [6]. Considerando la definición expuesta, los términos mencionados aquí se escapan de los conocimientos aprendidos hasta ahora, en donde las tecnologías nombradas serán tratadas en sucesivos apartados, ya que la W3C recomienda el uso de RDF (*Resource Description Framework*) y OWL (*Ontology Web Language*) para la construcción de la Web Semántica.

De igual manera, nos encontramos a lo largo de la literatura más definiciones de Web Semántica, si bien todas guardan un nexo en común y es el de dotar de mayor significado a la Web actual a través de lenguajes uni-

---

<sup>2</sup>Una recomendación es una descripción formal de una tecnología que debe ser utilizada por todos.

versales que resuelvan los problemas ocasionados por una Web carente de semántica en la que a veces el acceso a la información se convierte en una tarea difícil [11]. Para ello, se desarrollan y usan lenguajes que facilitan la introducción en la Web de contenido legible por las máquinas [7]. Entonces, *¿cuáles son los requisitos esenciales para que una Web de datos pueda ser accedida y entendida tanto por ordenadores como por personas?* [4]:

1. Se necesita disponer de un **lenguaje que permita especificar los recursos de la Web y las relaciones que existen entre ellos**. Con esto, lo que se pretende es desarrollar una Web más cohesionada en donde sea más fácil localizar, compartir e integrar información para sacar un mayor partido a los recursos disponibles. Para conseguir este objetivo es necesario que un sistema automático sea capaz de sacar sus propias conclusiones respecto a las búsquedas realizadas.
2. Se necesita poder consultar esos datos mediante aplicaciones computacionales. Para ello es necesario disponer de un **lenguaje para describir consultas procesables por un computador** para su entendimiento y ser capaz de sacar conclusiones a partir de los datos de manera automática. Con esto se pretende explorar la Web de forma más automática y obtener resultados más enfocados.

A partir de los conceptos explicados hasta ahora, la implantación de la Web semántica frente a la actual Web supone un cambio de paradigma, ya que tiene que pasarse de una Web basada y creada en lenguaje natural a una Web estructurada y organizada, en donde los contenidos etiquetados semánticamente serán el elemento principal [8]. En la figura 1.6 podemos ver la diferencia que hay entre ambos tipos de Web. Se observa como el esquema de la izquierda de la actual Web está basado en los enlaces con los que accedemos a otras páginas, mientras que en la Web Semántica (esquema de la derecha) disponemos de información relevante.

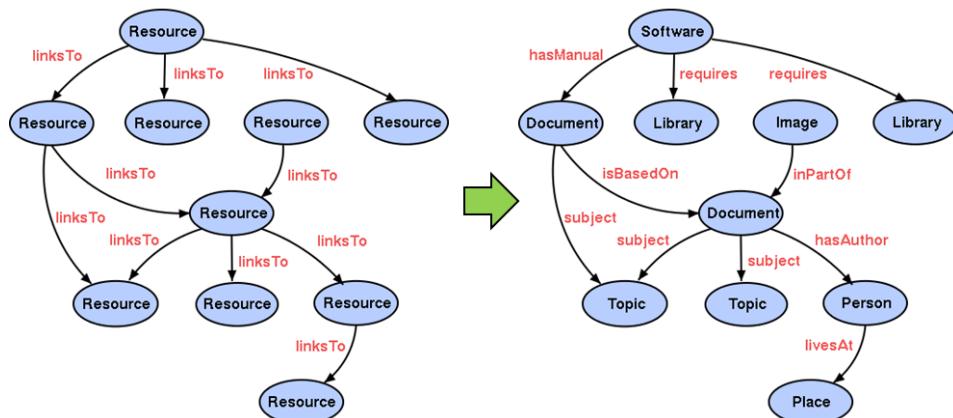


Figura 1.6: Web Sintáctica vs. Web Semántica

## 1.1. Web Semántica

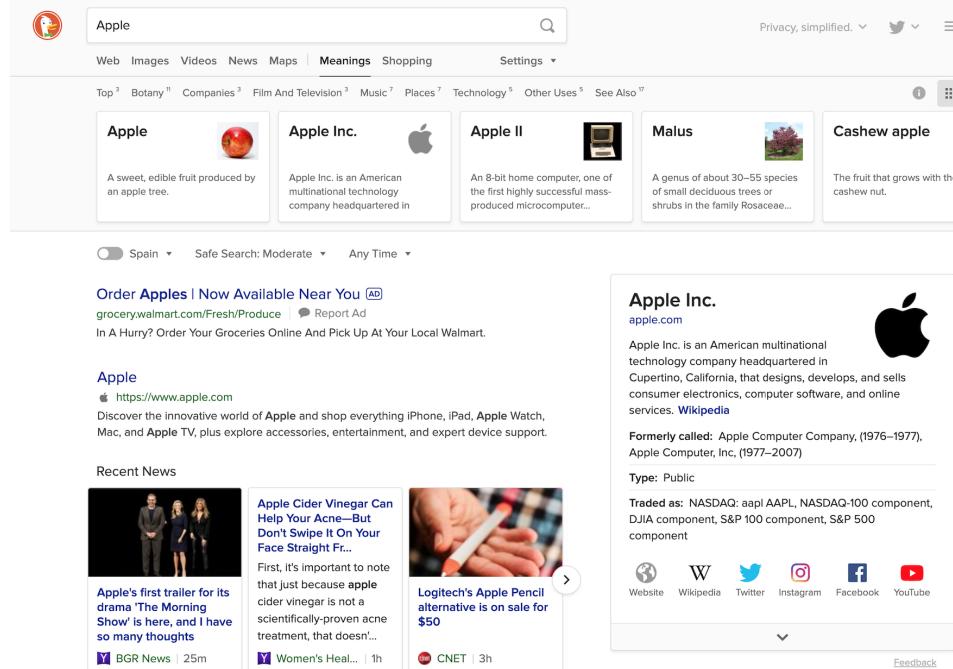


Figura 1.7: Búsqueda semántica de “Apple” en DuckDuckGo

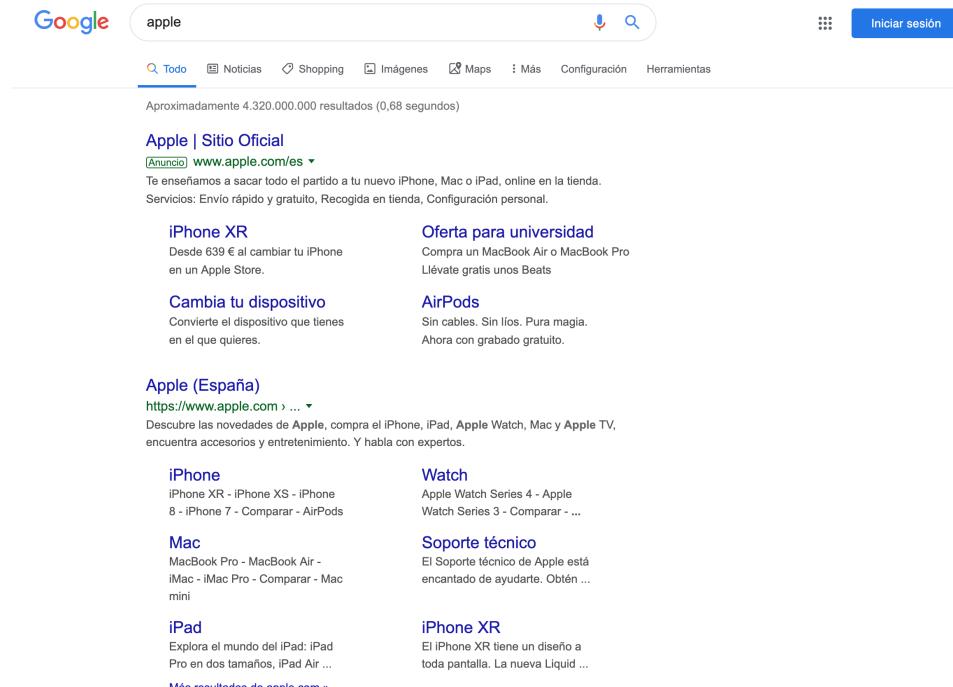


Figura 1.8: Búsqueda clásica de “Apple” en Google

Por otro lado, para comprender los conceptos hasta aquí tratados, vamos a ver un ejemplo de buscador semántico. En Internet existen muchos buscadores de este tipo, de entre todas las posibilidades revisadas [12] nos hemos quedado con dos: *Swoogle* (<http://swoogle.umbc.edu/2006/>) y *DuckDuckGo* ([https://duckduckgo.com/?t=h\\_](https://duckduckgo.com/?t=h_)), pero debido a que el primero no ha funcionado, hemos hecho una pequeña demostración con el segundo. **DuckDuckGo** es un motor de búsqueda semántico rico en funciones, tiene innumerables razones para dejar atrás a Google. Respecto a las búsquedas, podemos encontrar una búsqueda clásica, búsqueda de información y/o compras, entre otros. Si se busca un término que tiene más de un significado, nos da la oportunidad de elegir lo que estamos buscando originalmente, con sus distintos resultados o significados. Por ejemplo, la búsqueda del término *Apple*, en un navegador con idioma inglés, ofrece una larga lista de posibles significados, entre los que podemos destacar la fruta, la empresa tecnológica y muchos otros. Además, los clasifica en categorías, como se puede observar en la figura 1.7. Sin embargo, la búsqueda para el término *Apple* en un buscador sintáctico como puede ser Google, nos ofrece de primeras sólo la empresa tecnológica, ya que debido a estadísticas se obtiene que esa es la similitud con mayor porcentaje para mostrar de primeras (figura 1.8).

Por tanto, después de haber analizado este ejemplo podemos concluir que la mayoría de los contenidos de la Web de hoy en día están diseñados para que los humanos los lean, no para que los programas de software procesen la semántica de manera significativa. Es por eso que nace la Web Semántica, para llevar estructuras a los contenidos significativos de las páginas Web y permitir que los programas de software procesen y comprendan los datos en las páginas. En donde, dichas tecnologías tratan de aportar información extra a los recursos Web, proporcionando contenidos con significado que permitan mejorar la interoperabilidad entre los Sistemas Informáticos [2]. A través de la Web Semántica, los programas de software pueden usar colecciones estructuradas de información y conjuntos de reglas de inferencia para realizar razonamientos automatizados [10].

Con esto hemos terminado de definir el concepto de Web Semántica, a continuación se explican las capas que componen su arquitectura, tecnologías usadas en la prueba de concepto que se verá en el siguiente capítulo.

## 1.2. Arquitectura de la Web Semántica

¿Cuáles son los estándares para la Web Semántica? En la figura 1.9 se muestra la arquitectura de la Web Semántica tal y como la definió Berners-Lee. Se trata de una estructura de capas, donde cada nivel resulta un requisito previo para el siguiente [8]:

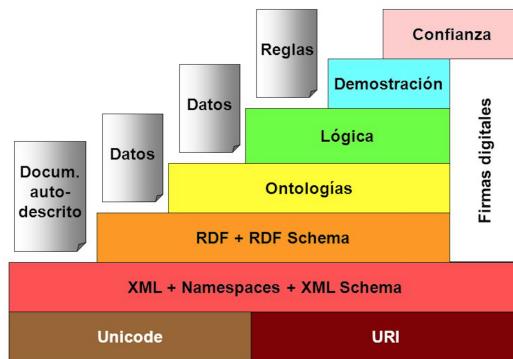


Figura 1.9: Modelo multicapa de la Web Semántica

1. **Unicode, URI, XML y RDF:** los tres primeros niveles hacen referencia a la base y los estándares en los que se sustenta su desarrollo, ya que permiten convertir la Web en una infraestructura global para compartir y reutilizar datos y documentos entre diferentes usuarios.
2. **Ontologías:** capa donde reside el contenido semántico del sistema.
3. **Lógica:** en esta capa a partir de la estructura semántica generada con las ontologías y los metadatos, se realizan las inferencias lógicas; sin embargo, actúan como freno para la Web Semántica ya que comportan una infraestructura que actualmente es difícil de realizar a gran escala.
4. **Seguridad y Confianza:** son las dos últimas capas más rápidas en implantarse, ya que la confianza y la seguridad son elementos clave de cualquier arquitectura.

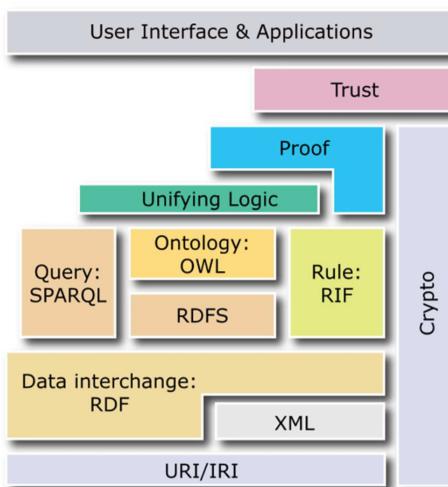


Figura 1.10: Estructura de la Web Semántica

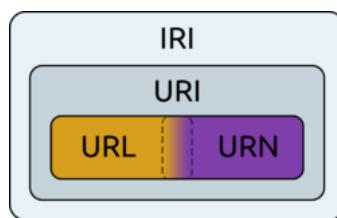
La figura 1.9 no es la única forma de representación de las capas de la arquitectura para la Web Semántica, sino que a lo largo de los años han surgido modelos similares. En el presente trabajo nos vamos a centrar en otro esquema (figura 1.10), el cual ha sido explicado en los cursos a los que he asistido durante este año. Así que a partir del esquema de la figura 1.10, vamos a describir las tecnologías o capas de carácter importante que se utilizan durante el desarrollo del presente trabajo: URI/IRI, XML, RDF, RDF Schema, Ontología (OWL) y SPARQL (GeoSPARQL).

### 1.2.1. URI/IRI

URI/IRI son los identificadores de la Web (figura 1.11). Es el primer elemento necesario para el acceso a los recursos de la Web, los cuales pueden ser identificados únicamente en cualquier idioma, a través del uso de Unicode e identificadores URI [2]. El **URI** (*Uniform Resource Identifier*) es una secuencia compacta de caracteres que identifican un recurso abstracto o físico que no tiene porqué existir en la Web. En la tabla 1.2 se observan algunos ejemplos de URIs [13].

**Cuadro 1.2: Ejemplos de URIs**

Ejemplo	Descripción
<code>ftp://ftp.is.co.za/rfc/rfc1808.txt</code>	Esquema FTP para servicios de protocolo de transferencia de archivos
<code>mailto:mduerst@ifi.unizh.ch</code>	Esquema MAILTO para direcciones de correo electrónico
<code>telnet://melvyl.ucop.edu/</code>	Esquema TELNET para servicios interactivos a través del protocolo TELNET



**Figura 1.11: Conjunto que englobas las IRI**

El **IRI** (*International Resource Identifier*) se puede utilizar para encontrar diferentes tipos de recursos, como documentos, personas, objetos físicos y conceptos abstractos. Las URL que usamos como direcciones Web son una forma de IRI que sí existen en la Web. Además el IRI nace como

como complemento del URI, debido a que los IRI son identificadores globales, los usuarios pueden reutilizarlos para identificar lo mismo [10].

### 1.2.2. XML

**XML** (*Extensible Markup Language*) es un lenguaje de marcas, derivado de SGML<sup>3</sup>, pensado para ser utilizado en el entorno Web y para ser usado en la descripción sintáctica de los recursos, es decir, es la herramienta utilizada para estructurar y presentar los contenidos Web (figura 1.12). No obstante, ofrece una capacidad limitada para expresar semántica (no tiene etiquetas predefinidas), por lo que es necesario utilizar lenguajes que permitan imponer restricciones semánticas para descripciones completas [2].

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<ProductInformation ExportTime="2010-11-23 23:56:40" ExportContext="german" ContextID="german" WorkspaceID="Test" id="1" parent="0">
- <AnalyzerResult>
- <AnalyzerLists>
- <AnalyzerList name="items.added">
<AnalyzerElement ItemID="product?id=123456" ProductID="123456" />
<AnalyzerElement ItemID="product?id=789" ProductID="789" />
</AnalyzerList>
- <AnalyzerList name="items.deleted">
<AnalyzerElement ItemID="product?id=111111" ProductID="111111" />
<AnalyzerElement ItemID="product?id=222222" ProductID="222222" />
</AnalyzerList>
- <AnalyzerList name="items.dummy_test">
<AnalyzerElement ItemID="product?id=test1" ProductID="test1" />
<AnalyzerElement ItemID="product?id=test2" ProductID="test2" />
</AnalyzerList>
</AnalyzerLists>
- <AnalyzerDummyTest>
<AnalyzerDummyTest name="Dummy not processed" />
</AnalyzerDummyTest>
</AnalyzerResult>
- <Products>
- <Product id="123456" name="Product A">
- <MetaData>
<Value AttributeID="AttrA">false</Value>
<Value AttributeID="AttrB">true</Value>
<Value AttributeID="AttrShortName">Product A Short Name</Value>
<Value AttributeID="AttrLongName">Product A Long Name</Value>
</MetaData>
</Product>
- <Product id="789" name="Product B">
- <MetaData>
<Value AttributeID="AttrA">true</Value>
<Value AttributeID="AttrB">false</Value>
<Value AttributeID="AttrShortName">Product B Short Name</Value>
<Value AttributeID="AttrLongName">Product B Long Name</Value>
</MetaData>
</Product>
</Products>
</ProductInformation>
```

Figura 1.12: Ejemplo de XML

### 1.2.3. RDF

**RDF** (*Resource Description Framework*) es una familia de especificaciones W3C originalmente diseñada como un modelo de datos de metadatos (datos sobre datos) extendida de XML, pero no es estrictamente un formato XML, y tampoco se trata solo de metadatos. Es un método general para descomponer cualquier tipo de conocimiento en piezas pequeñas, con algunas reglas sobre la semántica o el significado de esas piezas [10]. Es el estándar

---

<sup>3</sup>SGML (*Standard Generalized Markup Language*) es un lenguaje para marcar y describir documentos con independencia total del hardware y software utilizados.

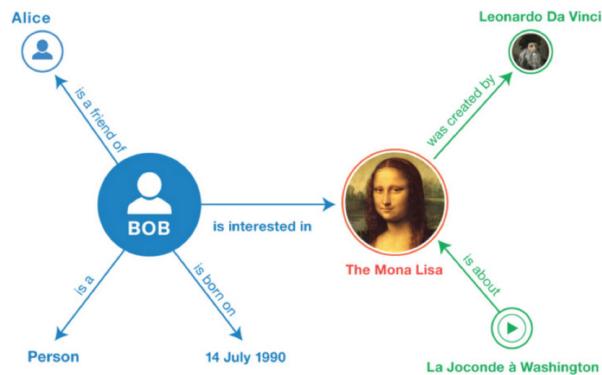
más popular y extendido en la comunidad Web; proporciona un entorno para expresar la información de un recurso Web de tal forma que pueda ser intercambiada entre aplicaciones sin pérdida de significado, es decir, es una manera de darle la información desmenuzada al ordenador para que la entienda e identifique cada parte de la sentencia esté en el orden que esté [2].

La estructura central del RDF es un conjunto de triples (tripletas), que se conoce como grafo RDF y que consta de tres componentes, en donde cada miembro puede ser una referencia a un símbolo (generalmente representado por un URI), que tiene un significado bien definido [3]. La figura 1.13 ilustra los tres componentes de un grafo RDF, y la figura 1.14 muestra un ejemplo.



**Figura 1.13: Estructura de un grafo RDF**

1. **Sujeto:** es el recurso, es decir, todo aquello que puede ser descrito.
2. **Predicado:** introduce la propiedad que va a detallarse sobre el recurso.
3. **Objeto:** es el valor de dicha propiedad.



**(a) Grafo RDF**

```

<Bob> <is a> <person>.
<Bob> <is a friend of> <Alice>.
<Bob> <is born on> <the 4th of July 1990>.
<Bob> <is interested in> <the Mona Lisa>.
<the Mona Lisa> <was created by> <Leonardo da Vinci>.
<the video 'La Joconde à Washington'\> <is about> <the Mona Lisa>
  
```

**(b) Ejemplo RDF Tripletas**

**Figura 1.14: Ejemplo de grafo RDF [2]**

Básicamente RDF es un conjunto de declaraciones que definen clases y propiedades de los recursos. En la tabla 1.3 y 1.4 se muestra el vocabulario empleado por RDF [14]:

**Cuadro 1.3: Clases del vocabulario RDF**

CLASE	DESCRIPCIÓN
<code>rdf:XMLLiteral</code>	La clase de los valores literales de los valores literales XML
<code>rdf:Property</code>	La clase de las propiedades RDF
<code>rdf:Statement</code>	La clase de las declaraciones RDF
<code>rdf:Bag</code>	La clase de los contenedores desordenados
<code>rdf:Seq</code>	La clase de los contenedores ordenados
<code>rdf:Alt</code>	La clase de los contenedores de alternativas
<code>rdf&gt;List</code>	La clase de las listas RDF

**Cuadro 1.4: Propiedades del vocabulario RDF**

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
<code>rdf:type</code>	El sujeto es una instancia de una clase
<code>rdf:first</code>	El primer item en la lista RDF del sujeto
<code>rdf:rest</code>	El resto de la lista RDF del sujeto después del primer item
<code>rdf:value</code>	Propiedad idiomática usada para valores estructurados
<code>rdf:subject</code>	El sujeto de la declaración RDF del sujeto
<code>rdf:predicate</code>	El predicado de la declaración RDF del sujeto
<code>rdf:object</code>	El objeto de la declaración RDF del sujeto

En la figura 1.15 podemos ver un ejemplo de RDF a partir del vocabulario que acabamos de ver en las tablas anteriores.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:cd="http://www.recshop.fake/cd#"
  <rdf:Description
    rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Empire
    Burlesque">
    <cd:artist>Bob Dylan</cd:artist>
    <cd:country>USA</cd:country>
    <cd:company>Columbia</cd:company>
    <cd:price>10.90</cd:price>
    <cd:year>1985</cd:year>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

El elemento `<rdf:Description>` contiene la descripción del **recurso** <http://www.recshop.fake/cd/Empire>. *Burlesque*. Los elementos `<cd:artist>`, `<cd:country>`, `<cd:company>`, etc. son las **propiedades** del recurso. Y Bob Dylan, USA, Columbia, etc. son los **valores** de esas propiedades.

**Figura 1.15: Descripción de un recurso musical en RDF [3]**

En la figura 1.16 se muestra otro ejemplo de tripletas que indican la relación entre un recurso, nombre del recurso y geometría, es decir, en este caso el sujeto es el *Recurso* que tiene la propiedad *Nombre* cuyo valor es *Quito*, además *Recurso* tiene la propiedad *TieneGeometria* cuyo valor es *Punto* y finalmente se indica que el sujeto *Punto*, tiene la propiedad *WKT* que indica el formato de la geometría, cuyo valor es *POINT(-78.52495 -0.22985)* [4].

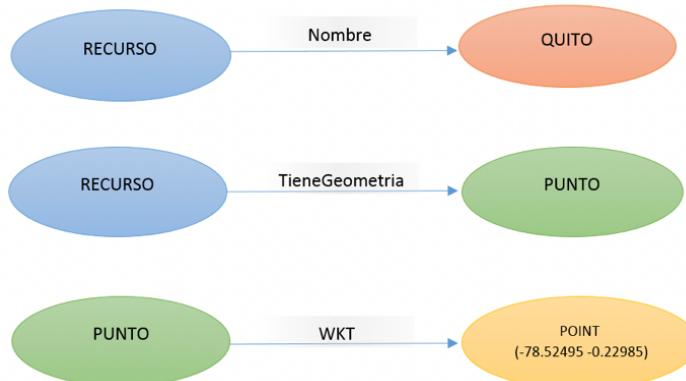


Figura 1.16: Ejemplo de tripletas [4]

Por tanto, se entiende que RDF es a la semántica lo que XML es a la sintaxis, ya que XML responde a la necesidad de representar sintácticamente el modelo planteado por RDF para archivos entendibles por ordenador [3].

#### 1.2.4. RDF Schema

**Esquema RDF o RDFS (RDF Schema)** es una extensión semántica que enriquece a RDF. Es un vocabulario que permite definir un primer sistema de jerarquías entre las clases de recursos, especificando las propiedades y relaciones admitidas entre ellas, es decir, permite a los usuarios definir características semánticas de los datos RDF y comprobar las restricciones semánticas [3, 10, 2]. Igual que se han definido para RDF, existe un vocabulario empleado por RDFS (tablas 1.5 y 1.6) [14].

Cuadro 1.5: Clases del vocabulario RDFS

CLASE	DESCRIPCIÓN
rdfs:Resource	La clase de recurso, cada uno
rdfs:Literal	La clase del valor literal, por ejemplo, cadenas de texto y números enteros
rdfs:Class	La clase de las clases
rdfs:Datatype	La clase de los tipos de datos RDF
rdfs:Container	La clase de los contenedores RDF

Cuadro 1.6: Propiedades del vocabulario RDF

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
<b>rdfs:subClassOf</b>	El sujeto es una subclase de una clase
<b>rdfs:subPropertyOf</b>	El sujeto es una subpropiedad de una propiedad
<b>rdfs:domain</b>	Un dominio de la propiedad del sujeto
<b>rdfs:range</b>	Un rango de la propiedad del sujeto
<b>rdfs:label</b>	Un nombre para el sujeto legible por seres humanos
<b>rdfs:comment</b>	Una descripción del recurso sujeto
<b>rdfs:member</b>	Un miembro del recurso sujeto
<b>rdfs:seeAlso</b>	Más información sobre el recurso sujeto
<b>rdfs:isDefinedBy</b>	La definición del recurso sujeto.

Sin embargo, RDFS tiene limitaciones al carecer de expresividad para: información negativa (las mujeres no son hombres), cuantificadores (para que alguien sea considerado madre debe tener al menos un hijo), cardinalidad (un buen estudiante tiene que tener aprobadas más de 4 asignaturas) y no permite atributos de propiedades (transitiva, simétrica, inversa). Por todo esto y más, no se considera lo bastante completo para describir los recursos de la Web con el detalle necesario, pero se utiliza porque se puede emplear en muchos dominios y actuar de puente entre vocabularios [2].

### 1.2.5. Ontología

La **ontología** es un concepto filosófico adoptado por la Informática, que parte de la metafísica y que trata del ser en general y de sus propiedades trascendentales [5]. Se trata de un esquema conceptual que define los términos a utilizar para describir y representar un área de conocimiento dado, con el objetivo de facilitar la comunicación entre diferentes entidades, es decir, codifican el conocimiento de un dominio y de esta manera hacen el conocimiento reutilizable [7]. Así, definen de forma estándar y consensuada un vocabulario de conceptos como las relaciones entre ellos dentro de un área concreta del conocimiento, formando redes jerárquicas semánticas y recogiendo reglas lógicas y restricciones para hacer comprender a las máquinas los conceptos de un determinado campo. Por ejemplo, *una ontología de arte establece que todos los escultores son artistas pero no todos los artistas son escultores* [3]. En una ontología nos podemos encontrar [2, 5]:

- **Conceptos:** sujetos básicos que se intentan formalizar sobre cualquier tipo de clase. En una ontología de deportes, cada clase sería un deporte: natación, baloncesto, tenis.
- **Relaciones:** enlace entre los conceptos, cómo interactúan los conceptos del dominio (subclase-de, parte-de).

- **Propiedades:** definen características o atributos de los conceptos.
- **Instancias:** objetos particulares de un concepto.
- **Funciones:** tipo de relación en la que el elemento es el resultado de la aplicación directa de una operación sobre varios conceptos de la ontología.
- **Axiomas:** teoremas que se declaran sobre relaciones, y que deberán cumplir los elementos de la ontología. Es la clave de la inferencia de conocimiento. Por ejemplo, *si A conoce B, B conoce A*.
- **Constantes:** permiten representar valores primitivos como cadenas de caracteres o valores numéricos
- **Restricciones:** descripciones sobre qué debe cumplirse para que un axioma sea cierto.

Una vez visto el concepto de ontología y su posible aplicación a la Web Semántica, es posible pasar a explicar OWL.

## OWL

**OWL (Lenguaje de Ontologías Web)** es un lenguaje ontológico para la Web Semántica con significado formalmente definido, sirve para definir ontologías Web estructuradas y provee de más vocabulario para la descripción de propiedades y clases, por ejemplo: relaciones entre clases, cardinalidad, equivalencia y características de propiedades (figura 1.17). Realmente, OWL es una extensión del lenguaje RDF y emplea triplets de RDF (figura 1.18), aunque es un lenguaje con más poder expresivo [2].

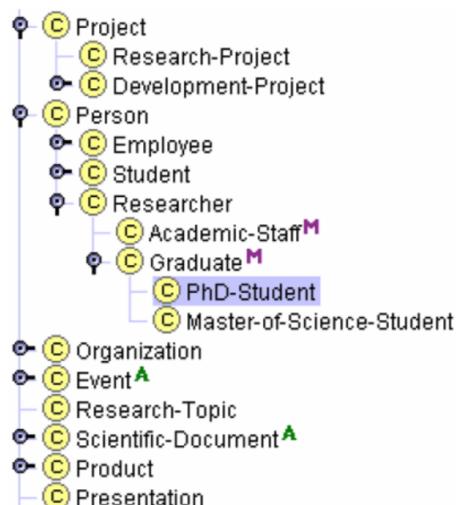


Figura 1.17: Ejemplo de una ontología [5]

Ontologías	OWL	Protégé
Instancias	Individuos	Casos (Individuals)
Relaciones	Propiedades	Slots
Conceptos	Clases	Clases

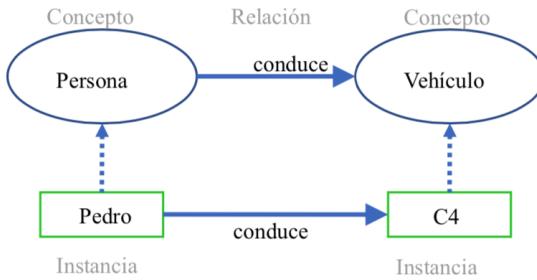


Figura 1.18: Nomenclatura básica ontología OWL [5]

En Octubre de 2009 nace *OWL 2 Web Ontology Language* como recomendación del W3C para la edición de ontologías, extensión de la primera versión OWL 1 publicada en 2004. OWL 1 proporciona tres lenguajes, cada uno con nivel de expresividad mayor que el anterior, diseñados para ser usados por comunidades específicas de desarrolladores y usuarios [15]. En OWL 2 se definen tres nuevos perfiles y se proporcionan tres sublenguajes que ofrecen ventajas en escenarios particulares, todos más restrictivos que OWL DL y cada uno con diferentes aspectos expresivos a cambio de diferentes beneficios computacionales y/o de implementación [2].

- **OWL Lite:** diseñado para aquellos usuarios que necesitan principalmente creación de jerarquías y restricciones simples.
- **OWL DL:** es el lenguaje habitual de ontologías diseñado para aquellos usuarios que quieren la máxima expresividad conservando completitud computacional, es decir, está basado en lógica descriptiva y proporciona la máxima capacidad de expresión para garantizar computabilidad y decidibilidad (todas las conclusiones pueden ser deducidas y todos los cálculos se realizan en un tiempo finito).
- **OWL Full:** diseñado para aquellos usuarios que quieren máxima expresividad y libertad sintáctica de RDF sin garantías computacionales, es decir, permite expresividad de segundo orden, pero sin decidibilidad (no hay garantía computacional).

Por otro lado, todas las ontologías deben de cumplir unas características: sintaxis bien definida, semántica específica, expresividad, fácilmente traducible entre los lenguajes ontológicos y eficiencia para realizar razonamientos [5].

No obstante, escribir en lenguajes como RDF y OWL resultan sumamente difícil y propensos a errores. Afortunadamente, existen en el mercado entornos gráficos para visualizar y construir ontologías de forma más razonable, como **Protegé**, software desarrollado por la Universidad de Stanford. Permite editar ontologías con una interfaz sencilla y en un entorno de menús, botones, cuadros de diálogo o representaciones gráficas fáciles de usar, tan importantes para una tarea tal de abstracción y síntesis.

#### 1.2.6. Lenguajes de consulta

Por último, nos queda presentar dos lenguajes de consulta semántica: SPARQL, estándar ampliamente utilizado para consultar datos RDF y GeoSPARQL, extensión de SPARQL que admite operaciones geoespaciales.

##### SPARQL

**SPARQL** se trata de un lenguaje estandarizado por la W3C clave para el desarrollo de la Web Semántica, permite escribir de manera precisa la información que queremos extraer y que es procesable por un computador, es decir, es una especificación que ofrece un lenguaje y protocolos para consultar y manipular RDF [14]. En la figura 1.19, podemos encontrar una consulta básica de selección SPARQL. Entre las características de SPARQL, resaltan:

- Lenguaje de consulta.
- Formato XML, JSON, CSV y TSV para resultados en una consulta.
- Actualización de grafos RDF.
- Protocolo para RDF.
- Descubrir información acerca de la información almacenada (dataset).
- Manejo de grafos mediante el protocolo HTTP.

**Select** <a sequence of variables>

**Where**

{

<triplepattern>

**Filter** (<Boolean expression>)

}

**Figura 1.19:** Estructura de una consulta en SPARQL

Un ejemplo simple de una consulta SELECT se encuentra en la figura 1.20, en donde se quieren obtener de la Dbpedia, los ingenieros que viven en ciudades con una población de más de 10000000 habitantes. En la figura 1.21 se puede observar la salida a dicha consulta [14].

```
PREFIX dbo: <http://dbpedia.org/ontology/>
SELECT ?eng ?bigcity
WHERE {
    ?eng dbo:residence ?bigcity.
    ?eng a dbo:Engineer.
    ?bigcity dbo:populationTotal ?population.
    FILTER (?population > 1000000).
}
```

Figura 1.20: Ejemplo de consulta de SPARQL

eng	bigcity
<http://example.org/people/Joe>	<http://dbpedia.org/resource/Prague>

Figura 1.21: Respuesta a la salida de la consulta de la figura 1.20

Como hemos comentado anteriormente, la herramienta Protegé nos permite construir ontologías de manera más sencilla y rápida, sin embargo, también nos ofrece herramientas para realizar consultas con SPARQL. Entonces, SPARQL está bien establecido y es un lenguaje ampliamente utilizado para consultar ontologías RDF, pero carece de las construcciones necesarias para consultar datos espaciales. Afortunadamente, disponemos del estándar: Geo-SPARQL.

### GeoSPARQL

**GeoSPARQL** es un estándar establecido por *Open Geospatial Consortium* (OGC) (OGC11-052r4 2012). Es una extensión del lenguaje de consulta SPARQL para recuperar información geoespacial de conjuntos de datos RDF en la Web Semántica [10]. Entre sus características podemos encontrar [7]:

- Vocabulario RDF/OWL para representar información geoespacial.
- Funciones extensión a SPARQL para cálculos espaciales.
- Conjunto básico de clases, propiedades y tipo de datos que son utilizados para construir patrones de consulta.

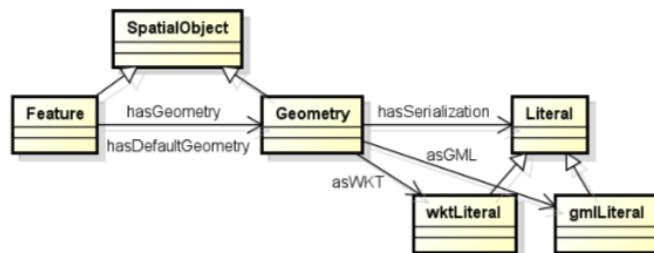


Figura 1.22

OBJETO	DESCRIPCIÓN
<code>sfEquals</code>	espacialmente igual
<code>sfDisjoint</code>	disjunto (no puede tocar)
<code>sfIntersects</code>	compartir al menos un punto
<code>sfTouches</code>	tocar externamente
<code>sfWithin</code>	dentro (puede tocar el límite)
<code>sfContains</code>	el inverso de sfWithin
<code>sfOverlaps</code>	algunos puntos comunes, misma dimensión
<code>sfCrosses</code>	p.ej. área cruza la línea

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
<code>distance</code>	la distancia de dos literales geométricos medidos en unidades dadas
<code>buffer</code>	literal de geometría como un literal de entrada con un buffer agregado, dado el radio y las unidades del buffer
<code>convexHull</code>	el casco convexo de un literal de geometría
<code>intersection</code>	la intersección de dos literales de geometría
<code>union</code>	unión de dos literales de geometría
<code>difference</code>	la diferencia de dos literales de geometría
<code>symDifference</code>	establecer la diferencia simétrica de dos literales de geometría
<code>envelope</code>	el cuadro delimitador de un literal de geometría
<code>boundary</code>	el límite de un literal de geometría
<code>getsrdf</code>	URI del sistema de referencia espacial de un literal de geometría

Para saber acerca del estándar y de su uso

En el apartado siguiente, haremos uso de este lenguaje para la obtención de la información geoespacial deseada, donde nos centraremos en varios ejemplos prácticos, y su uso de cara al futuro.

En la figura 1.23 podemos apreciar el recorrido que hemos hecho por las distintas capas que tiene la arquitectura para la Web Semántica. Como el resto de capas no resultan relevantes para nuestro proyecto, se ha obtenido por no exponerlas, para así enfocar el presente trabajo en el objetivo planteado al principio del trabajo.

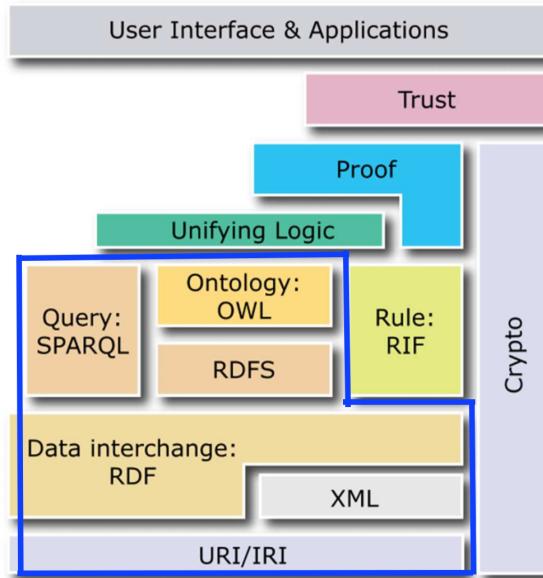


Figura 1.23: Tecnologías de la Web Semántica explicadas

### 1.3. ¿Qué no es la Web Semántica?

Una vez expuestos los contenidos que comprenden la Web Semántica, es necesario enfatizar qué no es la Web Semántica, con el objeto de evitar posibles confusiones futuras. Durante el presente trabajo, hemos hablado que la Web Semántica es una extensión de la actual Web, por tanto hablaremos que una Web no es Semántica cuando sea diferente a la actual Web y tenga estándares incompatibles con la Web actual [11]. Además, debe seguir cumpliendo las características que conforman la Web, puesto que una Web de navegación compleja no transparente y difícil de usar para usuarios finales, tampoco entraría dentro de lo que llamamos Web Semántica. Además, no todos los navegadores hacen uso de búsquedas semánticas, ya que la mayoría se basan por similitudes con las palabras usadas para la búsqueda sin hacer uso de la interpretación de la información.

## 1.4. Aplicaciones de la Web Semántica

Prototipo de un sistema semántico de diagnosis para congestiones de tráfico en carretera desarrollado por IBM (68), donde se presenta un prototipo que analiza de forma semántica y mediante enfoques de inteligencia artificial el histórico de congestiones de trafico para determinar las causas de situaciones inesperadas en casi tiempo real de la situación del trafico en la ciudad de Dublín.

Aplicación de la Web Semántica en Trafico

Reino Unido ([data.gov.uk](http://data.gov.uk))

El principal ejemplo encontrado con información de tráfico es el proporcionado desde el apartado transporte de la iniciativa de datos gubernamentales del Reino Unido (58), que permite consultar la información sobre estaciones de tren, aeropuertos y paradas de autobús entre otros, mediante consultas SPARQL. Por ejemplo para las estaciones de tren, se pueden lanzar las consultas mediante una interfaz similar a la de la ilustración, obteniendo el listado de las estaciones resultantes en diferentes formatos disponibles (ilustración 19):

Desde [data.gov.uk](http://data.gov.uk), también se puede acceder a información como los datos de tráfico, eventos planeados y no planeados en (59) pero esta vez en formato XML, siguiendo la estructura propuesta por DATEX II v1.0. El ejemplo de futuros eventos planificados puede consultarse en (60). Otra información disponible son los datos relativos a los conteos de tráfico en una región, pero estos sólo están disponibles en CSV o bien en PDF, sin integrar tampoco formatos RDF. Se pueden consultar desde (61).

Estos ejemplos, son interesantes debido al tipo de información que publican, pero es necesario destacar que no se utilizan estándares de Web Semántica en la publicación de los datos, con lo que no se alcanzarían las 4 estrellas de la escala comentada en el apartado 4.2 Linked Data.

Directarios y catálogos de documentos. [Openguides.org](http://www.openguides.org) [www.dmoz.org](http://www.dmoz.org)  
Redes Sociales. FOAF <http://www.foaf-project.org/> Buscadores semánticos.  
<http://www.aktors.org/technologies/csaktivespace/>

Buscadores Semánticos: Satisfacer las expectativas de búsqueda de usuarios que requieren resultados precisos.

Actualmente ya son numerosas las aplicaciones que de una forma u otra se basan en tecnologías semánticas para la Web. A continuación ilustraremos tres casos de naturaleza diversa para mostrar el potencial que todavía alberga la Web.

- **Producción científica.** Uno de los pilares para el avance de la ciencia es la publicación de los resultados de la experimentación científica para que puedan ser contrastados y corroborados por la comunidad científica y para que a su vez puedan ayudar a avanzar en otras líneas de investigación. El portal GoPubMed, por ejemplo, ofrece un busca-

dor semántico de publicaciones científicas en el área de la biomedicina. Está conectado con la Gene Ontology, una ontología que unifica y estructura la terminología sobre genes y productos génicos de un amplio número de organismos. Con GoPubMed se pueden localizar los textos relevantes para una búsqueda no únicamente por la ocurrencia de determinadas palabras clave sino por la relación semántica existente entre conceptos biomédicos.

La publicación no solo de los resultados de una investigación sino también de los datos experimentales sobre los que se ha basado permitirá una mayor colaboración y transparencia en el ámbito de la investigación científica. Proyectos financiados por la Unión Europea, como OpenKnowledge o LiquidPub, han investigado formas novedosas de colaboración y publicación distribuida en la Web que apuntan a que vamos a ser testigos de un cambio importante en cómo se publican, se comparten y se diseminan los resultados científicos.

- **Gobiernos abiertos.** Numerosos gobiernos nacionales están impulsando iniciativas de «gobierno abierto», haciendo públicos los conjuntos de datos en su posesión para promover la transparencia, aumentar la eficiencia administrativa y estimular el crecimiento económico. La combinación de estos datos mediante mashups –aplicaciones web que combinan datos y funcionalidades de diferentes fuentes– permite realizar consultas y presentar sus resultados de forma novedosa y creativa. En 2009, en una localidad del estado de Ohio, en Estados Unidos, un abogado creó un mashup que combinaba los datos públicos sobre la ubicación de las tuberías de agua corriente con los datos obtenidos del censo municipal sobre qué viviendas estaban habitadas por familias afroamericanas. El mapa resultante reveló que, en determinados barrios limítrofes, el ayuntamiento claramente discriminaba a los hogares afroamericanos. En consecuencia, un juez decretó una indemnización por daños y perjuicios.
- **Colaboración popular masiva.** LinkedGeoData es una iniciativa para añadir una dimensión espacial a los datos publicados en la web semántica y se basa en la información recogida por el proyecto OpenStreetMap, un mapa mundial abierto al que cualquiera puede añadir datos, al estilo de Wikipedia. A finales del 2009 muy pocas áreas de la ciudad de Port-au-Prince en Haití estaban etiquetadas. Pero justo después del gran terremoto de enero de 2010, cuando se hicieron públicas imágenes de satélite del país, miles de personas estudiaron estas imágenes y comenzaron a anotar en el OpenStreetMap información detallada sobre las zonas devastadas: carreteras bloqueadas, edificios dañados, ubicación de campos de refugiados y hospitales de campaña, muelles en los que atracaban los barcos con ayuda humanitaria, etc.

Todos estos datos fueron de gran utilidad para los equipos de rescate que sobre el terreno consultaban esta información con sus dispositivos móviles.

### 1.5. Resumen del capítulo



# Bibliografía

- [1] El Mundo en HTML. *Lección 3: Estructura básica en HTML*. Disponible en: <https://fjph32html.wordpress.com/2015/03/08/leccion-3-estructura-basica-en-html/>, Acceso en: 14 de Agosto 2019.
- [2] Plataforma Tecnológica Española de la Carretera. *Aplicación de la Web Semántica en Tráfico*. Disponible en: [https://www.ptcarretera.es/wp-content/uploads/2018/07/02\\_2017\\_lisitt\\_def.pdf](https://www.ptcarretera.es/wp-content/uploads/2018/07/02_2017_lisitt_def.pdf), Acceso en: 28 de Agosto 2019.
- [3] Bibliopos. *La ontología y la Web Semántica: recomendaciones del W3C*. Disponible en: <http://www.bibliopos.es/Biblion-A2-Bibliografia-Documentacion/18ontologia-Web-Semantica.pdf>, Acceso en: 14 de Agosto 2019.
- [4] Pontificia Universidad Católica de Chile. *La Web Semántica: Herramientas para la publicación y extracción efectiva de información en la Web*. Disponible en: <https://www.coursera.org/learn/web-semantica>, Acceso en: 14 de Agosto 2019.
- [5] José Samos. *La Web Semántica*. Enero 2019. Apuntes de la asignatura de Web Semántica en el Máster en Desarrollo de Software, Curso 2018/2019.
- [6] Profesor Hugo Delgado. *Web Semántica, definición, historia y características*. Disponible en: <https://disenowebakus.net/semanatica-web.php>, Acceso en: 13 de Agosto 2019.
- [7] John Fernando Baculima Cumbe & Marcelo Xavier Cajamarca Bermeo. *Diseño e implementació de un repositorio ecuatoriano de datos enlazados geoespaciales*. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/19876>, Acceso en: 13 de Agosto 2019.
- [8] Mari Vallez. *La Web semántica y las tecnologías del lenguaje humano*, pages 155–180. Enero 2009.

- [9] Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (CSIC). *Diez años construyendo una web semántica*. Disponible en: [http://www.fgcsic.es/lychnos/es\\_es/articulos/construyendo\\_una\\_web\\_semantica](http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/construyendo_una_web_semantica), Acceso en: 19 de Agosto 2019.
- [10] Weidong Li Chuanrong Zhang, Tian Zhao. *Geospatial Semantic Web*. Enero 2015. Springer.
- [11] Grupo I+DeaSWeb (Investigación y Desarrollo para la Semántica Web). *Introducción a la Web Semántica: realidades y perspectivas*. Disponible en: [http://cmap.javeriana.edu.co/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1264791321546\\_232600024\\_2804](http://cmap.javeriana.edu.co/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1264791321546_232600024_2804), Acceso en: 20 de Agosto 2019.
- [12] Nancy Messieh. *Top 7 Semantic Search Engines as an Alternative to Google*. Disponible en: <https://www.makeuseof.com/tag/top-7-semantic-search-engines-alternative-google-search/>, Acceso en: 20 de Agosto 2019.
- [13] T. Berners-Lee. *Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax*. Disponible en: <https://www.ietf.org/rfc/rfc3986.txt>, Acceso en: 28 de Agosto 2019.
- [14] Marek Smíd. *OnGIS: Ontology-Based Geospatial Data Integration and Retrieval*. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/OnGIS%3A-Ontology-Based-Geospatial-Data-Integration-Smid/b9df99faafabe68b81c93dfa63ebffa9c8821e9d>, Acceso en: 28 de Agosto 2019.
- [15] W3C. *Lenguaje de Ontologías Web (OWL)*.

