

Re-diseño de un sistema recomendador de estudios basado en minería web semántica

Study recommender system in semantic web mining-based: an updated model version

Marla Corniel, Ing. Ph.D. (c); Richard Gil, Ph.D. (c); Ana María Borges, MSc.; Leonardo Contreras, PhD.; José Ferrer, PhD.; Jorge Molero, MSc.

Dpto. de Procesos y Sistemas, Universidad Simón Bolívar, Venezuela
mcorniel@usb.ve, rgil@usb.ve, aborges@usb.ve, leocon@usb.ve, jferrer@usb.ve, jmolero@usb.ve

Recibido para revisión 06 de Octubre de 2010, aceptado 28 de junio de 2011, versión final 30 de junio de 2011

Resumen— Se propone una versión actualizada del modelo de *Sistema Recomendador de Oportunidades de Estudio (SROE)*, el cual está soportado por tecnología y recursos metodológicos relacionados con la minería de datos y la Web semántica; en particular, con esta propuesta se intenta mejorar la versión preliminar del SROE, que se ha venido desarrollando en base a la sinergia que brindan la tecnología semántica (ontologías) y los agentes inteligentes. A partir de un cuidadoso análisis de la literatura actual, se exploran recursos novedosos y experiencias efectivas para dominios similares, introducidos en investigaciones recientes, para actualizar la versión del modelo formulado en trabajos previos, re-diseñado técnicamente para ofrecer opciones de estudios a los aspirantes a ingresar a las instituciones universitarias en Venezuela.

Palabras clave— Oportunidades de estudio, Perfiles de usuarios, Sistema recomendador, Ontología, Minería de datos, Agentes inteligente.

Abstract— Its propose a *Study Opportunities Recommender System (SROE)* to supported by technology and methodological resources related to data mining and Semantic Web; in particular, with this proposal aims to improve the preliminary version of SROE that has been developed, supported by the synergy that provide semantic technology (ontologies) and intelligent agents. From a careful analysis of current literature related, resources are explored for innovative and effective experiences for similar domains introduced in recent research to update the version of the model formulated in previous works, technically redesigned to offer options to candidate to admission in Venezuelan universities.

Keywords— Study opportunities, User profiles, Recommender system, Ontology, Data mining, intelligent agents.

I. INTRODUCCIÓN

Siempre será un reto tecnológico proponer y generar soluciones prácticas relativas a los sistemas de recomendación basados en innovadoras técnicas de minería Web y de datos. De hecho, numerosos estudios aún con diversos propósitos, tienden a usar la integración de conocimiento y herramientas como las ya mencionadas, con el objeto de lograr que la recomendación se acerque mucho más al usuario. Este tipo de prácticas y las nuevas tendencias en inteligencia artificial

y computación “flexible” [1] están llamadas a ofrecer soluciones “de punta” donde converjan experticias y experiencias que redunden efectivamente en el proceso de soporte a la toma de decisiones, sobre dominios específicos y -a su vez- posiblemente complejos, como lo son algunos del ámbito educativo [2], [3].

Con esta motivación, la idea de abordar una problemática más amplia, como sería trabajar en el desarrollo de un sistema recomendador que pudiese ofrecer al estudiante -aspirante a ingresar a Instituciones Universitarias-, algunas opciones de carreras en sintonía con sus preferencias, competencias y recursos, se ha visto fuertemente influenciada por la publicación de ensayos previos en el desarrollo e implementación de sistemas basados en ontologías para apoyar a estudiantes universitarios y a la gestión académica en universidades [4], [5], [6], pero al ensayar una versión operativa de la primera propuesta de diseño de un Sistema Recomendador de Oportunidades de Estudio (SROE) [7], donde se contempló el uso de recursos semánticos (ontologías, perfiles y modelos de uso) y agentes inteligentes, surgieron requerimientos de minería de datos e interfaz.

En concreto, en este artículo se plantean dos estrategias de análisis: la primera, un análisis crítico para determinar la posibilidad y factibilidad de incorporar a la propuesta inicial de diseño planteada en [7] la implementación realizada por otros autores [8] y [9]; a partir de allí, como segunda estrategia, se analizan los enfoques sugeridos por otras tecnologías para probar su viabilidad sobre el referido modelo, desarrollando en consecuencia un modelo Sistema Recomendador Extendido (SR-extendido).

Como referencia contextual, cabe señalar que desde trabajos anteriores se ha manejado un caso de estudio, en el que se precisan dos escenarios.

La situación actual, ejemplificada en la Figura 1, donde se representa el esfuerzo que debe hacer el aspirante a cursar una carrera universitaria en alguna Institución de Educación Superior (IES) venezolana para tomar una decisión, debido a que su elección depende -entre otros factores- de los resultados de una consulta tradicional a sistemas de información ineficaces, aislados (digitalizados y no-digitalizados), desactualizados y disociados, en los cuales, además, prevalece una heterogeneidad de lenguajes y formalismos en la representación del conocimiento.

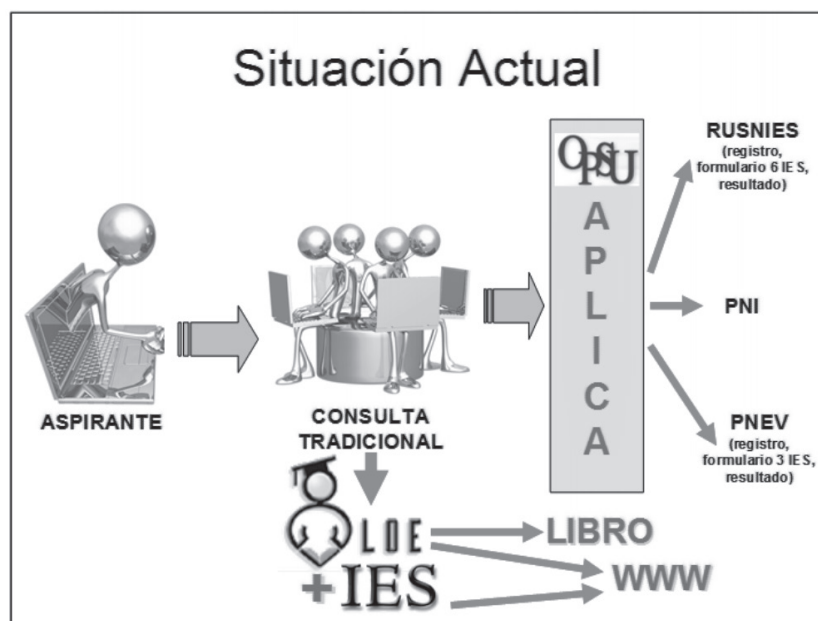


Figura 1. Situación actual del aspirante respecto a la búsqueda de información

De acuerdo a la figura 1, el aspirante consulta los mecanismos que pone a su disposición la Oficina de Planificación del Sector Universitario (OPSU) para localizar información relevante y pertinente sobre las diversas ofertas de las IES venezolanas, con lo cual (posiblemente) esquematice un "dominio específico" que es complementado con la valoración de algunos rasgos personales, sociales y económicos que la OPSU aprehende mediante la aplicación de instrumentos como la PAA (Prueba de Aptitud Académica) y la PNEV (Prueba Nacional de Exploración Vocacional) -ya derogados-, o el actualmente en vigencia al período 2008-2009, denominado RUSNIES (Registro Único del Sistema Nacional de Ingreso a la Educación Superior), que a mediados del año pasado se administró a 76 mil 613 aspirantes, usando como mecanismo: "...un algoritmo que ordena las listas por carrera y en ese orden se van asignando los estudiantes en las distintas universidades" [10].

Mediante el RUSNIES, la OPSU mantiene la asignación de 30% de cupos, en aquellas universidades que tienen procesos internos propios (prueba interna). En paralelo se prepara un nuevo mecanismo de admisión, denominado Proceso Nacional de Ingreso (PNI), con el cual la administración del Estado aspira matricular una mayor cantidad de aspirantes a la educación superior; sin embargo, para la fecha de realización de la presente investigación no se tienen mayores detalles técnicos sobre este proyecto. Ahora bien, lo importante en el PNI no es proveer de mayor información y datos al aspirante que va a iniciar los estudios universitarios, sino resolver un conflicto de asignación de cupos.

Como segundo escenario, se concibe una situación deseable, en la que el aspirante pueda aplicar una "consulta inteligente", implementando los mecanismos de inferencia/ razonamiento presentes en el Sistema Recomendador de Oportunidades de Estudio (SROE), modelado en este trabajo, tal como se expone en la figura 2:



Figura 2. Situación ideal implementando un SR

Dicha herramienta sugerida empleará: a) como fuente directa de datos, las estructuras ontológicas; b) la confrontación y extracción, se hará con minería de datos; c) el razonamiento se activará con agentes inteligentes, y d) como interfaz inteligente se empleará la Web semántica. Mediante esta propuesta se podrá, por una parte, brindar al aspirante opciones más depuradas y relevantes con las que pueda decidir mejor, y por la otra, ofrecer a la OPSU un mecanismo institucional expedito, con miras a implementarlo conjuntamente al Proceso Nacional de Ingreso (PNI), proyecto oficial aún en desarrollo.

Para presentar esta nueva perspectiva, el artículo se ha estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se describen los antecedentes que dan origen a la propuesta. En la sección 3, se presentan los trabajos de otros autores relacionados con el tema, analizados recientemente y calificados en función a algunos tópicos esenciales; en la sección 4, se introduce un bosquejo del Modelo Re-diseñado del Sistema Recomendador de Oportunidades de Estudio (en adelante **SROE**) que apunta hacia las características deseadas. Finalmente, en la sección 5, se exponen las conclusiones a las que se ha llegado y los futuros trabajos que pueden ser desarrollados bajo esta línea de investigación.

II. ANTECEDENTES

Partiendo de trabajos anteriores, es posible mostrar un esfuerzo constante e incremental, con la idea de configurar tanto las bases referenciales como el modelado iterativo del SROE. De esta forma, en [11] se describió el modelado del mundo real con especial énfasis en el estudio de sistemas abiertos socio-técnicos como son las instituciones universitarias. En este artículo, se resume parte de la terminología y conceptos propios de las ontologías en el área de los sistemas de información, algunos aspectos metodológicos relevantes y en aplicaciones al mundo de las empresas y los negocios-e.

En [6], se propuso un modelo general de un sistema universitario usando varias opciones metodológicas para generar versiones “sui-generis” parciales de las ontologías de los dominios de los subsistemas constitutivos, con el objeto de minimizar la diversidad, planteándose la pertinencia de la integración ontológica (mapping) como recurso para lograr mayor interoperabilidad entre subsistemas de tal dominio.

En el trabajo desarrollado en [12], se propuso la versión preliminar de una integración ontológica de algunos modelos de subsistemas que interactúan, de manera interna y externa, en las instituciones universitarias. Este trabajo se articula sobre la base de estudios previos en los que éstos fueron seleccionados intencionalmente y se empleó una herramienta para combinado ontológico (matching), conocida como Protégé-PROMPT, a fin de lograr la integración de una ontología experimental para tales subsistemas. El resultado de este trabajo consistió en la

ejecución de un método que permite obtener una ontología compartida, bajo un marco de calidad, a partir de ontologías compatibles. Se concluye que esta estrategia representa una alternativa mejorada para la integración terminológica de dominios similares especificada con multi-lenguajes, característica común del mundo globalizado.

Mediante el trabajo realizado en [4], se parte de la ontología dominio de Instituciones Universitarias desarrollada por los autores para aproximarse a una evaluación de la integración de ontologías. Esta propuesta emplea una variante metodológica del sistema APFEL incorporada en la herramienta Protégé-PROMPT y considera el Cubo de Calidad Sistémica [13] como marco de trabajo para determinar las proporciones de calidad del proceso y del producto en la integración incremental de una ontología original del dominio universitario (educación a distancia) y una ontología pública con similares semánticas. La evaluación parcial de la ontología resultante de la integración se hizo combinando técnicas de verificación con razonadores ontológicos (Racer-Pro) y de validación, a través de interacción visual hecha por los expertos en base al paradigma cognitivo (del plug-in CogZ). Tal experiencia, resultó un ejercicio enriquecedor para confirmar que la metodología sugerida era adecuada para generar una pequeña ontología con resultados apropiados; asimismo, la misma garantiza la retroalimentación para el análisis del usuario antes y después del proceso, por lo que se deduce que la ontología alineada está en mayor consonancia con la calidad deseada del producto semántico, respecto a la interpretación que los expertos daban a las versiones previas.

En los dos siguientes trabajos [14] y [15], se empleó la experticia para dar inicio al modelado de la versión preliminar del SROE basada en el desarrollo ontológico y centrada en un caso actual de interés, como es la selección de una carrera universitaria y la necesidad que tienen los aspirantes de apuntalar tan importante decisión, con información veraz y oportuna. Como propuesta se plantea un modelo ontológico de dominio para el soporte de la decisión que debe tomar el estudiante para beneficiarse de las oportunidades de estudios que exhibe el sistema de educación universitario de Venezuela. En la descripción del modelo ontológico de dominio, se representó -en parte- la información del Libro de Oportunidades de Estudio (LOE) [16] [17], provista por el organismo de administración del sistema de educación superior: OPSU/CNU. Dentro del marco metodológico, se empleó Methontology [18] para el diseño y creación de la ontología y la aplicación Protégé 3.1.1. [19] para el modelado; para el acceso y visualización de la ontología, se propuso el desarrollo de una aplicación basada en la Web Semántica [20]. Este modelo, plantea una “atención personalizada” del aspirante, mediante las recomendaciones diversas que haga el “sistema”.

A continuación, en [21], se planteó la evaluación retrospectiva y prospectiva de las diversas tecnologías en que se apoyan las IES para cumplir sus principales funciones académico-

administrativas. Para este análisis se propone una plataforma semántica basada en agentes inteligentes con la cual desarrollar una ontología de dominio universitario con calidad sistémica y basada en aprendizaje. Con tal finalidad, se desarrolló una aproximación a un meta-modelo de sistemas basado en conceptos de redes multi-capas y abstracciones recurrentes [22]. Tal marco teórico refleja el estado del arte relacionado con la gerencia con calidad sistémica de las IES, apoyadas en tecnologías de información y comunicación. Asimismo, vale señalar que en esta propuesta ha resultado especialmente útil la combinación de fuentes de conocimiento con métodos de identificación y agregación, para el modelado del dominio en cuestión y para sistematizar la actualización continua del mismo. De este trabajo se desprende que el modelo de desarrollo basado en agentes puede ser considerado como una estrategia válida para refinar las propuestas existentes y especificar mejor los alcances de un sistema semántico, con la expectativa de lograr su autonomía.

El siguiente trabajo [23], se centró en analizar el valor del aprendizaje ontológico (OL, *ontology learning*) en el soporte de la ingeniería semántica, a fin de facilitar la recuperación y extracción del conocimiento presente en los documentos de Web, lo cual -sin duda-, es de singular utilidad para el desarrollo de ontologías. Bajo esta perspectiva complementaria, la inteligencia artificial se muestra como uno de los campos fundamentales para el OL, básicamente por el uso de métodos, técnicas y herramientas, particularmente relacionadas con texto (minería Web). Como tratamiento práctico, se esquematizó un meta-modelo incremental para proponer un experimento de OL con herramientas “open source”, en el que se sintetizó la ontología de dominio de las instituciones universitarias (previamente desarrollada) y se utilizaron métodos particulares y técnicas de OL para ilustrar cómo se pueden integrar las herramientas de OL con la minería de texto, en una especie de agente semi-inteligente, y cómo puede este proceso de desarrollo ontológico mejorar el conjunto. El propósito de este ensayo fue aplicar una pequeña herramienta tipo “Agente”, mediante el enfoque de aprendizaje automático semi-supervisado (Word-vector en Rapid-I), a partir de documentos electrónicos para actualizar/ extender por esta vía la ontología de dominio ya mencionada (usando GATE).

Finalmente, en [7], bajo el contexto de la Web semántica o Web inteligente, se plantea un modelo para representar las bases de una versión anterior del sistema recomendador donde se logró la fusión de: a) las estructuras de conocimiento, representadas por las ontologías de dominio; b) las de perfil de usuario, como una forma de personalizar la herramienta; y c) los agentes inteligentes, como herramientas para la localización, identificación, relación, mantenimiento y selección de la información. De esta manera, luego de orientarlo hacia un caso de estudio concreto, se expuso el modelo ontológico de dominio como apoyo a la toma de decisiones en oportunidades

de estudio del tercer nivel de la educación venezolana; esta propuesta, se sintetiza en un patrón sugerido por los autores, según las dimensiones: Producto Ontológico, Proceso de Desarrollo, Agente-Usuario y Agente-Modelador. Sobre ese modelo cognoscitivo, que sin duda enriquece el modelo previo existente (LOE), se posibilita la presentación de información con mayor significado (semántica), más inteligente, la cual es posible que admita a su vez búsquedas representativas, realizadas tanto por agentes humanos como por agentes computarizados, con la finalidad de ayudar al aspirante en la identificación y recuperación de la información del dominio (carreras, áreas de conocimiento, región y dependencia), que le apoye en la selección de la mejor opción y, a su vez, ésta oriente sus decisiones, para elegir estudios que satisfagan sus expectativas y posibilidades.

III. TRABAJOS RELACIONADOS CON EL TEMA

Con la intención de profundizar más en la propuesta del SROE, sobre algunos elementos del modelo susceptibles a mejoras, se hizo una revisión orientada de la literatura especializada reciente, relativa a ontologías, minería de datos y al uso de agentes inteligentes aplicados a dominios similares, lo que permitió reconsiderar el modelo actual y replantear una nueva versión, con la intención de desarrollar el sistema propuesto, con la mayor autonomía posible. A continuación se describen en detalle cada uno de los aspectos citados:

3.1 Ontologías y Agentes Inteligentes

La definición más clásica es donde se precisa la ontología usando una exposición incremental del concepto [24]: “Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización (Gruber 1995)”. Posteriormente, la definición fue expandida (Borst 1997): “Una ontología es una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida”.

En el caso de estudio analizado, entra en interacción un mapa de relaciones complejas que puede ser representado mediante el paradigma ontológico, formulando un exhaustivo y riguroso esquema conceptual, dentro de un dominio dado, para generar una base de conocimientos útil que permita desarrollar una ontología de dominio, la cual comprende el conocimiento producido por la OPSU/CNU y las IES, y otra de perfil de usuario, derivada -por supuesto- de los aspirantes; esta última, considera múltiples variables para incorporar tanto referencias objetivas (datos personales, ubicación geográfica, índice académico, nivel educativo o socioeconómico), como subjetivas (comprensión del dominio, aspiraciones, motivación, intereses, preferencias, actitudes, madurez vocacional, habilidades o destrezas).

De esta forma, es válido apoyarse en el modelo ontológico para presentar información con significado (apuntalando la

riqueza semántica del conocimiento), bajo una estructura conceptual sistematizada y consensuada, que no sólo es útil para almacenar la información, sino también para poder buscarla y recuperarla a través de sus metadatos y usando otras heurísticas de recuperación basadas en ontologías [25]; sin embargo, este propósito no se logra únicamente con la estructuración del conocimiento. Sobre todo en lo concerniente a accesibilidad e intercambio, juega un rol fundamental un sistema de software basado en computadora con características bien definidas, tales como: autonomía, sociabilidad, reactividad y proactividad, el cual puede además comunicarse con un software similar para intercambiar mensajes mediante un lenguaje propio [26].

Este ayudante tecnológico es el agente inteligente, el cual es utilizado para describir aplicaciones que son responsables de tareas esenciales, como el descubrimiento y selección de recursos de información dentro de entornos homogéneos o heterogéneos [27], lo cual posibilita la reusabilidad, intercambiabilidad e interoperatividad que ayuda en la gestión de información y en la comunicación entre sistemas y aplicaciones.

En base a los criterios expuestos, se enfocó el desarrollo del modelo del SROE [7] bajo el paradigma de agentes, documentado en [28] y empleado en [29] usando la metodología GAIA y el lenguaje AUML, para modelar un prototipo de sistema empleado para diseminar selectivamente información en la Web. Dada la similitud en los subsistemas y componentes principales, se planteó este modelo como referente para la implementación del prototipo de sistema recomendador asistido por una entidad multi-agente para la gestión de información, en el que cada agente realice su función y, además, se relacione con los otros agentes que constituyen el sistema, valiéndose de un lenguaje de comunicación de agentes (ACL, agent communication language) [30].

Finalmente, en [31] se referencia una aplicación práctica donde se combinan ontologías y agentes inteligentes como soporte a un sistema de búsqueda en el campo de las bibliotecas digitales. Se trata de OntoBUS, un motor de búsqueda personalizado, que utiliza de técnicas de inteligencia artificial y aplicaciones CBR (Razonamiento Basado en Casos) para realizar búsquedas complejas, empleando agentes sobre un lenguaje de consultas (declaraciones OWL) de la ontología contextual basada en perfiles de usuario; con este sistema el proceso de búsqueda de información se hace más fácil y automático, además que la recuperación es más precisa.

3.2 Agentes Inteligentes y Minería de Datos

En concordancia con la noción de agente, introducida en el punto anterior, en esta sección se enfatiza la relación existente entre las funciones intrínsecas de la minería de datos y el uso de los atributos de los agentes inteligentes, útil para revelar patrones de uso, perfiles o tendencias, permitiendo la creación de modelos que se emplean en el descubrimiento del conocimiento.

En este sentido, según se desprende de las investigaciones de Nwana (1996) [32], ciertas funciones que pueden ser asignadas a los agentes se encuentran vinculadas a tareas habituales de la minería de datos: "...tales como: (a) asistentes inteligentes de usuario que colaboren con éste en la formulación de una consulta; (b) recopiladores de información para la extracción del conocimiento, a partir de fuentes dispersas, y (c) elementos de control automático para la gestión de parámetros internos que permiten la operación de un sistema."

Es de esperar entonces que en el modelo propuesto recientemente en [7] (entidad multi-agente en interacción con las ontologías), también se pueda hacer uso de las funciones de la minería para mejorar la gestión de información del SROE; de hecho, en la literatura especializada se hace referencia al dominio de aplicaciones en los cuales usan técnicas de minería y agentes para: gestión de flujo de datos, dirección de redes, control de tráfico aéreo, reingeniería de procesos, minería de datos, gestión y recuperación de información, comercio electrónico, educación, asistentes personales digitales (PDA's), correo electrónico, bibliotecas digitales, comando y control, gestión de pequeñas bases de datos, planificación diaria, etc. Particularmente en [9] se aplica esta técnica para el manejo de grandes cantidades de datos de los cuales se desea extraer algún tipo de conocimiento: aquí se propone "... el desarrollo de un sistema inteligente para la minería de datos que, en la medida de lo posible, incluya la labor de dicho experto dentro de sus funciones."

La innovación de esta propuesta radica en que se trata de implementar agentes para generar un sistema "dinámico y adaptativo", con las siguientes características: a) capaz de responder a los cambios del entorno; b) capaz de responder a los cambios internos, y c) con capacidad de aprendizaje. En tal sentido, se cree que dichas propiedades serían ideales para que el SROE –al igual que en el trabajo mencionado–, brinde la autonomía necesaria para:

1. responder eficientemente a las distintas solicitudes de información y requerimientos relacionados con las carreras que deseen cursar los aspirantes, ajustándose a las variaciones del entorno representado, básicamente, por las IES;
2. poder dar, a nivel interno, resultados óptimos frente a técnicas avanzadas de computación para generar modelos y asociaciones, y combinarse con recursos desarrollados en el área de la inteligencia artificial, útiles para el análisis de datos, y
3. emplear técnicas de inteligencia que le confieran capacidad de aprendizaje evolutivo para adaptarse tanto a los usuarios que le utilicen como al ámbito de la Web Semántica, hacia donde está dirigido.

3.3 Minería Web Semántica

El uso de la minería de datos como técnica para facilitar el descubrimiento de conocimiento en la World Wide Web, ha sido un interesante tema de investigación desde hace algún tiempo [34], [35]. Ya en 1998, Zaiane y sus colaboradores presentaron un artículo donde se aplicó OLAP y minería de datos (DM) para descubrir patrones de acceso y tendencias sobre registros de la WWW [36]; asimismo, desde 1997, Srivastava, Mobasher y otros [37], [38] han investigado sobre el campo de la minería Web, específicamente en el descubrimiento de patrones en las transacciones que se efectúan en la WWW. A partir de estos estudios, se abrió una nueva perspectiva de aplicaciones para optimizar los resultados obtenidos en las sesiones de navegación, a fin de acercar cada vez más el usuario al conocimiento (personalización) y explotar el potencial que, aún hoy, conserva la Web.

Por otro lado, estudiosos del tema, como Berendt, Koutri y Markellou [39], han insistido en las ventajas comparativas que ofrece el uso de la minería dentro de la Web Semántica, abriendo espacios para un área novedosa de investigación denominada minería de usos de la Web (WUM – Web Usage Mining), en la que se aplican técnicas de DM para el descubrimiento y extracción de datos de acceso de los usuarios (comportamiento) a fin de revelar patrones de uso, lo cual puede mejorar sensiblemente la personalización de aplicaciones educativas o comerciales (e-learning, e-commerce).

Particularmente, en algunas investigaciones [34], [35], [36], [37], [38] se enmarca la funcionalidad del enfoque de minería Web semántica (SWM, Semantic Web Mining), haciendo énfasis en la dupla minería de datos (DM) – Web semántica (SW), para destacar el enorme potencial de esta sinergia tecnológica en el análisis del comportamiento de los usuarios individuales, patrones de acceso de páginas o sitios o las propiedades de colecciones de documentos, a fin de dar sentido al conocimiento generado, ya que la DM es relacionada con la extracción del conocimiento implícito y la SW con el aprendizaje de máquina. De acuerdo a los autores: “... el uso de semántica es para mejorar la minería y el uso de la minería para generar la semántica y, por lo tanto, promover la evolución del espacio Web, lo cual incluye, por supuesto, extracción de la Web Semántica misma.”

Sobre los diversos trabajos producidos por estos y otros autores con relación al tema, se considera muy interesante su análisis a fin de incorporar nuevos hallazgos a la propuesta de modernización del sistema recomendador de oportunidades de estudio (SROE), en virtud del sustantivo aporte que la tecnología SWM puede ofrecer, en aras de mejorar la precisión de sus resultados.

Vale señalar que en las sucesivas etapas de maduración del SROE, se ha transitado por diversos enfoques y se han obtenido diversas visiones de lo que se espera; así, por ejemplo, en [14] se implementó una primera versión

empleando el paradigma ontológico para lograr representar información con mayor significado (semántica) y mejor articulada a su contexto, a fin de: “... ayudar al estudiante en la búsqueda y recuperación de la información del dominio, que oriente sus decisiones para elegir estudios que satisfagan sus expectativas, a escoger la mejor opción de estudios a nivel universitario.” Asimismo, la semántica incluida en el SROE es un fundamento importante para que los agentes de software puedan inferir conocimientos sobre los axiomas en la ontología; de esta forma, el paradigma ontológico en particular y las tecnologías semánticas en general, están haciendo su papel cuando asisten como recursos útiles para perfeccionar tanto los perfiles de los usuarios, como los de su contexto de uso, a propósito de mejorar las recomendaciones del SROE y la Web Semántica, como recurso para acceder y visualizar la ontología, sobre la base de una representación explícita del conocimiento y una gestión más inteligente.

En el desarrollo de la minería Web semántica existen importantes aportes, dirigidos a variados ambientes que abarcan gran parte de las “e-activities” [36], tales como: e-commerce, e-learning, e-government, e-science, donde se emplean diversas técnicas de DM para descubrir patrones de los datos obtenidos por diferentes accesos, especialmente de los perfiles de usuarios. No obstante, no se han encontrado antecedentes que usen dicha tecnología para mejorar la capacidad de respuesta de un sistema recomendador, en la misión de ofrecer sugerencias en la elección de oportunidades de estudio a los aspirantes. Por lo tanto, y dado lo novedoso del campo, las mejoras propuestas se basan en un enfoque híbrido para ofrecer recomendaciones personalizadas a los aspirantes a ingresar a cualquiera de las IES venezolanas, implementando la tecnología ya indicada.

3.4 Trabajos con Dominios Similares

Frente al reto de mejorar el modelo existente del SROE, añadiendo nuevos enfoques en aras de modernizar dicha propuesta, se realizó un trabajo progresivo de investigación, en dos etapas. En la primera se analizaron tres aportes centrales [7], [8], [9], para derivar en una primera versión de prototipo modernizado. De este análisis, el trabajo marcado como [7] tiene por finalidad sugerir opciones de estudio a los aspirantes (alumnos de educación secundaria) para ingresar a alguna de las IES venezolanas; en la segunda propuesta, identificada como [8], se determinó que el objetivo central es ayudar a los estudiantes a encontrar un camino óptimo (enlaces) en relación al material apropiado para su aprendizaje, y en el tercer trabajo, distinguido como [9], se propone facilitar el proceso de selección de herramientas de minería, a fin que puedan ser usadas adecuadamente sin necesidad de ser experto. A continuación, a manera de síntesis comparativa, en la Tabla 1 se describen las semejanzas en cuanto a objetivos y alcance de cada trabajo, lo cual permitió abordar -en parte- la solución pretendida a cada problema planteado, referido en las respectivas investigaciones.

Tabla 1. Semejanzas relevantes entre los trabajos comparados

Ref.	Planteamiento: Problemas en la gestión del conocimiento	Objetivo: Sustentar solución al problema mediante un SR	Alcance: Lograr recomendaciones personalizadas
(7)	Abordar problemas de sobre abundancia y diseminación indiscriminada de información y de oferta arbitraria, sin pertinencia, dirigida a los aspirante a ingresar al sistema de educación universitaria venezolana	Sugerir opciones de estudio a los aspirantes (alumnos) para cursar carreras a nivel universitario	Conformar bases de conocimiento de sistema recomendador que oriente las decisiones de los usuarios en ambientes prolíficos de información y marcados por la incertidumbre.
(8)	Problemas que tiene un docente para realizar procesos de minería Web y recomendar enlaces en un sistema Web adaptativo	Ayudar a los estudiantes a encontrar un camino óptimo (enlaces) en su material de aprendizaje	Describir un sistema de recomendación personalizado que use minería Web para recomendar los próximos enlaces a visitar.
(9)	Se debate el problema del usuario que no posee complejos conocimientos y debe usar una herramientas de minería	Facilitar la selección de herramientas de minería, a fin que pueda ser usadas sin necesidad de ser experto	Desarrollar un sistema (“dinámico y adaptativo”) inteligente para minería de datos que incluya labor de pseudo-experto dentro de sus funciones

Asimismo, en la Tabla 2, se hace otra síntesis comparativa de las diferencias más resaltantes en cuanto a la arquitectura, el enfoque, la tecnología y otros aspectos que caracterizan cada trabajo de investigación revisado:

Tabla 2. Diferencias resaltantes entre los trabajos comparados

Ref.	Arquitectura del SR	Producción de la Recomendación	Enfoque	Base Tecnológica	Estructura de Datos
(7)	La Web Semántica como interfaz para compartir y reutilizar conocimiento, aprovechando los metadatos y ontologías	Agentes inteligentes que ayudan a recuperar información, coordinado con las ontologías	Usar ontologías (de dominio y de perfil de usuario), agentes inteligentes para ofrecer recomendación	-Web Semántica -Modelado de Dominio y de Perfil usuario -Ontologías -Metodología GAIA (Agentes inteligentes) -Técnica Merge (base de conocimiento)	Centrada en ontologías como estructuras de datos para extracción y recuperación de información. Estas abarcan diferentes dominios
(8)	Centrada en dos módulos: uno de minería (off-line) y uno de recomendación (on-line), mediados por el manejo de metadatos	Posee un motor de recomendación para procesar datos y obtener la recomendación	Usar sistemas adaptables e inteligentes, minería, filtrado colaborativo para lograr recomendación	-AIWBES → AHA! -Minería de datos (algoritmo k-means) -Pruebas de minería con AprioriAll, GSP y PrefixSpan -Motor Recomendación	Usa los registros y el perfil de los usuarios como estructuras de datos para la extracción y recuperación de información
(9)	Se centra en una Arquitectura de 4 Capas, con los agentes interactuando selectivamente entre ellas	Agentes Inteligentes para recomendar (según el problema a resolver) las técnicas más adecuadas y los parámetros de calidad relacionados	Usar minería de datos más agentes inteligentes para ofrecer una recomendación	-Portal Web -METALA -Java Beans + J2EE -Agentes inteligentes -Minería de datos	Este enfoque no se centra en el manejo de información para extraer conocimiento, sino para orientar al usuario en el método de Minería

Esta primera etapa de reformulación dio como resultado el modelo general que se puede apreciar en la figura 3 (que para los efectos se denominará Modelo Simplificado), el cual es descrito

a continuación y se vincula directamente con el Modelo SROE-extendido que se expone en la sección 4 del presente trabajo.

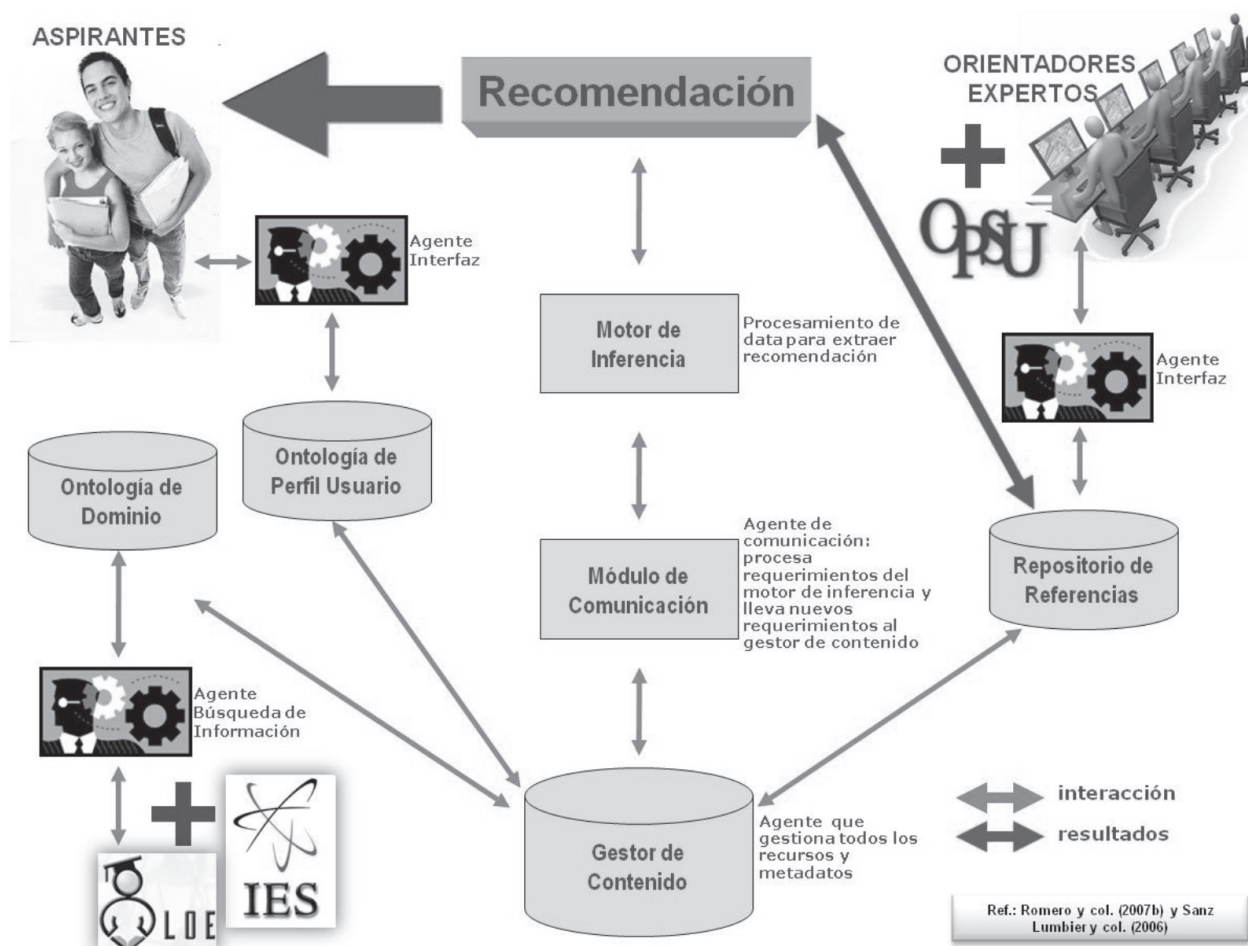


Figura 3. Modelo simplificado de la versión previa (el primer escenario) [40]. Basado en la propuesta de [8].

El modelo sugerido estará compuesto por los siguientes elementos:

Agente Interfaz: Sirve como ayuda al usuario en la interacción hombre-máquina, asistiéndolo en el uso del sistema. Dependiendo del módulo donde se requiera, es responsable de recibir requerimientos, explorar páginas, así como de mantener y actualizar la información.

Agente de búsqueda de información (de tipo móvil), con capacidad de recorrer grandes redes (como Internet), para interactuar con diversos servidores (IES, LOE), a fin de realizar una serie de tareas previamente asignadas y regresar a su punto de partida.

Ontologías (Dominio / Perfil de Usuario): Estructuras de almacenamiento de datos e información, relacionadas con el dominio del problema (carreras, ubicación, dependencia, área de conocimiento) y con el perfil del usuario. Alimentan la base de conocimiento del SROE.

Repositorio de Referencias: Registro de sugerencias derivadas de la interacción de expertos, orientadores y otros usuarios con los aspirantes.

Gestor de contenido: Especie de agente colaborativo con autonomía, intencionalidad y sociabilidad, capaz de colaborar y negociar con otros agentes, a fin de gestionar todos los recursos y metadatos del SROE.

Módulo de Comunicación: Es un agente que como componente de comunicación procesa los requerimientos del motor de inferencia y lleva nuevos requerimientos al gestor de contenidos.

Módulo de Inferencia: Procesa datos para extraer recomendación. Actúa ante los eventos enviados por la interfaz y colabora con el Modelo de Dominio y el Modelo de Usuario para personalizar las respuestas a las características del aspirante.

Recomendaciones: Sugerencia(s) originada (s) por el sistema luego de evaluar y procesar los requerimientos del usuario aspirante u otro relacionado con el SR.

Roles:

Aspirante: usuario que requiere información sobre la carrera a estudiar en alguna IES.

- IES: Instituciones de Educación Superior
 - OPSU: oficina de planificación del sector universitario del Ministerio.
 - Expertos: especialistas relacionados con los datos del aspirante
 - Orientadores: profesionales que ejercen funciones de guía vocacional en las instituciones de educación media
 - **Modelo de Dominio:** Características del entorno y recursos (carreras, ubicación, dependencia, área de conocimiento)
 - **Modelo de Usuario:** Conocimiento de las preferencias y gustos del usuario
 - Características generales u objetivas (personales, demográficas, de seguridad y acceso)
 - Variables subjetivas del perfil del usuario (aptitudes, preferencias, características específicas, etc.).
- En la segunda etapa, se sometió el denominado modelo simplificado a una perspectiva mejorada basada en los enfoques, llegando a establecer algunas relaciones puntuales. La tabla 3 muestra dicha relación:

Tabla 3. Síntesis de los aportes utilizados en el modelaje del modelo SROE Extendido.

Trabajos Previos	Objetivo	Contribución
Ontologías y Agentes Inteligentes	Vincular la estructura consensuada presente en las ontologías a la gestión del conocimiento que poseen e intercambian los agentes de software, ya que estas aplicaciones son responsables de tareas esenciales, como el descubrimiento y selección de recursos de información dentro de entornos homogéneos o heterogéneos, facilitando la reusabilidad, intercambiabilidad e interoperatividad que ayudará en la gestión de información y en la comunicación entre sistemas y aplicaciones.	Desarrollo de ontologías de dominio y de perfil de usuario. Esta última, considera múltiples variables para representar rasgos objetivos como ubicación geográfica, índice académico, nivel educativo o socioeconómico, así como aspectos subjetivos, tales como: comprensión del dominio, aspiraciones, motivación, intereses, preferencias, actitudes, madurez vocacional o destrezas. Implementación del prototipo de sistema recomendador asistido por una entidad multi-agente para la gestión de información, en el que cada agente realice su función y, además, se relacione con los otros agentes que constituyen el sistema por medio de un lenguaje de comunicación de agentes.
Agentes Inteligentes y Minería de Datos	Establecer relación existente entre las funciones intrínsecas de la minería de datos y el uso de los atributos de los agentes inteligentes, es sumamente útil para revelar patrones de uso, perfiles o tendencias, permitiendo la creación de modelos que se emplean en el descubrimiento del conocimiento.	En el modelo propuesto del SROE se implementó una entidad multi-agente con la intención de hacer uso de las funciones vinculantes de la minería para optimizar su gestión de información, ya que entre los elementos individuales de la entidad se espera exista la coordinación de sus acciones para trabajar en cooperación.
Web Semántica y Minería de Datos	Hacer uso del enfoque de minería Web semántica (SWM, Semantic Web Mining), haciendo énfasis en la dupla minería de datos (DM) – Web semántica (SW), para destacar el potencial de esta sinergia tecnológica en el análisis del comportamiento de los usuarios individuales, patrones de acceso de páginas o sitios de la Web o las propiedades de colecciones de documentos, a fin de dar sentido al conocimiento generado, ya que la DM se relaciona con la extracción del conocimiento implícito y la SW con el aprendizaje de máquina.	En una primera versión se empleó el paradigma ontológico para lograr representar información con mayor significado (semántica) y mejor articulada a su contexto. La semántica incluida en el SROE es un fundamento importante para que los agentes de software puedan inferir conocimientos sobre los axiomas en la ontología; de esta forma, la tecnología hace su papel cuando asiste como recurso útil para perfeccionar tanto los perfiles de los usuarios, como los de su contexto de uso, a propósito de mejorar las recomendaciones del SROE; la Web semántica, se emplea como recurso para acceder y visualizar la ontología, sobre la base de una representación explícita del conocimiento y una gestión más inteligente.

IV. MODELO ACTUALIZADO: EL SR-EXTENDIDO

En el modelo original del Sistema Recomendador (SR) se planteó en el uso de ontologías (de dominio y de perfil de usuario) como una forma de normalizar el conocimiento, representarlo como metadatos y usar esta estructura para hacer

el conocimiento accesible, compartible, reusable o modificable mediante la Web semántica; todo ello, con el objeto de lograr un acercamiento al problema de orientar a los aspirantes en la elección de una carrera universitaria, adecuada a sus necesidades e intereses [7]. En el presente trabajo, dicho modelo ha experimentado un cambio trascendente al incorporar mejoras

relacionadas con el uso de agentes inteligentes y minería Web semántica (SWM), planteándose la posibilidad de robustecer el modelo del Sistema Recomendador de Oportunidades de Estudio (SROE) de la siguiente forma:

- Ontologías y Agentes Inteligentes.

Como estructura consensuada, las ontologías pueden unificar la información y enriquecer sustancialmente la gestión del conocimiento, generando contenidos mejorados, bien estructurados, estandarizados y verificados, lo que facilita su localización y recuperación y, además, incrementa su riqueza semántica. En esta actividad, las características que revisten de inteligencia a los agentes (autonomía, sociabilidad, reactividad, proactividad) brindan excelentes herramientas para el descubrimiento y selección de recursos de información dentro de entornos homogéneos o heterogéneos, permitiéndoles actuar como mediadores entre las diferentes fuentes y valerse de la reusabilidad, intercambiabilidad e interoperatividad para optimizar la gestión de información y la comunicación entre sistemas y aplicaciones.

- Agentes Inteligentes y Minería de Datos.

Estas mismas características de los agentes que son tan valoradas para la gestión del conocimiento, están estrechamente vinculadas a las funciones que aplica la minería de datos para la extracción de información útil (conocimiento) en ingentes cantidades de datos digitales, aplicando algoritmos específicos que ayudan a extraer patrones para su análisis y evaluación. En el caso del SROE, el conocimiento extraído serviría para conformar un modelo que, usando las técnicas apropiadas, podría hacer deducciones en base a determinados comportamientos de los aspirantes y dar una respuesta personalizada a interrogantes que un sistema recomendador limitado no podrá ofrecer, extendiendo las prestaciones del servicio de búsqueda y extracción mediante la adecuada combinación de minería y agentes.

Sobre la base de las siguientes premisas: la minería de datos es especialmente útil para extraer conocimiento (información útil) de las estructuras ontológicas, siendo además un campo fructífero para la implementación de agentes, dada la aproximación que existe entre esta técnica y las funciones de los agentes, se estima que la semántica presente en el SROE, puede mejorar sensiblemente la personalización de las recomendaciones. Vale señalar el estudio realizado para analizar el uso de los Algoritmos Genéticos como técnicas de minería para mejorar la efectividad de la recomendación del SROE [42]. Con esta técnica se cree que el sistema puede ser capaz de aprender de las características personales de cada usuario (ontología de perfil de usuario) y, en base a ello, proporcionar sugerencias sobre carreras que se ajusten a la multidimensionalidad del aspirante.

- Minería Web Semántica.

Esta novedosa tecnología estima, por una parte, la adquisición y explotación de documentos Web usando técnicas inteligentes,

y por la otra, la utilización de la Web (Web usage) como un lugar para hacer negocios electrónicamente [36], aplicando técnicas de minería para descubrir patrones de uso que ayuden a comprender mejor las necesidades del usuario. Dentro de este enfoque es posible enmarcar las actividades del SROE, explotando el conocimiento subyacente en las páginas relacionadas con la OPSU/CNU y las IES, las cuales pueden ayudar a individualizar la respuesta del sistema, dinamizando la recomendación haciendo uso del perfil del aspirante y de algunos patrones (uso, comportamiento, preferencias) [37], [39].

De allí que, esta propuesta de mejorar el modelo de SR anterior (Figura 3), podría ser muy importante para el desarrollo definitivo del SROE con apreciable autonomía, ya que contaría con fortalezas de varios modelos exitosos previos. De acuerdo a esta percepción, podría configurarse el Modelo SR-extendido propuesto (Figura 4), con las siguientes mejoras:

- De enfoque. Se estima mejorar el modelo incorporando los enfoques de minería, adaptabilidad, inteligencia y semántica, ampliando el uso del sistema en la gestión del contenido, la comunicación y las inferencias.
- De alcance. Se aspira desarrollar el modelo para que oriente las decisiones de los usuarios en ambientes prolíficos de información y, generalmente, marcados por la incertidumbre, como es la selección de una opción de estudio en alguna de las IES, dando carácter interactivo al sistema e incrementando su funcionalidad para suministrar, automáticamente, sugerencias ajustadas a las características y necesidades de los aspirantes.
- De diseño. Se exponen los componentes del Modelo SROE-extendido, bajo el nuevo enfoque que surge de estudiar e incorporar las mejoras y aportes tomados de los antecedentes analizados, agrupados en términos de: a) Interfaz, b) Procesos, c) Almacenamiento y d) Roles más destacados, los cuales se pueden apreciar en la figura 4 y se detallan a continuación:
 - a) **Interfaz.** Están en contacto directo con los usuarios, permitiéndoles interactuar con el sistema; tienen la responsabilidad de coleccionar sus requerimientos y de mostrarle los resultados de su consulta. Se plantea como una estructura Web Semántica que pueda gestionar la información, esto es, representarla, encontrarla, procesarla, bajo el enfoque de procesamiento inteligente de máquina:
 - Aspirantes
 - Orientadores, Expertos, OPSU
 - b) **Procesos.** Existen tres procesos esenciales:
 - Descubrimiento de patrones: proceso ejecutado mediante agentes con la idea de aplicar diferentes algoritmos de análisis a los datos ya transformados, para la localización de patrones útiles e interesantes en los metadatos., usa agentes como intermediario.

d) Roles. En el modelo se ejecutan los siguientes roles:

- Aspirante: usuario que requiere información sobre la carrera a estudiar en alguna IES.
- IES: Instituciones de Educación Superior
- OPSU: oficina de planificación del sector universitario del Ministerio de Educación Superior.
- Expertos: especialistas relacionados con los datos del aspirante.
- Orientadores: profesionales que ejercer funciones de guía vocacional en las instituciones de educación media

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La tendencia más relevante en la mayoría de las investigaciones analizadas se inclina hacia la conversión proactiva de la información en conocimiento, para lograr un acercamiento personalizado de éste (el conocimiento) al usuario con el fin último de liberarlo del manejo de tediosas e infructuosas búsquedas y brindarle resultados expeditos que le ayuden a tomar decisiones más asertivas.

En este sentido, la aplicación de la minería de datos es especialmente útil, dada la posibilidad de extraer conocimiento (información útil) de las estructuras ontológicas; asimismo, es un campo fructífero para la implementación de agentes, dada la aproximación que existe entre esta técnica y las funciones de los agentes.

Es importante que el SROE cuente con la posibilidad de una interacción directa de los orientadores y expertos con los aspirantes. Por lo que se cree que en una acción futura, podría incorporarse en el recomendador, la versatilidad presente en los sistemas hipermedia adaptativos (SHA) para mejorar la personalización del perfil de usuario y acercarse más a sus necesidades.

La tecnología que ofrece la minería Web semántica proyecta mejorar los resultados obtenidos de la minería Web, al tiempo que explota las bondades de las nuevas estructuras semánticas presentes en la Web. La estimación de la semántica en el SROE, mejora sensiblemente la personalización de las recomendaciones.

De esta forma, luego de actualizar con las señaladas mejoras la propuesta inicial del SROE, quedaría abierta la posibilidad de desarrollo factible basada en minería Web semántica, como alternativa para apuntalar las decisiones de los estudiantes candidatos a ingresar a nivel superior en Venezuela, mediante recomendaciones personalizadas.

De allí que, como línea de acción futura se prevé evolucionar en el desarrollo del SROE, implementando un prototipo experimental del cual se extraigan recomendaciones base

provenientes de las ontologías, experimentando el uso de la aplicación Protégé integrada con Jena, siendo éste último un API de Java, que la comunidad de desarrolladores de Software Libre recomienda para RDF y OWL [41], ya que mejora considerablemente: "...la prestación de servicios para la representación de modelos, análisis sintáctico, la persistencia de bases de datos, consultas y algunas herramientas de visualización."

Otro aspecto importante es determinar las técnicas y algoritmos más apropiados, para desarrollar un prototipo mejorado que permita simular el ambiente del aspirante y validar las presunciones aquí presentadas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Herrera, F. 2008. Genetic fuzzy systems: taxonomy, current research trends and prospects, En: *Evolutionary Intelligence*, Vol. 1, Num.1 pp. 27-46. SpringerLink.
- [2] Romero, C. y Ventura, S. 2007a. Educational data mining: a survey from 1995 to 2005. En: *Expert System with Applications*, Vol. 33, Issue 1. pp. 135-146.
- [3] De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., de Lange, B., Rousseau, R., Santic, T., Smits, D. y Stash, N. 1998. AHA!, The Adaptive Hypermedia Architecture. En: *New Review of Hypermedia and Multimedia*, Vol. 4, Issue 1 pp. 115 - 139.
- [4] Gil R, Borges A, Ramos L. y Contreras L. 2008. Ontologies Integration for University Institutions: Approach to an Alignment Evaluation. En: *19th Australian Software Engineering Conference ASWEC*. Australia, IEEE Computer Society. pp. 570-578.
- [5] Ramos L. y Gil R. 2007. Propuesta de Sistema de Información para Apoyar la Gestión de la Educación a Distancia. En: *Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*, USA.
- [6] Gil, R., Contreras, L., Ferrer, J. y Rivas, C. 2007. Estrategia Ontológica para abordar heterogeneidad de dominios en Instituciones Universitarias. En: *Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*, USA. pp.47-52.
- [7] Borges, A. Corniel, M., Gil, R., Contreras, L. y Borges, R. 2009. Towards a Study Opportunities Recommender System in Ontological Principles-based on Semantic Web Environment. En: *WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS*. ISSN: 1109-2750. Issue 2, Volume 8. pp. 279-291.
- [8] Romero, C., Ventura, S., Delgado, J. y De Bra, P. 2007b. Personalized Links Recommendation Based on Data Mining in Adaptive Educational Hypermedia Systems. En: *Lecture Notes in Computer Science*, 2007, Volume 4753, pp. 292-306
- [9] Hernansaez, J., Botía, J. y Skarmeta, A. 2005. Asistencia personalizada a la Minería de Datos mediante Agentes Inteligentes. Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Murcia. España.
- [10] Castejón, A. 76 mil 613 aspirantes modificaron opciones en el Rusnies. Últimas Noticias, 7 de julio de 2009, Sección Vida Universitaria, pp. 8.
- [11] Gil, R. y Contreras, L. 2006. El Producto y Proceso de Modelado de Sistemas de Información basado en Ontologías: Revisión Bibliográfica. En: *5ta. Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*, CISCI.
- [12] Gil, R., Borges, A. y Contreras, L. 2007. Shared Ontologies to Increase Systems Interoperability in University Institutions. En:

- Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology, pp. 799–808.
- [13] Callaos, N. y Callaos, B. 1996. Designing with a system total quality. En: International Conference on Information System Analysis and Synthesis (ISAS'96). pp. 15-23.
- [14] Borges A., Gil R., Corniel, M., Ramos L. y Contreras, L. 2008. Ontological Model as Support Decision Making in Study Opportunities: Towards a Recommendation System. En: 4th WSEAS/IASME International Conference on Educational Technologies (EDUTE'08). Pp.91-99.
- [15] Corniel, M., Ramos, L., Borges, A., Contreras, L. y Gil, R. 2008. Modelo Ontológico como apoyo a la toma de decisiones en Oportunidades de Estudio. En: II Congreso Venezolano de Enseñanza de Ingeniería. JIFI-EAI 2008. Modalidad cartel.
- [16] Oficina de Planificación del Sector Universitario del Consejo Nacional de Universidades (CNU/ OPSU). 2007. Libro de Oportunidades de Estudio en las Instituciones de Educación Superior en Venezuela, Caracas: autor. 250 P.
- [17] Consejo Nacional de Universidades – Oficina de Planificación del Sector Universitario (CNU/ OPSU). Libro de Oportunidades de Estudio on-line, <http://loe.opsu.gob.ve>.
- [18] Gómez-Pérez A., Fernyo-López, M. y Corcho, O. 2004. Ontology Engineering, London: Springer-Verlag.
- [19] The Protégé Project. Protégé. <http://protege.stanford.edu/>
- [20] Berners-Lee, T., Hendler, J. y Lassila, O. 2001. The Semantic Web, En: Scientific American, <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-semantic-web>
- [21] Gil, R., Borges, A., Corniel, M., Ferrer, J., Rivas, C. y Contreras, L. 2008. Sistemas Inteligentes Web basados en Aprendizaje Ontológico: un caso de gestión universitaria. En: IV Seminario de Inteligencia Artificial: Un Panorama de Aplicaciones. FacCs-UCV. Caracas, Venezuela.
- [22] Gil, R. 2008. Propuesta Proyecto de Tesis Doctoral. USB-Venezuela.
- [23] Gil, R., Borges, A., Contreras, L., Ramos, L. y Martín-Bautista, M. 2009. Improving Ontologies through Ontology Learning: a University Case. En: 2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering (CSIA 2009), Vol. 4, pp.558-563.
- [24] Pérez-Soltero, A., Barceló-Valenzuela, M., Sánchez-Schmitz, G. y Navarro-Hernández, R. Modelo Ontológico como Apoyo a la Asignación de Recursos (MOAR). Caso de Estudio: Programación de Cursos Escolares. En: Conferencia Ibero-Americana IADIS/ WWW Internet 2005 (CIAWI 2005). pp. 328-335.
- [25] Martí, J. Una mirada al desarrollo, evolución y tendencias de los sistemas inteligentes adaptativos en el ámbito educativo. Documento on-line. [http://fbio.uh.cu/educación_distancia/ArticulosPDF/Una mirada al desarrollo de los SHA. Cuba](http://fbio.uh.cu/educación_distancia/ArticulosPDF/Una%20mirada%20al%20desarrollo%20de%20los%20SHA.%20Cuba).
- [26] Wooldridge, M. y Jennings, N. 1995. Intelligent agents: theory y practice. En: The Knowledge Engineering Review, Vol. 10:2. pp.115-152.
- [27] Tramullas Saz, J. 2001. Agentes y ontologías para el tratamiento de la información: clasificación y recuperación en Internet. Documento on-line: <http://www.slideshare.net/tramullas/agentes-y-ontologas-para-el-tratamiento-de-la-informacin>. Universidad de Zaragoza, España.
- [28] Julián, V. y Botti, V. 2000. Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial. En: NOVATICA, Mayo-Junio, 2000. Especial 25 aniversario Edición digital. pp.95-99.
- [29] García-Ojeda, J., Pérez-Alcázar, J. y Arenas, A. 2002. Aplicación de una Metodología de Desarrollo de Sistemas Multiagente en la Diseminación Selectiva de Información en la Web. En: Congreso Iberoamericano de Telemática, ULA Venezuela.
- [30] Huhns, M. y Singh, M. 1998. Readings in Agents. Readings in Agents. Chapter 1, 1-24.
- [31] Martín, A., Celestino, S., Valdenebro, A. y Mensaque, J. 2009. Perfil inteligente de ontologías para la recuperación de información. En: IX Congreso ISKO-Capítulo Español.
- [32] Nwana, H. 1996. Software Agents: An Overview. En: Knowledge Engineering Review, Vol. 11, No 3, pp.1-40.
- [33] Jennings, N. y Wooldridge, M. 1998. Applications of Intelligent Agents. En: Agent technology: foundations, applications, and markets. pp.3-28.
- [34] Berendt, B. 2006. Semantic Web Usage Mining –Overview y Case Studies–. En: Talk at Jožef Stefan Institute, Ljubljana.
- [35] Berendt, B., Hotho, A., Mladenic, D., van Someren, M., Spiliopoulou, M. y Stumme, G. 2004. A Roadmap for Web Mining: From Web to Semantic Web. En: Notes in Computer Science, Series : Lecture Notes in Computer Science, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 320. Springer-Verlag Heidelberg
- [36] Berendt, B., Hotho, A. y Stumme, G. 2005. Semantic Web Mining y the Representation, Analysis y Evolution of Web Space. En: Proceedings of Raws 2005 Workshop, pp. 1–16.
- [37] Srivastava, J., Cooley, R., Deshpande, M. y Tan, P. 2000. Web Usage Mining: Discovery y Applications of Usage Patterns from Web Data. En: SIGKDD Explorations, ACM SIGKDD, Volume 1, Issue 2. pp. 12-23.
- [38] Mobasher, B. 2005. Web Usage Mining and Personalization. En: Practical Handbook of Internet Computing, Cap. I. CRC Press.
- [39] Durán, E. y Nieves, R. 2006. Descubrimiento de Conocimiento para Personalización de Sistemas de Aprendizaje Colaborativo. En: III ONLINE Congress: Observatory for CyberSociety. Documento on-line: <http://www.cibersociedad.net/congres2006>
- [40] Corniel, M. y Gil, R. 2009. Notas del curso del Master-UGR. Papel de Trabajo conjunto (tarea). USB-Venezuela y UGR-España.
- [41] The Protégé Project. Integration of Jena in Protégé-OWL. Documento on-line: <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/jena-integration.html>
- [42] Ujjin, S. y Bentley, P. J. Learning User Preferences Using Evolution. In Proceedings of the 4th Asia-Pacific Conference on Simulated Evolution and Learning (SEAL'02) 2002. Singapore.

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
Facultad de Minas



Escuela de Ingeniería de Sistemas
Grupos de Investigación

Grupo de Investigación en Sistemas e Informática

Categoría A de Excelencia Colciencias
2004 - 2006 y 2000.

**GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en
Inteligencia Artificial**

Categoría A de Excelencia Colciencias
2006 – 2009.



Grupo de Ingeniería de Software

Categoría C Colciencias 2006.

Grupo de Finanzas Computacionales

Categoría C Colciencias 2006.



Centro de Excelencia en Complejidad

Colciencias 2006

Escuela de Ingeniería de Sistemas
Dirección Postal:
Carrera 80 No. 65 - 223 Bloque M8A
Facultad de Minas. Medellín - Colombia
Tel: (574) 4255350 Fax: (574) 4255365
Email: esistema@unalmed.edu.co
<http://pisis.unalmed.edu.co/>

