

# Personalizar la enseñanza a distancia a través de Internet utilizando WebDL

Jesús G. Boticario, Elena Gaudio \* , Félix Hernández \*  
Departamento de Inteligencia Artificial,  
Universidad Nacional de Educación a Distancia (U.N.E.D.).  
{jgb, elena, felixh}@dia.uned.es.  
\* Becarios predoctorales UNED

Resumen:

*La mayoría de los sistemas educativos se adaptan al alumno mediante reglas docentes predefinidas por el diseñador del curso y el mantenimiento de un modelo de usuario en el que se guarda la información sobre el alumno. Sin embargo la verdadera adaptación se consigue si los modelos y las reglas docentes pudieran modificarse como resultado de la interacción del alumno con el sistema. Vamos a presentar en este artículo WebDL (Web-based Distance Learning) un sistema multiagente de educación a distancia basada en la Web que se adapta al alumno mediante técnicas de inteligencia artificial. Describiremos su arquitectura, las tareas de adaptación que realiza y la interacción típica de un alumno con el sistema.*

## 1. Introducción

Un sitio web educativo ofrece una gran variedad de fuentes de información y servicios de comunicación que permite a los alumnos participar de forma activa en el proceso de enseñanza. A pesar de las ventajas evidentes que ofrece Internet, encontramos dos grandes dificultades. En primer lugar cada alumno tiene unas necesidades especiales. En segundo lugar, el carácter estático de los sitios web educativos no permite cubrir de forma adecuada los requerimientos cambiantes de los alumnos con necesidades, gustos y preferencias muy diversas. Esto último afecta de forma inevitable a la elección de las fuentes de información usadas (guías de estudios, índices, glosarios, navegación guiada por los temarios de las asignaturas, actividades complementarias, etc.) y el uso de canales de comunicación disponibles (grupos de noticias, foros de discusión, listas de distribución, espacios de trabajo compartidos, ...).

En este artículo vamos a presentar WebDL (Web-based Distance Learning), un sistema adaptativo de educación a través de Internet que tiene como objetivo adaptar los contenidos y los servicios de un sitio Web a las necesidades y a los intereses del alumno. En primer lugar describiremos los trabajos relacionados realizados hasta el momento en el campo. Continuaremos con la descripción de la arquitectura del sistema y las tareas de adaptación que realiza. Por último resaltaremos las conclusiones y líneas de trabajo futuro.

## 2. Trabajos Relacionados y Fundamentos

El desarrollo de aplicaciones que tratan de solucionar los problemas antes descritos es un campo de investigación de gran auge hoy en día. La razón fundamental de que esto ocurra es que se combinan dos problemas de gran actualidad: una, el desarrollo de sistemas inteligentes y adaptativos de educación basados en Web (SIAE) y, otra, la personalización del acceso a sitios web (Lieberman, 1995; Perkowitz & Etziona, 1999) y a sus servicios (Boticario et al., 2000d). Hasta el momento, el desarrollo de los SIAE basados en la Web (Brusilovsky, 1998) se realiza fundamentalmente en el campo de los sistemas tutoriales inteligentes en la Web (Brusilovsky 1995) (CALAT (Nakabayashi, 1996), ELM-ART (Brusilovsky et al., 1996a),... ) y en el de los sistemas de hipermedia adaptativa.

Los sistemas de hipermedia adaptativa (Brusilovsky, 1996) aplican diferentes tipos de modelados de usuario para adaptar el contenido y los enlaces de las páginas hipermedia al usuario. Algunos de los sistemas de hipermedia adaptativa más conocidos son Interbook (Brusilovsky et al., 1996b) y AHA (De Bra & Calvi, 1998).

La mayoría de los sistemas educativos se adaptan al alumno mediante reglas docentes predefinidas por el diseñador del curso y la creación y mantenimiento de un modelo de usuario en el que se guarda la información sobre el alumno. El campo de la Inteligencia Artificial puede contribuir en gran medida en el diseño de sistemas de enseñanza inteligentes ya que permite el uso de modelos de estudiantes más complejos y reduce el coste y la complejidad en la construcción de estos sistemas. Dos de las técnicas más utilizadas para implementar las tareas de adaptación son las redes bayesianas y el aprendizaje automático (Beck & Stern, 1999).

En WebDL se utilizan técnicas de aprendizaje automático lo que nos permite no sólo adaptar los contenidos del curso a las necesidades del alumno sino que además permite adaptar los servicios disponibles en un web educativo a las preferencias y niveles de pericia del alumno en el uso de estos servicios y de cualquier otro futuro servicio que se introduzca en el sitio Web. Este enfoque es más amplio que el que se viene implementando hasta el momento, en el que la personalización se centra fundamentalmente en los contenidos del curso (ver Figura 1).

Con el enfoque adoptado de sistemas aprendices (asistentes personalizados que aprenden a partir de la observación de las acciones del usuario en la gestión de los elementos de un dominio específico) (Dent et al., 1992) se pretende expandir la base de conocimiento inicial a la vez que se busca reducir el esfuerzo del usuario en la toma de decisiones (qué camino seguir, qué recurso utilizar y cómo, etc.).

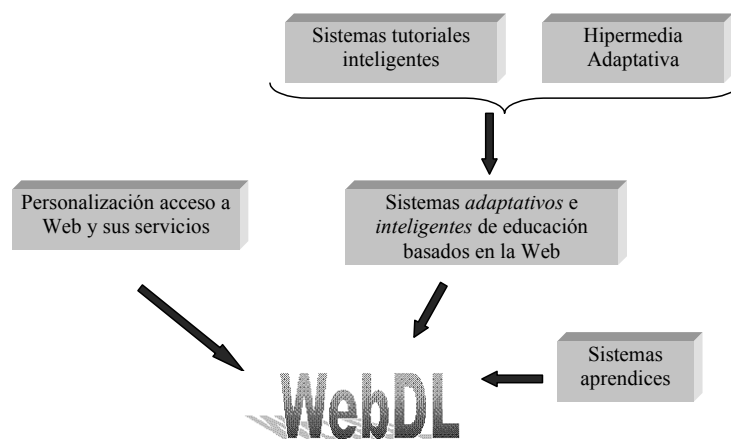


Figura 1. Combinación de técnicas en el desarrollo del sistema WebDL

La razón por la que se ha elegido una arquitectura multiagente es la de poder cubrir la multitud de tareas diversas que conlleva la consecución de los objetivos planteados, así como la de ofrecer una personalización más eficiente mediante la combinación de distintas técnicas de aprendizaje automático (Dietterich, 1997).

Una arquitectura multiagente permite además, rehusar de forma más sencilla componentes ya desarrollados (Paiva, 1996; Chen & Mizoguchi, 1999).

Más trabajos relacionados con el uso de arquitecturas multiagente para construir entornos adaptativos de educación pueden encontrarse en (Vassileva et al., 1999) y en (Beck & Woolf, 2000).

### 3. Descripción de WebDL

El apoyo a la enseñanza que realiza WebDL se basa en un modelo operativo de educación a distancia descrito en (Boticario & Gaudio, 2000c), y los fundamentos en los que se basa se encuentran especificados en (Boticario et al., 2000c)

WebDL esta compuesto por un servidor Web (Mallery, 1994) que permite el acceso de los alumnos al sistema, una base de datos y un núcleo implementado mediante una arquitectura multiagente (Boticario & Gaudio, 2000a).

Las dos componentes principales son el agente de interfaz y módulo adaptativo (ver Figura 2).

El módulo adaptativo esta formado por los siguientes agentes: agente de modelo de usuario, agente de modelado de usuario, agente de material, agente pedagógico, agente de contacto, agente de identificación del servicio, agente de modelo del servicio, agente de modelado del servicio y agente coordinador.

Como se puede observar en la Figura 2, los cuatro primeros proporcionan la funcionalidad básica de un sistema tutorial inteligente. Los cuatro siguientes son útiles para identificar los servicios que pudieran ser de interés para cada alumno. Finalmente, el agente coordinador es el encargado, por un lado, de distribuir las peticiones a los agentes

relacionados con la petición del usuario y, por otro, de confeccionar una única respuesta para el agente interfaz.

El agente interfaz tiene dos funciones principales, la de recoger las peticiones del alumno y reenviárselas al agente coordinador y la de construir las páginas que finalmente se le presentan al alumno a partir de la respuesta dada por el módulo adaptativo y de acuerdo a unas normas de diseño definidas en su base de conocimiento.

Veamos una breve descripción de las funciones de cada uno del resto de agentes que componen el módulo adaptativo:

- Agentes de modelo de usuario y servicio. Son los responsables de adquirir y gestionar el conocimiento acerca de cada usuario y de los servicios. Colaboran con otros agentes para proporcionarles los datos que podrían ser necesarios para sus propias tareas.
- Agente de material. Es el responsable de obtener y gestionar todo el material disponible en el sitio Web (bibliografía, ejercicios, etc.).
- Agente Pedagógico. Es el equivalente al módulo pedagógico en un sistema tutorial inteligente (Wenger, 1987).
- Agente de contacto. Es el responsable de personalización de la cooperación y comunicación entre estudiantes y de éstos con los profesores.
- Agente de Identificación del Servicio. Selecciona los servicios que resultan ser de interés para un número significativo de usuarios.
- Agentes de Modelado de Usuario y de Servicio. Son los responsables de construir y modificar los correspondientes modelos de usuario y de servicio aplicando técnicas de aprendizaje automático. Se han elegido cinco algoritmos de aprendizaje distintos para aprender cada modelo, de tal forma que simultáneamente coexisten cinco agentes de modelado, cada uno con un método de generalización diferente (Boticario & Gaudioso, 2000a).

Es importante resaltar que los modelos que construyen los agentes de modelado difieren en el método de representación de los mismos (necesario para poder aplicar los distintos algoritmos de aprendizaje) y en el valor inferido de cada atributo del modelo (puesto que se calcula de manera diferente en cada caso); sin embargo los atributos en todos los modelos son los mismos (método de estudio preferido, medio de contacto preferido, nivel de pericia en el uso de un determinado servicio, etc.).

Para coordinar las diferentes opciones de modelado se ha introducido un tipo de agente especial: el agente consejero. Este agente es el encargado de aprender el rango de competencia de cada una de las anteriores opciones de modelado (Giráldez & Borrajo, 1998). Los valores aprendidos por el agente consejero permiten discriminar en cada momento cuáles son los agentes de modelado que mejor modelo han generado para cada usuario o cada servicio dependiendo de la tarea que esté realizando el sistema en cada momento.

Para acelerar la respuesta del sistema se vuelca en la base de datos el modelo que mejor valoración haya recibido hasta el momento (el porcentaje debe superar un 90%).

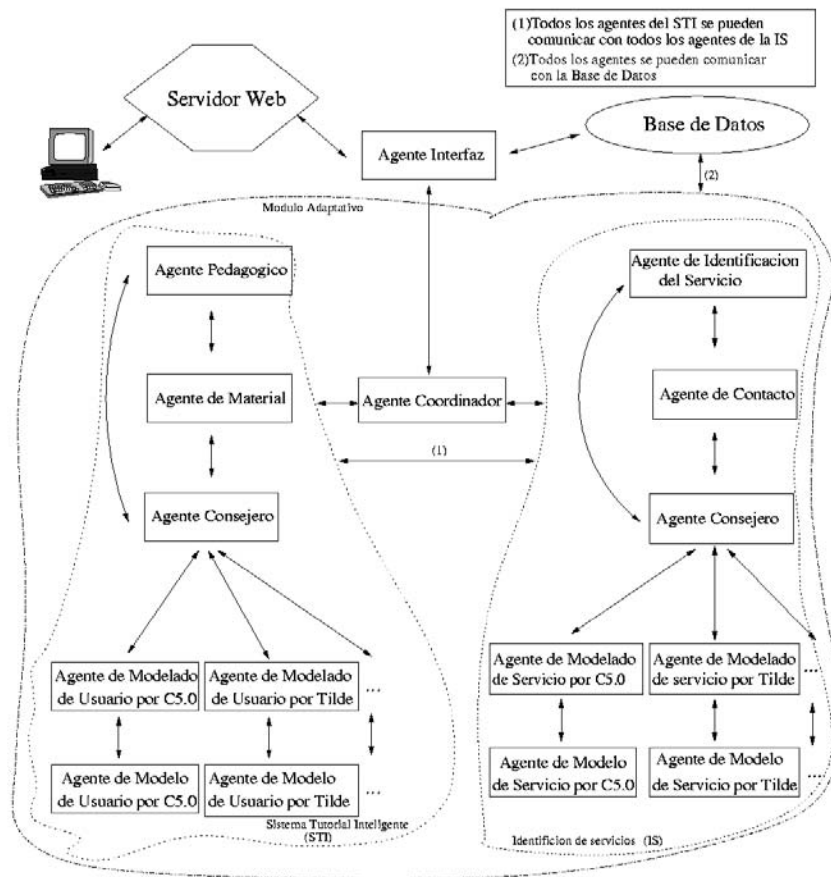


Figura 2. Arquitectura de WebDL

#### 4. Descripción de un Curso Utilizando WebDL

La adaptación se está realizando sobre el acceso del alumno a un sitio Web que contiene el material asociado a tres asignaturas de la Escuela Técnica Informática de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) que dependen del departamento de Inteligencia Artificial. Los detalles de las especificaciones y elementos que componen este sitio Web pueden encontrarse en (Boticario & Gaudioso, 2000b).

En este apartado describiremos las tareas de adaptación que realiza el sistema WebDL. Por último describiremos la interacción de un alumno con el sistema.

##### 4.1 Tareas de adaptación en WebDL

Las tareas de adaptación que realiza WebDL para conseguir los objetivos antes descritos son: soporte adaptativo a la navegación (Brusilovsky, 1996) y soporte adaptativo a la colaboración entre alumnos (Brusilovsky, 1998).

La tarea de soporte adaptativo a la navegación tiene como objetivo ayudar al alumno a encontrar el recorrido óptimo por los contenidos del curso, ordenando, ocultando o anotando los enlaces disponibles (resaltando los que se consideran más importantes,...). Aunque se recomiende un enlace, el sistema mantiene el resto de los enlaces disponibles con el objeto de

dejar que el alumno decida el siguiente paso a realizar (qué concepto quiere aprender o qué problema desea realizar). De esta forma se fomenta el aprendizaje activo y significativo de los alumnos.

El soporte adaptativo a la colaboración es una técnica muy reciente que tiene como objetivo usar el conocimiento que tiene el sistema sobre los estudiantes (guardado en los modelos de usuario) para formar grupos de trabajo, poner a alumnos con los mismos intereses y niveles de experiencia similares en contacto, etc.

De esta forma el alumno puede colaborar con otros compañeros en las tareas pedidas, y discutir entre ellos las dudas de contenidos que pudieran tener de manera cómoda y sencilla con lo que se consigue paliar el aislamiento de los alumnos que estudian a distancia. Ayudando al alumno en el uso de los servicios, permitimos además, que se centre en los contenidos del curso y no pierda demasiado tiempo en comprender el entorno de trabajo.

Los detalles de cómo se realizan estas tareas en WebDL puede encontrarse en (Boticario et al. 2000a).

#### 4.2 Interacción del alumno con WebDL

La interfaz del usuario consta de dos áreas de trabajo claramente diferenciadas (ver Figura 3) cuando los consejos del sistema no puedan ser integrados en la información presentada (por ejemplo, en la parte superior se accede a un foro de discusión y en la parte inferior se muestran otros foros y listas de distribución relacionados) o cuando la información aconsejada sea contextual y no afecte directamente a la información presentada (por ejemplo, cuando en la parte superior se muestra el temario de una asignatura y en su parte inferior se ofrecen asignaturas con temarios relacionados). En otros casos el sistema construye la página junto con las recomendaciones que hace el sistema, añadiendo anotaciones, destacando u ocultando partes del documento, etc. (ver Figura 4)

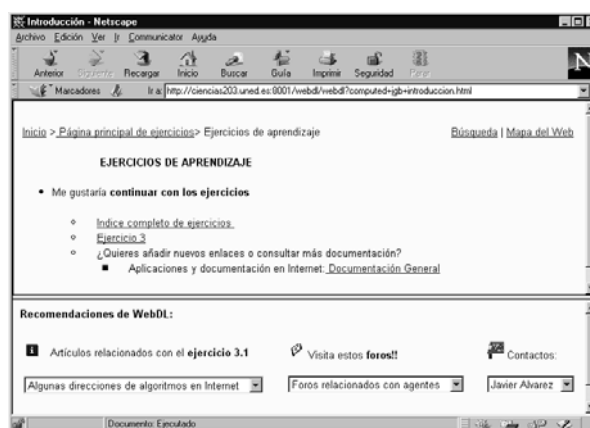


Figura 3. Las dos áreas de trabajo en el interfaz de WebDL

La página inicial de entrada al sistema se genera dinámicamente en función del modelo de usuario de forma que el alumno disponga de un portal al curso adaptado a sus necesidades (noticias de interés, etc.).

El sistema guarda todas las operaciones que haga el alumno (enlaces visitados, ejercicios enviados, operaciones realizadas, etc.). Con estas trazas se construyen los ejemplos

de entrenamiento sobre los que se ejecutarán los algoritmos de aprendizaje antes descritos. Por tanto se hace explícito que la adaptación a las necesidades del alumno se realiza en función de las interacciones de éste con el sistema y no basándose en reglas preestablecidas por el diseñador del curso.

La Figura 4 muestra una página del curso con un enlace recomendado por el sistema cuando éste realiza la tarea de soporte adaptativo a la navegación.

Con respecto a la tarea de soporte adaptativo a la colaboración, en WebDL distinguimos distintas clases de cooperación entre alumnos y profesores: a través de las anotaciones públicas en las páginas, mediante comunicaciones síncronas de las personas conectadas en un determinado momento (chats, . . . ) o mediante la creación de grupos de trabajo en función de las similitudes entre los distintos alumnos. La Figura 5 se muestra como el sistema recomienda al alumno ciertas anotaciones hechas por otros compañeros.

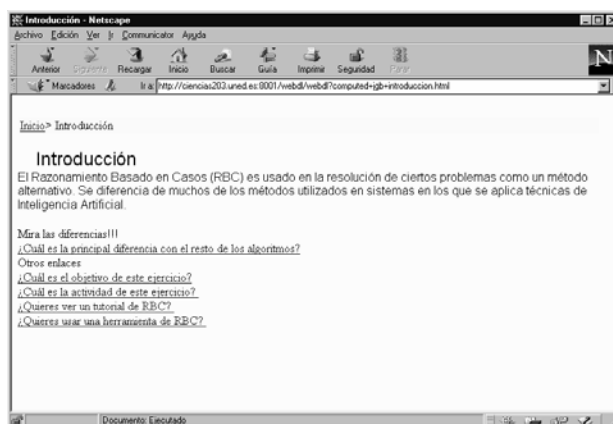


Figura 4. Pantalla de WebDL con un enlace recomendado

Más detalles sobre el flujo de mensajes entre los agentes que se desencadena cuando se realiza una petición, y cómo se resuelven cada una de estas tareas se pueden encontrar en (Boticario & Gaudioso, 2000a) y en (Boticario et al., 2000a).

## 5. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este artículo hemos descrito el sistema WebDL, un sistema interactivo que personaliza y adapta las fuentes de información, contenidos del curso y canales de comunicación disponibles en la web a las necesidades y preferencias del alumno que se conecta, mediante las tareas de soporte adaptativo a la navegación y a la colaboración. Este enfoque es más amplio que el que hasta ahora se ha venido desarrollando que se centraba en la personalización de los contenidos del curso.

Para realizar estos objetivos, el modelado del estudiante y de los servicios se basa en la aplicación y combinación de una serie de técnicas de aprendizaje automático a partir de los datos de los alumnos que se encuentran disponibles a priori y a partir de la interacción del alumno con el sistema.

Indudablemente, el principal esfuerzo que estamos realizando se centra en el desarrollo de la arquitectura multiagente que constituye el núcleo de esta aplicación, ampliando sus funcionalidades (filtrado de información, etc.).

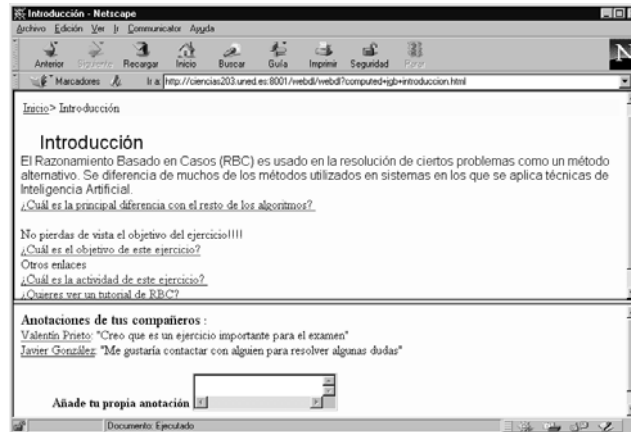


Figura 5. Pantalla de WebDL con anotaciones recomendadas

Con el fin de completar los objetivos expuestos, las principales líneas de actuación en el futuro inmediato son la de implementar las tareas de análisis inteligente de los problemas resueltos por los alumnos, solución asistida de problemas y solución de problemas basada en ejemplos. Además, se va a aprovechar la especificación de la estructura lógica de las páginas en el formato XML para mejorar la capacidad de adaptación a las necesidades individuales de los usuarios.

## 6. Referencias

1. Beck J. y Stern M. (1999). Bringing back the AI to AI & ED. En Proceedings of the Ninth International Conference on Artificial Intelligence in Education. pp. 233-240. 1999. July 18-19, 1999. Le Mans, France. Disponible on-line en: <ftp://queequeg.cs.umass.edu/public/papers/aied99.ps>
2. Beck J. E., y Woolf B. P. (2000). Reasoning from data rather than theory. In Proceedings of the Thirteenth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference. Etheredge J. and Manaris B. (eds). AAAI Press. ISBN 0-1-5735-113-4. pp 34-39.
3. Boticario J.G. y Gaudioso E. (2000a). A Multiagent Architecture for a Web-based adaptive Educational System. In Seth Rogers and Wayne Iba (Eds.) Papers from the 2000 AAAI Spring Symposium, "Adaptive User Interfaces". Stanford, CA, USA, March 20-22. AAAI Press TR SS-00-01, pp. 24-27.
4. Boticario J.G. y Gaudioso E. (2000b). Adaptive web-site for distance learning. Campus-Wide Information Systems. Aceptado, aparecerá publicado en un número de 2000.
5. Boticario, J.G. y Gaudioso E. (2000c). An Internet Distance-Learning Operating Model. Computers and Education in the 21st Century. Manuel Ortega and José Bravo (Editors) Invited papers from the Spanish Congress on Computers in Education (ConieD'99). Kluwer Academic Publishers. Aceptado y pendiente de publicación.
6. Boticario J.G., Gaudioso E. y Hernández F. (2000a). Adaptive Navigation Support and Adaptive Collaboration Support in WebDL. En Proceedings of the International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 1892 Springer Verlag, Trento, Italy.; 28-30 Agosto 2000.
7. Boticario J.G., Gaudioso E., Hernandez F (2000c). Fundamentos de una Enseñanza a Distancia Personalizada en Internet. Congreso Internacional de Informática Educativa 2000, Madrid, UNED, julio 6-8. 2000.
8. Boticario J.G., Catalina C., Córdoba M.A., Rueda J.G., Pesquera A. (2000d). Tec-InFor: Unidad Técnica de Investigación y Formación en Recursos Tecnológicos. En Actas de las Jornadas UNED-2000. Conocimiento, Método y Tecnologías en la Educación a Distancia. Palencia, 28 de junio a 1 de julio 2000. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
9. Brusilovsky P. (1995). Intelligent tutoring systems for World-Wide Web. In: Holzapfel, R. (Ed.) In Proceedings of Third International WWW Conference (Posters), Darmstadt, Fraunhofer Institute for Computer Graphics, pp 42-45.



10. Brusilovsky P., Schwarz E., y Weber G. (1996a). ELM-ART: An intelligent tutoring system on world wide web. In Proceedings of the Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal. Springer Verlag, pp. 261–269.
11. Brusilovsky P., Schwarz E., y Weber G. (1996b). A tool for developing adaptive electronic textbooks on WWW. In Proceedings of WebNet'96, World Conference of the Web Society, San Francisco, CA, October 15-19, p. 64.
12. Brusilovsky P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. In User Modeling and User-Adapted Interaction. Kluwer academic publishers. pp 87–129
13. Brusilovsky P. (1998). Adaptive educational systems on the world-wide-web: A review of available technologies. In Proceedings of Workshop WWW-Based Tutoring at Fourth International Conference on ITS (ITS'98), San Antonio, TX, August. MIT Press.
14. De Bra T. y Calvi L. (1998). AHA! An open Adaptive Hypermedia Architecture. *The New Review of Hypermedia and Multimedia* 4, pp. 115-139.
15. Dent L., Boticario J. G., McDermott J., Mitchell T. M., y Zabowski D. T. (1992). A personal learning apprentice. In Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence, San Jose, CA. MIT Press, pp. 96–103.
16. Dietterich T.G. (1997). Machine-Learning Research. Four Current Directions. *AI Magazine* volume 8 number 4. pp 97-136.
17. Giráldez I. & Borrajo D. (1998). Distributed reinforcement learning in multiagent decision systems. In Helder Coelho, editor, *Progress in Artificial Intelligence*, number 1484 in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Verlag.