

La Web semántica

Rodrigo Villalba Otto
Trabajo Práctico TAI2 2007
Ingeniería Informática
Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”
Asunción, Paraguay

Resumen. La Web semántica es un área pujante en la confluencia de la Inteligencia Artificial y las tecnologías Web que propone introducir descripciones explícitas sobre el significado de los recursos, para permitir que las propias máquinas tengan un nivel de comprensión de la Web suficiente como para hacerse cargo de una parte, la más costosa, rutinaria, o físicamente inabarcable, del trabajo que actualmente realizan manualmente los usuarios que navegan e interactúan con la Web. A partir de la situación actual de la Web y sus limitaciones, en este trabajo se motivan y explican las propuestas de la Web semántica, se describen las tecnologías más importantes desarrolladas para llevarlas a cabo, así como el punto en el que se encuentra este proyecto promovido por el propio inventor de la Web.

1 Introducción

En poco más de una década desde su aparición, la *World Wide Web* se ha convertido en un instrumento de uso cotidiano en nuestra sociedad, comparable a otros medios tan importantes como la radio, la televisión o el teléfono, a los que aventaja en muchos aspectos. La Web es hoy un medio extraordinariamente flexible y económico para la comunicación, el comercio y los negocios, ocio y entretenimiento, acceso a información y servicios, difusión de cultura, etc. Paralelamente al crecimiento espectacular de la Web, las tecnologías que la hacen posible han experimentado una rápida evolución. Desde las primeras tecnologías básicas: HTML y HTTP, hasta nuestros días, han emergido tecnologías como CGI, Java, JavaScript, ASP, JSP, PHP, Flash, J2EE, XML, AJAX, por citar algunas de las más conocidas, que permiten una Web mejor, más amplia, más potente, más flexible, o más fácil de mantener. Estos cambios influyen y son al tiempo influidos por la propia transformación de lo que entendemos por WWW. La generación dinámica de páginas, el acoplamiento con bases de datos, la mayor interactividad con el usuario, la concepción de la Web como plataforma universal para el despliegue de aplicaciones, la adaptación al usuario, son algunas de las tendencias evolutivas más marcadas de los últimos años.

La evolución de la Web no termina aquí ni mucho menos. Son diversos los aspectos susceptibles de mejorar. Entre las últimas tendencias que pueden repercutir en el futuro de la Web a medio plazo, a finales de los 90 surge la visión de lo que se ha dado en llamar la *Web semántica*. Se trata de una corriente, promovida por el

propio inventor de la Web y presidente del consorcio W3C, cuyo último fin es lograr que las máquinas puedan entender, y por tanto utilizar, lo que la Web contiene. Esta nueva Web estaría poblada por agentes o representantes software capaces de navegar y realizar operaciones por nosotros para ahorrarnos trabajo y optimizar los resultados. Para conseguir esta meta, la Web semántica propone describir los recursos de la Web con representaciones procesables (es decir, entendibles) no sólo por personas, sino por programas que puedan asistir, representar, o reemplazar a las personas en tareas rutinarias o inabarcables para un humano. Las tecnologías de la Web semántica buscan desarrollar una Web más cohesionada, donde sea aún más fácil localizar, compartir e integrar información y servicios, para sacar un partido todavía mayor de los recursos disponibles en la Web.

2 Un poco de historia

La aparición de la WWW se puede situar en 1989, cuando Tim Berners-Lee presentó su proyecto de “World Wide Web” en el CERN (Suiza), con las características esenciales que perduran en nuestros días. El propio Berners-Lee completó en 1990 el primer servidor Web y el primer cliente, y un año más tarde publicó el primer borrador de las especificaciones de HTML y HTTP. El lanzamiento en 1993 de Mosaic, el primer navegador de dominio público, compatible con Unix, Windows, y Macintosh, por el *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA), marca el momento en que la WWW se da a conocer al mundo, extendiéndose primero en universidades y laboratorios, y en cuestión de meses al público en general, iniciando el que sería su vertiginoso crecimiento. Los primeros usuarios acogieron con entusiasmo la facilidad con que se podían integrar texto y gráficos y saltar de un punto a otro del mundo en una misma interfaz, y la extrema sencillez para contribuir contenidos a una Web mundial.

Por estas mismas fechas se define la interfaz CGI para la generación dinámica de páginas Web, con lo que se consigue ofrecer información actualizada en tiempo real, enlazar con bases de datos, o tener en cuenta entradas del usuario, y más aún, servir como punto de acceso y plataforma para la ejecución de aplicaciones distribuidas. En 1994 miembros del equipo que creó Mosaic desarrollan Netscape, un navegador con sensibles mejoras que contribuye a impulsar la propagación de la Web. Este mismo año se celebra el primer congreso internacional de la WWW, y unos meses más tarde se constituye el consorcio W3C, que desde entonces y presidido por Tim Berners-Lee, se ha hecho cargo de estandarizar las principales tecnologías Web. En 1995 Sun lanza oficialmente la primera versión del lenguaje Java, y un año más tarde Netscape presenta JavaScript. Estos lenguajes y otros posteriores permiten que las propias páginas Web contengan programas enteros, dando opción a una mayor autonomía respecto del servidor, mayor eficiencia, capacidad dinámica y capacidad de interacción.

2.1 Generaciones de la Web

Con todo lo que hemos visto hasta el momento, podemos ver claramente que la Web ha pasado por tres etapas o generaciones muy claras, a saber:

1ª Generación o Generación de Contenido Estático

2ª Generación o Generación de Contenido Dinámico o Interactivo

3ª Generación o Generación de Contenido Colaborativo

No obstante, la evolución continua de la tecnología hace un poco complicado establecer los límites exactos de fecha en los cuales, podemos decir que la Web es de una generación u otra, ya que en la realidad lo que vemos es una superposición de cada una de estas generaciones según el sitio Web que examinemos. Sin embargo trataremos de hacer una aproximación grosera a efectos de clasificación.

Primera Generación o Generación de Contenido Estático

La 1ª Generación de la Web o Generación de Contenido Estático, se corresponde con la Web que va desde que se crea por Tim Berners-Lee hasta la aparición de la 2ª Generación a mediados de los años 90.

Esta generación se caracteriza porque las páginas Web son completamente estáticas, es decir, el contenido que presentan es el que es y no permiten al usuario realizar ningún tipo de interacción con las mismas, salvo la manipulación propia del manejo del hipertexto y los hiperenlaces, esto es, saltar de una página Web a otra.

Segunda Generación o Generación de Contenido Dinámico

La 2ª Generación de la Web o Generación de Contenido Dinámico, se corresponde con la Web en la que aparecen las primeras técnicas para permitir la inclusión de contenido dinámico, se puede decir que es la Web que hoy por hoy está más extendida y es la que se utiliza más comúnmente.

Esta generación se caracteriza porque las páginas Web son generadas por alguna de las tecnologías vistas para la generación de contenido dinámico (CGIs, ASP, ASP.NET, JSP o PHP, entre otros), permiten la interacción con el usuario en un nivel en donde éste, puede hacer preguntas y el sistema presenta las respuestas en función de los criterios introducidos en formularios. La experiencia del usuario queda limitada a él y a la aplicación que utiliza.

Tercera Generación o Generación de Contenido Colaborativo

De la 3ª Generación de la Web, podemos decir que es el modelo que se está imponiendo poco a poco, y que haciendo uso de las capacidades adquiridas en la generación anterior, permite que la experiencia del usuario con la Web mejore espectacularmente.

En esta generación, las aplicaciones van más allá de la mera interacción entre aplicación-usuario-aplicación, ahora ellas son el mecanismo que permiten que se produzca interacción entre usuario-usuario llegando a crearse un entorno de contenido colaborativo, en donde, el usuario es un participante más en la creación del contenido que aparece en la Web. Ideas como los wikis, los blogs, etc. han cambiado la forma en la que el usuario interactúa con la Web haciendo de esta un lugar mucho más rico e interesante para trabajar.

3 La Web hoy

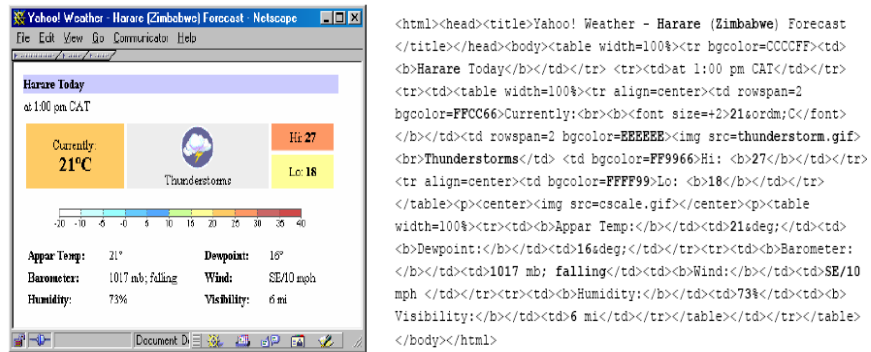
Aunque es sumamente difícil medir el tamaño de la Web, se estima que hoy día unos 10^9 usuarios utilizan la Web, y que ésta contiene del orden de $4 \cdot 10^9$ documentos, un volumen de información equivalente a entre 14 y 28 millones de libros. Como dato comparativo, la asociación *American Research Libraries*, que agrupa unas 100 bibliotecas en EE.UU., tiene catalogados unos 3.7 millones de libros. La biblioteca de la Universidad de Harvard, la mayor de EE.UU., contiene en torno a 15 millones de libros. Estas cifras incluyen sólo lo que se ha dado en denominar la *Web superficial*, formada por los documentos estáticos accesibles en la Web. Se ha calculado que la llamada *Web profunda*, constituida por las bases de datos cuyos contenidos, no directamente accesibles, se hacen visibles mediante páginas generadas dinámicamente, puede contener un tamaño de información varios cientos de veces mayor, y de mucha mejor calidad, que la Web superficial, y crece a un ritmo aún mayor que ésta. Se estima que el tamaño de la Web profunda ha superado ya al volumen total de información impresa existente en todo el planeta.

No obstante, el enorme tamaño que ha alcanzado la Web, que es a la vez una de las claves de su éxito, hace que algunas tareas (por ejemplo encontrar la planificación óptima con transporte, alojamiento, etc., entre todas las posibles para un viaje bajo ciertas condiciones), requieran un tiempo excesivo para una persona o resulten sencillamente inabarcables. Desarrollar programas que realicen estas tareas en nuestro lugar es enormemente complicado, ya que es muy difícil reproducir, y más costoso aún mantener, en una máquina la capacidad de una persona para comprender los contenidos de la Web tal y como están codificados actualmente.

La asombrosa eficacia de los buscadores actuales tiene también sus límites. Por ejemplo, si queremos conocer la historia de Netscape, los resultados de una consulta como "Netscape history", nos informan sobre las herramientas de históricos de este navegador, pero no nos dicen nada sobre el origen y evolución de Netscape. Igualmente, para averiguar qué organismo se ocupa de estandarizar CGI, o en qué fecha apareció la primera versión de Java, necesitaremos realizar varias consultas y leer varios documentos y artículos hasta llegar indirectamente a la respuesta buscada. Si introducimos la palabra "Ketchup" para buscar información sobre el grupo de música del mismo nombre, obtendremos enlaces a restaurantes, recetas, fabricantes, distribuidores y clubes de aficionados al condimento, y finalmente lo que buscábamos (posiblemente ni siquiera esto si el grupo fuese menos popular). Si buscamos un "artículo sobre García Márquez", encontraremos decenas de artículos de García Márquez, pero ninguno que trate sobre este autor. Si preguntamos sobre estándares XML para la enseñanza ("XML education"), la mayor parte de los resultados se referirán a la enseñanza de XML.

Todos estos ejemplos son el síntoma de una causa común: la falta de capacidad de las representaciones en que se basa la Web actual para expresar significados. Los contenidos y servicios en la Web se presentan en formatos (p.e. HTML) e interfaces (p.e. formularios) comprensibles por personas, pero no por máquinas. La figura 1 ejemplifica esta situación con una versión simplificada de una página de información meteorológica. Mientras que la presentación de los datos en el navegador (izquierda) es inmediatamente comprendida por una persona, es muy difícil para el ordenador

entender cuál es la temperatura, el estado del cielo, y demás semántica del documento, al estar entremezclada con las etiquetas de formato (derecha).



a) La Web vista por una persona

b) La Web vista por el ordenador

Fig. 1. La Web actual esta orientada al consumo humano.

En estas condiciones es poco viable automatizar tareas mediante software en substitución del humano. Un programa puede llevar al usuario hasta lugares en la Web, generar, transportar, transformar y ofrecer la información a las personas, pero la máquina sencillamente no sabe lo que esta información significa, y por tanto su capacidad de actuación autónoma es muy limitada. Esta misma limitación expresiva hace que la noción de semántica que manejan los buscadores Web se limite a palabras clave con pesos, pero planas e inconexas, lo que no permite reconocer ni solicitar significados más elaborados.

4 ¿Que es la Web semántica?

Por lo mencionado anteriormente, en la Web actual, tenemos un sistema que almacena, podríamos decir, prácticamente toda la información del mundo, y que presenta un acceso casi instantáneo a la misma desde cualquier lugar del planeta con una conexión a Internet. Por otro lado, la información disponible no es solamente de manera textual, sino que hay que sumar los documentos formados por imágenes, videos, presentaciones, etc. Además cualquier persona puede, al menos en teoría, añadir más información a la Web (mediante la creación de un nuevo sitio Web por ejemplo). Pues bien, el conjunto de todas estas características es lo que viene a definir a la Web actual con el nombre de Web Sintáctica.

En la Web Sintáctica, nos vamos a encontrar con un conjunto de recursos enlazados entre si (formando un grafo dirigido) tal y como podemos ver en la siguiente figura:

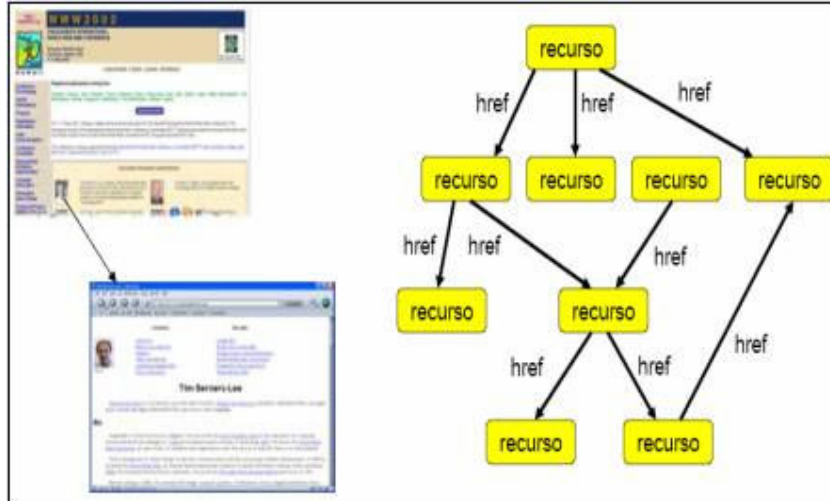


Fig. 2. Web Sintáctica.

Para movernos por esta gran cantidad de información, han aparecido numerosos buscadores que enlazan con ellas (Google, por ejemplo, indexa cerca de 9.000 millones de páginas), sin embargo, a pesar de la potencia que demuestran, aun quedan lejos de poder proporcionar al usuario las respuestas adecuadas a las preguntas que realizan, fundamentalmente por tres motivos:

- no enlazan con la totalidad de páginas existentes, se hace necesaria la actualización constante de los índices mediante robots de búsqueda automáticos.
- la escasa precisión de los resultados, algunas consultas devuelven varios millones de resultados distintos.
- y la alta sensibilidad al vocabulario empleado en la búsqueda, es decir, un documento que busquemos debe estar descrito con las mismas palabras que nosotros introduzcamos al buscar.

Por otro lado, tenemos también los problemas de interoperabilidad de aplicaciones, que se deben por falta de entendimiento técnico, sintáctico y semántico. Estos problemas, conllevan que las aplicaciones no puedan hablar entre ellas, lo que repercute en el coste de los servicios que las empresas proporcionan y lentifica la implantación de nuevos servicios útiles para el usuario.

La Web Semántica trata de resolver todos estos problemas, añadiendo a la Web Sintáctica la semántica que le falta para crear un entorno en donde podamos acceder a la información que necesitamos de un modo exacto y completo a la vez que se facilita el procesado de la misma y se resuelven los problemas de interoperabilidad entre aplicaciones que hemos resumido anteriormente.

Todo lo que hemos dicho está muy bien, pero todavía no hemos definido qué es la Web Semántica. ¿Qué es realmente la Web Semántica?, como suele suceder en estos casos, hay varias definiciones que nos interesa conocer.

La primera de las definiciones sobre Web Semántica viene de la mano del creador del concepto y del que ya hablamos anteriormente, Tim Berners-Lee define la Web Semántica de las siguientes maneras:

“El primer paso es colocar los datos en la Web de un modo en que las máquinas puedan entenderlos naturalmente o convertirlos a esa forma. Esto crea lo que yo llamo la Web Semántica: una red de datos que pueden ser procesados directa o indirectamente por máquinas” [**Weaving the Web, 1999**]

“La Web Semántica es una extensión de la Web en la cual la información se da mediante un significado bien definido, lo que facilita que los ordenadores y la gente trabajen en cooperación” [**The Semantic Web, Scientific American, Mayo de 2001**]

Podemos precisar un poco si vamos a la definición oficial que existe en la página del W3C, en ella vemos que la Web Semántica se define como:

“La Web Semántica es la Web de los datos. Hay muchos datos que usamos cada día y que no son parte de la Web. Podemos ver mis apuntes bancarios en la web, e incluso nuestras fotografías y citas en el calendario. Pero ¿podemos ver las fotos en un calendario para ver que es lo que estaba haciendo cuando las hice? ¿Puedo ver mis apuntes bancarios en el calendario?

La respuesta a estas preguntas es no. Y ¿porqué no? La respuesta es porque no tenemos una Web de datos. Y esto es debido a que los datos están controlados por las aplicaciones, y cada una los guarda y trata de manera particular.

La Web Semántica trata sobre dos cosas. Sobre formatos comunes para el intercambio de datos, donde en la Web original solamente se intercambian documentos. Y trata sobre los lenguajes que representan los datos como objetos del mundo real.

La Web Semántica proporciona un framework común que permiten a los datos ser compartidos y reutilizados a través de las límites impuestos por aplicaciones, empresas o comunidades. Es un esfuerzo de desarrollo colaborativo liderado por la W3C y un gran número de investigadores y socios industriales. La Web Semántica se basa en el uso de Resource Description Framework (RDF[4]).” [Introducción a la Web Semántica en <http://www.w3.org/2001/sw/>]

Dicho de otro modo, la Web Semántica se fundamenta en el hecho de que las máquinas comprendan el significado de la información disponible, pero desde un punto de vista diferente al humano. Estamos diciendo entonces que la Web Semántica es pura Inteligencia Artificial, aunque a las máquinas aun les queda un largo camino por recorrer para poder llegar a comprender siguiendo un esquema de razonamiento como el que hacemos los humanos, si que son capaces de llegar a conclusiones (deducciones o inferencia) mediante procesos de lógica-matemática. Ni que decir tiene que las conclusiones a las que se lleguen dependerán de la validez, o de lo buenas que sean, las reglas que se utilicen para llegar a estas. Gráficamente entenderemos mejor esto en la siguiente figura:

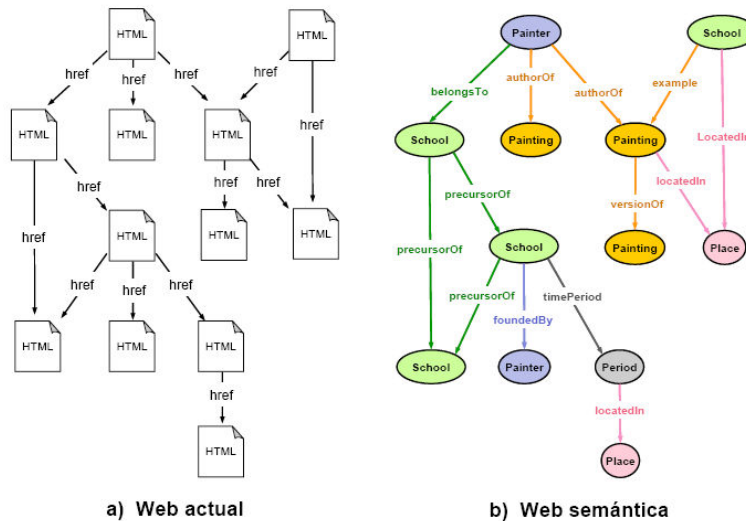


Fig. 3. Web actual vs Web semántica

La figura 3 muestra la forma en la que en la Web actual (sintáctica) se compone de recursos enlazados a través de enlaces (hipertexto) frente a la Web Semántica, en donde los elementos quedan caracterizados, de este modo vemos que una entidad “Painter” pertenece a una entidad “School”, y que es autor de una pintura, de este modo podemos proseguir a lo largo de todo el grafo. De este modo podemos establecer una estructura semántica de un concepto al que luego podemos aplicar reglas lógicas para inferir nuevo conocimiento.

La Web semántica mantiene los principios que han hecho un éxito de la web actual, como son los principios de descentralización, compartición, compatibilidad, máxima facilidad de acceso y contribución, o la apertura al crecimiento y uso no previstos de antemano. En este contexto un problema clave es alcanzar un entendimiento entre las partes que han de intervenir en la construcción y explotación de la Web: usuarios, desarrolladores y programas de muy diverso perfil. La Web semántica rescata la noción de ontología del campo de la Inteligencia Artificial como vehículo para cumplir este objetivo.

Gruber define ontología como “*a formal explicit specification of a shared conceptualization*” [Gruber 1993]. Una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones, que define una terminología consensuada para definir redes semánticas de unidades de información interrelacionadas. Una ontología proporciona un vocabulario de clases y relaciones para describir un dominio, poniendo el acento en la compartición del conocimiento y el consenso en la representación de éste. Por ejemplo, una ontología sobre arte podría incluir clases como *Pintor*, *Cuadro*, *Estilo* o *Museo*, y relaciones como *autor* de un cuadro, pintores *pertenecientes* a un estilo artístico u obras *localizadas* en un museo.

Por último, la Web no solamente proporciona acceso a contenidos sino que también ofrece interacción y servicios (comprar un libro, reservar una plaza en un vuelo, hacer

una transferencia bancaria, simular una hipoteca). Los servicios Web semánticos son una línea importante de la Web semántica, que propone describir no sólo información sino definir ontologías de funcionalidad y procedimientos para describir servicios Web: sus entradas y salidas, las condiciones necesarias para que se puedan ejecutar, los efectos que producen, o los pasos a seguir cuando se trata de un servicio compuesto. Estas descripciones procesables por máquinas permitirían automatizar el descubrimiento, la composición, y la ejecución de servicios, así como la comunicación entre unos y otros.

5 Tecnologías para la Web Semántica

En las siguientes secciones daremos una breve descripción de algunas tecnologías necesarias para alcanzar las funcionalidades mencionadas en la sección anterior.

5.1 Metadatos explícitos

Como ya habíamos mencionado, el problema del contenido de la Web actual es que es comprensible para el lector humano, pero no por máquinas. Una porción típica de la página de un fisioterapeuta se vería en HTML como:

```
<h1> Agilitas Physiotherapy Center </h1>
  Welcome to the home page of the Agilitas Physiotherapy Centre .
  Do you feel pain? Have you have an injury? Let our staff Lisa
  Davenport, Kelly Townsend (our lovely secretary) and Steve
  Matthews take care of your body and soul.

<h2> Consultation hours </h2>
  Mon 11am - 7pm<br>
  Tue 11am - 7pm<br>
  Wed 3pm - 7pm<br>
  Thu 11am - 7pm<br>
  Fri 11am - 3pm<p>
  But note that we do not offer consultation
  during the weeks of the
  <a href="..."> State of Origin </a> games.
```

Búsquedas basadas en palabras claves identificarán las palabras *physiotherapy* y *consultation hours*. Además, un agente inteligente podría inclusive ser capaz de identificar al personal de dicho centro. Pero éste tendría problemas en distinguir al terapeuta de la secretaria, y tendría aún más problemas en encontrar una hora exacta de consulta.

El enfoque de la Web Semántica para solucionar esto no es desarrollar agentes super inteligentes. En vez de ello propone atacar el problema por el lado de las páginas Web. Si reemplazamos HTML por un lenguaje más apropiado, las páginas, además de contener información formateada orientada a producir un documento para lectores

humanos, podrían contener información sobre su contenido. En nuestro ejemplo podría haber información tal como:

```
<company>
  <treatmentOffered> Physiotherapy </treatmentOffered>
  <companyName> Physiotherapy Centre </companyName>
  <staff>
    <therapist> Lisa Davenport </therapist>
    <therapist> Steve Matthews </therapist>
    <secretary> Kelly Townsend </secretary>
  </staff>
</company>
```

Esta representación es más fácilmente procesable por máquinas. El término metadato se atribuye a tal información: datos sobre datos. Los metadatos capturan parte del *significado* de los datos, de ahí el término *semántica* de la Web semántica.

5.2 Ontologías

Ya habíamos visto antes una definición informal de ontología. En general, una ontología describe formalmente el dominio de un discurso. Típicamente, una ontología consiste en un conjunto finito de *términos* y *relaciones* entre esos términos. Los términos denotan conceptos (clases de objetos) importantes del dominio. Por ejemplo en un entorno universitario, los profesores, estudiantes, cursos, salas de presentaciones, y carreras son algunos conceptos importantes.

En el contexto de la Web, las ontologías proveen una *interpretación compartida acerca de un dominio*. Tal interpretación compartida es necesaria para superar las diferencias existentes en las terminologías. Por ejemplo, dos aplicaciones podrían usar el mismo término pero con significados diferentes. En la universidad A, un curso podría referirse a un grado (ingeniero informático), mientras que en la universidad B podría referirse a una sola materia en un periodo de tiempo (TAI2 2007). Tales diferencias pueden ser superadas mapeando una particular terminología a una ontología compartida o bien definiendo mapeos directos entre ontologías.

Las ontologías son útiles para mejorar la precisión de las búsquedas Web. Los motores de búsquedas pueden buscar páginas que hacen referencia a un concepto preciso en una ontología en vez de listar todas la páginas en las cuales aparecen ciertas, generalmente ambiguas, palabras claves. De esta manera se puede superar las diferencias en terminología entre las páginas Web y las consultas que realizan las personas.

En el campo de la Inteligencia Artificial (IA) existe una larga tradición en el desarrollo y uso de lenguajes de ontología. Sobre esto la investigación de la Web semántica puede construir una fundación. En el presente, los lenguajes de ontología para la Web son los siguientes:

- XML provee una superficie sintáctica para documentos estructurados pero no impone restricción semántica alguna sobre el significado de estos documentos.

- XML Schema es un lenguaje para restringir la estructura de los documentos XML.
- RDF (Resource Description Framework) es un modelo de datos para objetos (“recursos”) y relaciones entre ellos; provee una semántica simple para este modelo de datos; y estos modelos de datos pueden ser representados con una sintaxis XML.
- RDF Schema es un vocabulario para describir las propiedades y las clases de los recursos RDF, con una semántica para establecer jerarquías de generalización entre dichas propiedades y clases.
- OWL (Web Ontology Language) añade más vocabulario para describir propiedades y clases: tales como relaciones entre clases (p.ej. disyunción), cardinalidad (p.ej. "únicamente uno"), igualdad, tipologías de propiedades más complejas, caracterización de propiedades (por ejemplo simetría) o clases enumeradas.

5.3 Lógica y demostraciones

El propósito de la lógica en la Web semántica es de proveer bondades similares a las que podemos encontrar en la lógica de primer orden (FOL). La idea es declarar cualquier principio lógico y permitir a la computadora *razonar* usando inferencia sobre estos principios. Por ejemplo, una universidad puede decidir otorgar una beca si un estudiante tiene un promedio general mayor a 3.8. Un programa lógico (en la próxima sección explicaremos el concepto de *agente*) puede usar esta regla para hacer una simple deducción: “David tiene un promedio general de 3.9, por lo tanto se le otorgará una beca”.

Otra ventaja importante de la lógica es que provee *explicaciones* para conclusiones: las series de pasos de inferencia pueden ser revisados. Aún más, investigaciones en IA han desarrollado modos de presentar una *explicación* en una forma amigable para el humano, organizando la demostración como una deducción natural y agrupando un número de pasos de inferencia de bajo nivel en metapasos, los cuales, típicamente, una persona considerará como un sólo paso en la demostración.

Las explicaciones también son importantes para las actividades entre agentes. Mientras algunos agentes serán capaces de sacar una conclusión lógica, otros tendrán sólo la capacidad de *validar demostraciones*, es decir, comprobar si una afirmación hecha por otro agente es satisfactoria.

Para que la lógica sea útil en la Web tiene que poder ser utilizable en conjunción con otros datos, y además debe ser procesable por una máquina. Para ello actualmente se está trabajando en la representación del conocimiento y demostraciones con lenguajes Web. Aproximaciones iniciales trabajan al nivel de XML, pero en el futuro las reglas y demostraciones necesitarán ser representados al nivel de RDF y lenguajes de ontologías como DAML+OIL y OWL.

5.4 Agentes

Los agentes son piezas de software que funcionan de forma autónoma y proactiva. Conceptualmente evolucionaron de los conceptos de la programación orientada a objetos y el desarrollo de software basado en componentes.

Un agente personal en la Web semántica (figura 4) recibe tareas y preferencias por parte de una persona, busca información de fuentes Web, se comunica con otros agentes, compara información sobre requerimientos y preferencias del usuario, selecciona ciertas opciones, y da respuestas al usuario.

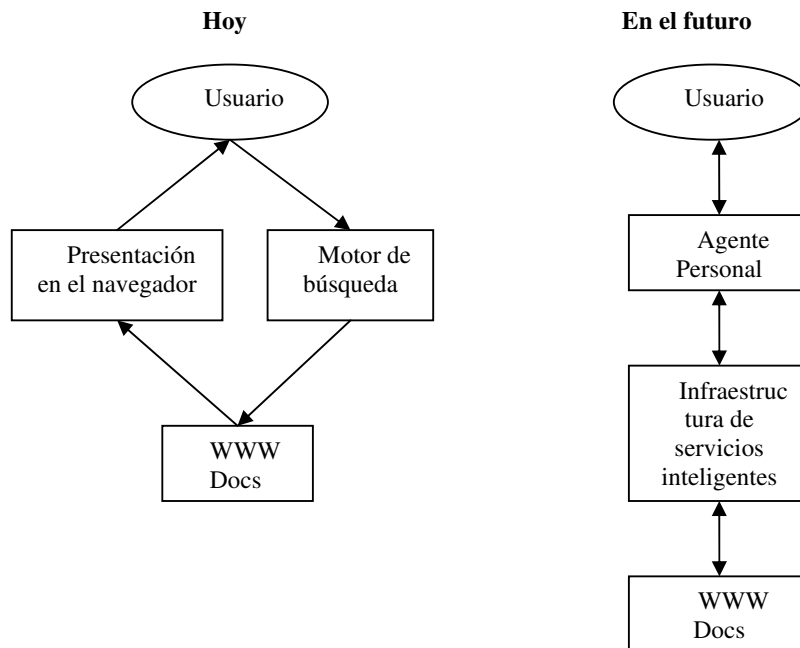


Fig. 4. Agentes inteligentes personales

Se debe notar que los agentes no reemplazarán a los usuarios humanos en la Web semántica, ni tampoco deberán necesariamente tomar decisiones. En la mayoría de los casos su rol será de recolectar y organizar la información, y de presentar opciones al usuario, para que éste pueda elegir entre ellas.

Básicamente los agentes en la Web semántica harán uso de todas las tecnologías mencionadas hasta el momento:

- Metadatos: para identificar y extraer información de los recursos Web.
- Ontologías: servirán como un asistente para las búsquedas Web. También para interpretar la información recibida y para la comunicación con otros agentes.

- Lógica y demostraciones: para procesar la información recibida y para derivar conclusiones.

5.5 Web semántica versus Inteligencia Artificial

Como hemos dicho, la mayor parte de la tecnología necesaria para la realización de la Web semántica está construida en base a trabajo hecho en el área de la IA. Dado que la IA tiene una larga historia, no siempre comercialmente exitosa, a uno podría preocuparle que, en el peor de los casos, la Web semántica pueda repetir todos los errores de la IA: grandes promesas que dieron lugar a altas expectativas, las cuales no fueron llenadas (al menos no en el tiempo prometido).

Esta preocupación es injustificable. La realización de la visión de la Web semántica no depende de un nivel humano de inteligencia; de hecho, los retos son enfocados de una manera diferente. El gran problema de la IA es uno profundamente científico, posiblemente comparable con los problemas centrales de la física (explicar el mundo físico) o de la biología (explicar el mundo viviente). Así, no debería sorprender las dificultades en alcanzar, en 10 o 20 años, un nivel humano de inteligencia artificial, como fue prometido en algunos momentos del pasado.

Con la Web semántica soluciones parciales funcionarán bien. Incluso si un agente inteligente no es capaz de llegar a todas las conclusiones que un humano puede derivar, el agente aún contribuirá a una Web muy superior a la actual. Esto nos lleva a otra diferencia. Si el objetivo final de la IA es construir un agente inteligente que exhiba un nivel humano de inteligencia (y superior), el objetivo de la Web semántica es asistir al usuario humano en sus actividades online del día a día.

6 Arquitectura de la Web semántica

La Web semántica identifica un conjunto de tecnologías, herramientas, y standards que forman los bloques constructores básicos de una infraestructura que soporta la visión de la Web asociada con un significado. La arquitectura de la Web semántica está compuesta de una serie de standards organizados en una cierta estructura, la cual es una expresión de sus interrelaciones. Esta arquitectura es generalmente representada por la figura 5 y fue propuesta por Tim Berners-Lee bajo el nombre de "The Web semantic layer cake":

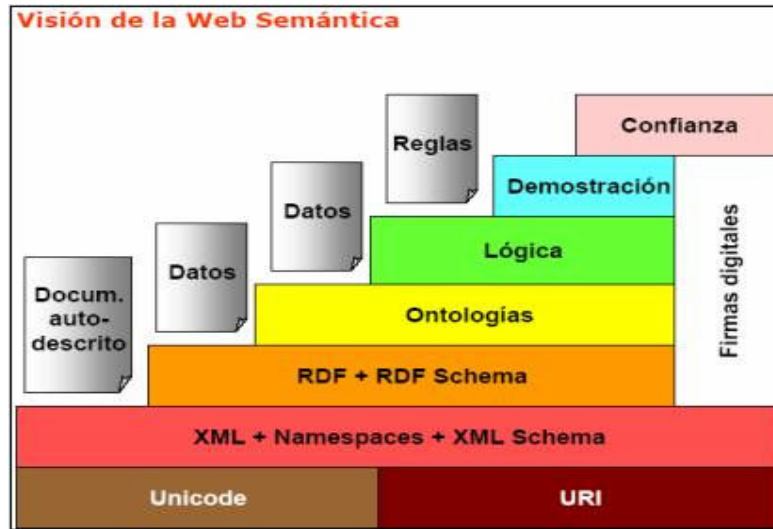


Fig. 5. Arquitectura de la Web semántica

A cada capa se la ve como construida sobre la capa inferior. Partiendo desde la base, cada capa es progresivamente más especializada y tiende a ser más compleja que las capas inferiores a ella. Una capa no depende de las capas superiores. Así, cada capa puede ser desarrollada y hacerse operacional de forma relativamente independiente.

Gran parte de las tecnologías de las capas de la figura 5 ya las hemos mencionado en la sección 5. Del resto podemos reseñar lo siguiente:

- URI y Unicode: URI es el acrónimo de "Uniform Resource Identifier" o Identificador Uniforme de Recursos; es una cadena de caracteres formateados que sirve como medio para identificar un recurso abstracto o físico. URI puede ser clasificado como un localizador, un nombre, o ambos (URL y URN). Unicode provee un único número para cada carácter, independientemente de la plataforma, programa o lenguaje que esté por debajo. Estas dos tecnologías se encuentran en la parte inferior del diagrama porque son la base de la Web en general. Mientras que casi cada una de las otras partes de la Web pueden ser substituidas, URI y Unicode no pueden: mantienen al resto de la Web unida.
- Confianza: Se refiere a las técnicas que aseguran la identidad y fiabilidad de los datos, servicios y agentes. Estando al tope de la pirámide, la confianza es un concepto crucial y de alto nivel: la Web sólo alcanzará su máximo potencial cuando los usuarios tengan confianza en sus operaciones (seguridad) y en la calidad de la información recibida.

Construyendo la Web semántica una capa sobre la otra, se siguen dos principios fundamentales:

- 1) Compatibilidad hacia abajo: Agentes completamente enterados de una capa también deben ser capaces de interpretar y usar información escrita en niveles inferiores. Por ejemplo, agentes que conocen la semántica de OWL, pueden tomar ventaja de información escrita en RDF y RDF Schema.
- 2) Entendimiento parcial hacia arriba: Por otro lado, agentes completamente enterados de una capa pueden tomar al menos una ventaja parcial de la información en niveles superiores. Por ejemplo, un agente que conoce sólo las semánticas de RDF y RDF Schema puede interpretar parcialmente conocimiento escrito en OWL, descartando aquellos elementos que van más allá de RDF y RDF Schema.

7 De la Web actual a la Web semántica

Llegados a este punto una pregunta importante a responder es cómo encaja la Web semántica con la actual, es decir a) cómo accederá el usuario a la Web semántica, y sobre todo, b) cómo hacer la transición de la Web actual a la Web semántica. Para que la Web semántica pueda realizarse es importante que guarde, al menos al principio, una compatibilidad con la tecnología actual. Es deseable por ejemplo mantener HTML (u otros lenguajes compatibles con los navegadores actuales) como vehículo de comunicación con el usuario. La asociación entre las instancias de la web semántica y el código HTML se puede establecer de distintas maneras (ver figura 6). Una consiste en conservar los documentos actuales, y crear las instancias asociadas anotando su correspondencia con los documentos (imagen izquierda en la figura 6). Esta posibilidad es la más viable cuando se parte de un gran volumen de material antiguo. Otra es generar dinámicamente páginas Web a partir de las ontologías y sus instancias (imagen derecha). Esta última opción puede resultar factible cuando los documentos antiguos ya se estaban generando automáticamente a partir, por ejemplo, de una base de datos.

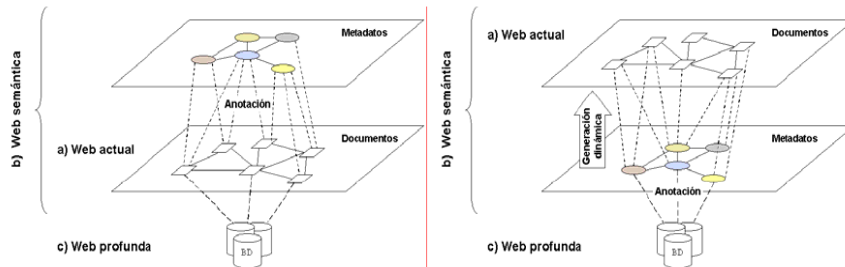


Fig. 6. De la Web actual a la Web semántica

La transición de la Web actual a la Web semántica puede implicar un coste altísimo si tenemos en cuenta el volumen de contenidos que ya forman parte de la Web. Crear y poblar ontologías supone un esfuerzo extra que puede resultar tedioso cuando se agregan nuevos contenidos, pero directamente prohibitivo por lo que

respecta a integrar los miles de gigabytes de contenidos antiguos. Las estrategias más viables combinan una pequeña parte de trabajo manual con la automatización del resto del proceso. Las técnicas para la automatización incluyen, entre otras, el mapeo de la estructura de bases de datos a ontologías, el aprovechamiento, previa conversión, de los metadatos y estándares de clasificación presentes en la Web (y fuera de ella), y la extracción automática de metadatos a partir de texto y recursos multimedia.

Otra dificultad importante a la hora de realizar la Web semántica en la práctica es la de consensuar ontologías en una comunidad por poco amplia que sea. Converger a una representación común es una labor más compleja de lo que puede parecer, ya que típicamente cada parte del sistema conlleva peculiaridades necesarias, y un punto de vista propio que a menudo necesitan incidir en la propia ontología. La representación del mundo no es neutra respecto al uso que se le va a dar: tanto un dietista como un biólogo tienen conocimiento sobre las plantas, pero su representación de esa materia es muy distinta, y probablemente no sería adecuado imponer la misma representación para ambas perspectivas. Las vías para salvar esta dificultad consisten en compartir ontologías para las áreas comunes en que puede tener lugar una interacción o intercambio de información entre las partes, y establecer formas de compatibilidad con las ontologías locales, mediante extensión y especialización de las ontologías genéricas, o por mapeo y exportación entre ontologías.

8 La Web semántica hoy

Ya existen muchos proyectos que han puesto en marcha aplicaciones para el desarrollo de la Web Semántica. Como primer ejemplo podemos mencionar un navegador semántico desarrollado dentro del proyecto Haystack del MIT, que personaliza la navegación según los intereses y gustos del usuario. Entre las funciones de este navegador podemos destacar las siguientes: importa archivos RDF/XML de la Web o archivos del sistema, navega por las páginas Web y los recursos semánticos, crea colecciones de recursos de la Web Semántica y permite navegar por ellos, lee weblogs basados en RSS (el cual se explica más adelante), permite el etiquetado de cualquier objeto, maneja colecciones de fotos digitales y organiza archivos de música, monta la información en mini-portales, desarrolla ontologías a medida, etc.

Otros de los ejemplos más conocidos de aplicación de Web Semántica son RSS y FOAF.

- RSS es un vocabulario RDF basado en XML que permite la catalogación de información (noticias y eventos) de tal manera que sea posible encontrar información precisa adaptada a las preferencias de los usuarios. Los archivos RSS contienen metadatos sobre fuentes de información especificadas por los usuarios cuya función principal es avisar a los usuarios de que los recursos que ellos han seleccionado para formar parte de esa RSS han cambiado sin necesidad de comprobar directamente la página, es decir, notifican de forma automática cualquier cambio que se realice en esos recursos de interés seleccionados.

- FOAF es un proyecto de Web Semántica, que permite crear páginas Web para describir personas, vínculos entre ellos, y cosas que hacen y crean. Se trata de un vocabulario RDF, que permite tener disponible información personal de forma sencilla y simplificada para que pueda ser procesada, compartida y reutilizada. Dentro de FOAF podemos destacar FOAF-a-Matic, que se trata de una aplicación Javascript que permite crear una descripción FOAF de uno mismo. Con esta descripción, los datos personales serán compartidos en la Web pasando a formar parte de un motor de búsqueda donde será posible descubrir información a cerca de una persona en concreto y de las comunidades de las que es miembro de una forma sencilla y rápida.

8.1 Buscadores para la Web Semántica

También contamos con algunos buscadores para la Web Semántica, que realizan las búsquedas sobre ontologías y lenguajes semánticos tales como RDF y OWL. El más conocido es **Swoogle**: Semantic Web Search <http://swoogle.umbc.edu/> desarrollado por la Universidad de Maryland (Baltimore, USA). Se trata de un buscador que busca ontologías (tiene indexadas más de 10.000), documentos y términos escritos tanto en RDF como OWL, esto es, busca documentos de la Web Semántica o Semantic Web Documents (SWDs). Curiosamente, tanto su propio nombre como su interfaz de presentación son muy similares a los de Google.



Otros buscadores a mencionar son:

- www.ask.com
- www.hakia.com
- www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/search/
- www.arisem.com/en/products/semanticsearchengine.html
- www.patentcafe.com
- www.healthline.com

Sobre Healthline

La arquitectura de healthline es la clásica “Pre/Post semantic search engine”, el tipo más simple de los motores de búsqueda semánticos. En el núcleo de este motor se encuentra un tradicional indexador de texto, la recuperación de la información está basada solamente en el texto del documento, no se utilizan metadatos. El *conocimiento* que hay de fondo se utiliza únicamente para hacer más *substanciales* a las consultas antes de ser presentadas al indexador de texto y en la etapa final para enriquecer el resultado que es mostrado al usuario.

Una vez que viene una consulta lo que se hace primeramente es examinarla para encontrar referencias a la ontología/taxonomía, si se encuentran algunas, los términos que hacen referencia a la ontología/taxonomía pueden ser borrados, reemplazados o bien se podrían agregar nuevos términos. Un ejemplo para healthline sería una búsqueda que usa un término casual para una enfermedad, el cual es reemplazado por el término médico estandarizado. Esta consulta cambiada entonces es usada para consultar al indexador de texto. Al final el resultado que es retornado por el indexador de texto es enriquecido basándose en la información de respaldo. Healthline enriquece el resultado con links que ofrecen refinamiento de consultas (“estrechar la búsqueda”). Como toque sutil ellos ofrecen a veces “information maps” para tópicos importantes.

Wikipedia 3.0: El fin de Google?

La Web Semántica promete “organizar la información mundial” de una forma dramáticamente más lógica que lo que Google podría lograr con su diseño de motor actual. Esto es cierto desde el punto de vista de la comprensión por parte de las maquinas versus la humana. La Web Semántica requiere del uso de un lenguaje ontológico declarativo, como lo es OWL, para producir ontologías específicas de dominio que las máquinas pueden usar para razonar sobre la información y de esta forma alcanzar nuevas conclusiones, en lugar de simplemente buscar / encontrar palabras claves.

El problema con la Web Semántica, aparte de que los investigadores siguen debatiendo sobre que diseño e implementación de modelo de lenguaje de ontología (y tecnologías asociadas) es el mejor y el más usable, es que tomaría a miles o incluso miles de miles de personas con vastos conocimientos muchos años trasladar el conocimiento humano a ontologías específicas de dominio.

Sin embargo, si en algún punto tomáramos la comunidad Wikipedia y les facilitásemos las herramientas y los estándares adecuados con que trabajar (sean estos existentes o a desarrollar en el futuro), de forma que sea posible para individuos razonablemente capaces reducir el conocimiento humano en ontologías de dominios específicos, entonces el tiempo necesario para hacerlo se vería acortado a unos cuantos años o posiblemente dos

El surgimiento de una Wikipedia 3.0 (en referencia a Web 3.0, nombre dado a la Web Semántica) basada en el modelo de la Web Semántica anunciaría el fin de Google como la Maquina Definitiva de Respuestas. Este sería reemplazado por “WikiMind” (WikiMente) que no sería un simple motor de búsqueda como Google sino un verdadero Cerebro Global: un poderoso motor de inferencia de dominios, con un vasto conjunto de ontologías (a la Wikipedia 3.0) cubriendo todos los dominios de conocimiento humano, capaz de razonar y deducir las respuestas en lugar de simplemente arrojar cruda información mediante el desfasado concepto de motor de búsqueda.

El argumento es que Wikipedia actualmente ya cuenta con los recursos de voluntarios para producir las ontologías para cada uno de los dominios de conocimiento que actualmente cubre y que la Web Semántica tanto necesita, mientras que Google no cuenta con tales recursos, por lo que dependería de Wikipedia.

Las ontologías junto con toda la información de la Web, podrán ser accedidas por Google y los demás pero será Wikipedia quien quede a cargo de tales ontologías debido a que actualmente Wikipedia ya cubre una enorme cantidad de dominios de conocimiento y es ahí donde veo el cambio en el poder.

Ni Google ni las otras compañías posee el recurso humano (los miles de voluntarios con que cuenta Wikipedia) necesario para crear las ontologías para todos los dominios de conocimiento que Wikipedia ya cubre. Wikipedia si cuenta con tales recursos y además esta posicionada de forma tal que puede hacer trabajo mejor y más efectivo que cualquier otro. Es difícil concebir como Google lograría crear dichas ontologías (que crecen constantemente tanto en número como en tamaño) dado la cantidad de trabajo que se requiere. Wikipedia, en cambio, puede avanzar de forma mucho más rápida gracias a su masiva y dedicada fuerza de voluntarios expertos.

La ventaja competitiva será para quien controle la creación de ontologías para el mayor número de dominios de conocimiento (es decir, Wikipedia) y no para quien simplemente acceda a ellas (es decir, Google).

Existen muchos dominios de conocimiento que Wikipedia todavía no cubre. En esto Google tendría una oportunidad pero solamente si las personas y organizaciones que producen la información hicieran también sus propias ontologías, tal que Google pudiera acceder a ellas a través de su futuro motor de Web Semántica.

Por todo lo mencionado, lo que todavía no está claro es, por supuesto, si la combinación de Wikipedia con la Web Semántica anuncia el fin de Google o el fin del principio.

8.2 Ejemplo de aplicación de la Web Semántica

Para finalizar vamos a ver una situación de ejemplo que podría resolverse con la implantación de la Web Semántica, este ejemplo es original de Tim Berners-Lee y fue publicado en la revista Scientific American en 2002:

- Los Beatles cantan “We can work it out” en el equipo de sonido de Bob cuando el teléfono suena...
- El teléfono avisa a todos los dispositivos que tienen “control de volumen” para que lo bajen automáticamente...
- Es su hermana Lucy al teléfono. Su madre va a necesitar sesiones de fisioterapia y tienen que turnarse para acompañarla. Acuerdan que sus agentes (que residen probablemente en algún móvil o PDA) hagan los arreglos necesarios.
- El agente de Lucy recoge la prescripción de los sistemas del médico, busca clínicas en un área de 20 millas que tengan un nivel de confianza por parte de organismos fiables de “alto” o “muy alto”, y que su rango de precios esté en un margen determinado.
- Una vez escogida la clínica, el agente de Lucy contacta con el de su hermano. Cotejan sus agendas personales, y fijan las fechas en las que cada uno acompañará a su madre.
- Los agentes plantean las opciones a sus usuarios. A Lucy le parece bien, pero a Bob no. A la hora a la que son las sesiones, hay mucho tráfico desde su

casa al hospital escogido. Así que Bob especifica a su agente criterios más estrictos de hora y localización.

- El agente de Bob busca otras opciones y las encuentra siempre que cambie un par de citas de su agenda. Bob lo acepta.
- El nuevo plan es enviado al agente de Lucy, quién lo acepta.

Referencias

1. http://www.hipertexto.info/documentos/web_semantica.htm
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web
3. <http://www.lawebsemantica.com/contents/webSemantica/quees1.html>
4. <http://www.lawebsemantica.com/contents/webSemantica/evolucion1.html>
5. <http://www.codeproject.com/books/GuideSemanticWeb.asp>
6. <http://www.w3c.es/Divulgacion/Guiasbreves/WebSemantica>
7. <http://www.w3.org/2001/sw/>
8. Grigoris Antoniou and Frank van Harmelen. Semantic Web Primer. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2004. TLFBOOK.
9. Idea Group – Global Semantic Web services: theory, tools and applications / Jorge Cardoso, Universtiy of Madeira, Portugal 2007.