

Chrysalis: Agentes de Usuario en la Construcción de Bibliotecas Digitales Botánicas

J. Alfredo Sánchez¹, Cristina A. López¹, John L. Schnase²

¹Laboratorio de Tecnologías Interactivas y Cooperativas, Universidad de las Américas-Puebla,
alfredo@mail.udlap.mx, cristina@ict.udlap.mx,

²Center for Botanical Informatics, Missouri Botanical Garden, schnase@mobot.org

Artículo recibido el 16 de mayo de 1998; aceptado el 1 de enero de 1999

Resumen

Los agentes de usuario son la base de un nuevo estilo de interacción humano computadora. Este artículo describe un enfoque y un ambiente basados en la participación de agentes de usuario en la construcción de una biblioteca digital botánica, la cual consiste de extensos acervos de datos (sobre plantas) y servicios relacionados. En el ambiente propuesto, denominado Chrysalis, los autores de descripciones morfológicas de plantas pueden introducir datos en la biblioteca digital utilizando un editor accesible desde WWW. Un agente que opera paralelamente con el editor hace sugerencias sobre descripciones morfológicas potencialmente útiles para ayudar en la creación de la que se está introduciendo. Estas sugerencias se basan en la similitud del nuevo documento con los ya existentes en la biblioteca digital. Algunos de los beneficios del uso de Chrysalis incluyen: la reducción del potencial de inconsistencias y errores en los datos, el mayor paralelismo en las descripciones, así como un ahorro considerable en el tiempo invertido normalmente para revisar el paralelismo y editar manualmente los datos.

Palabras Clave:

Agentes, interfaces basadas en agentes, bibliotecas digitales, Biblioteca Digital Florística, FNA, FDL, Chrysalis.

1 Introducción

De los campos de estudio que han surgido recientemente relacionados con las ciencias computacionales, Bibliotecas Digitales se ha convertido en una de las áreas de investigación multidisciplinarias más vigorosas. Un gran número de conferencias, talleres y publicaciones electrónicas (por ejemplo: (ACM. 1995, 1997, 1998), (Fox & Marchionini 1996), (Schnase *et al.* 1994), y (Shipman *et al.* 1995) muestran el entusiasmo y la creatividad de la comunidad investigadora en esta área. Una meta importante de estas investigaciones es la de liberar a los usuarios de las limitaciones y restricciones que imponen las bibliotecas convencionales, así como hacer posibles nuevas formas de trabajo en espacios virtuales de estudio y colaboración.

Es claro que existen cuestiones fundamentales de investigación en múltiples disciplinas que necesitan resolverse antes de que las bibliotecas digitales puedan hacerse realidad. Estas cuestiones se relacionan con áreas tan diversas como recuperación de información, regulaciones de derechos de autor, bases de datos, vídeo digital e interfaces de usuario (Fox *et al.* 1995). Por ejemplo, la sola construcción acervos digitales para apoyar actividades basadas extensivamente en conocimientos plantea problemas de enormes dimensiones. Dos problemas de particular importancia son: (1) la digitalización de datos ya existentes en diversos formatos (como libros, revistas, microfichas y periódicos), y (2) la introducción de nuevos datos que se generan constantemente y que son necesarios para mantener una biblioteca digital completa y actualizada.

El uso de *agentes autónomos*, otra área naciente en ciencias de la computación (Lesser & Gasser 1995; Sánchez 1997; Wooldridge *et al.* 1996) es un enfoque promisorio para la resolución de algunos de estos problemas (Fox 1994, Sánchez & Leggett 1997).

Este artículo describe el desarrollo de un ambiente basado en agentes que facilita la tarea de introducir datos nuevos en una biblioteca digital. Este proyecto se ha emprendido en el contexto de una biblioteca digital botánica, la cual apoya las actividades de investigación realizadas por científicos que estudian la flora de regiones geográficas específicas, y que también actúa como centro de información para otros científicos y para el público en general interesado en la biodiversidad. Se ha desarrollado un prototipo para este ambiente y se le ha llamado *Chrysalis*. *Chrysalis* aprovecha las características distintivas de la biblioteca digital en botánica, así como de las colecciones de datos y procesos de publicación asociados para participar activamente en la construcción del acervo digital. *Chrysalis* emplea un estilo de interacción humano-computadora basado en agentes, en el cual hay entidades semi- autónomas que ejecutan tareas bien definidas en favor del usuario.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se describe el contexto del proyecto de la Biblioteca Digital Florística y los problemas específicos encontrados en su construcción. La sección 3 explica brevemente los conceptos de agentes de usuario y agente de tareas, la categoría en la cual se puede clasificar *Chrysalis*. La sección 4 describe el diseño conceptual y la implementación prototípica de *Chrysalis*. Finalmente, en la sección 5 se discuten los logros del proyecto y el trabajo en proceso y a futuro.

2 La Biblioteca Digital Florística

No es exagerado decir que las plantas son indispensables para toda forma de vida en el planeta. Desafortunadamente, algunas especies de plantas están desapareciendo a un ritmo más rápido que aquel en el que los científicos pueden estudiarlas usando los métodos tradicionales de recolección e intercambio de información. El uso de las tecnologías de comunicación e información para ayudar en actividades de biodiversidad (un campo incluido ahora en la *bioinformática*) ha fomentado la concepción de bibliotecas digitales botánicas, espacios virtuales distribuidos que comprenden grandes colecciones de datos botánicos y una variedad de servicios a los usuarios que facilitan el uso y la extensión del conocimiento existente sobre las plantas.

La Flora de Norteamérica (FNA) y la Flora de China (FOC) son ejemplos específicos de bibliotecas digitales botánicas. Junto con otras de su tipo se han integrado para formar el proyecto de la *Biblioteca Digital Florística* (FDL), cuya cons-

trucción se está coordinando desde el Centro de Informática Botánica del Jardín Botánico de Missouri. Desde un punto de vista tradicional, las floras son inventarios impresos que describen todas las especies de las plantas halladas en una área geográfica dada. Las floras electrónicas, como las de la FDL, representan un esfuerzo por hacer accesible la información de las floras a una base de usuarios más amplia y facilitar el trabajo de los científicos aprovechando los avances en las áreas de redes computacionales, interfaces de usuario y técnicas automáticas de recuperación de información. De hecho, FNA es el primer proyecto de investigación enfocado a crear una biblioteca digital florística totalmente electrónica, la cual se espera que produzca una biblioteca digital con información avalada por los científicos de más de 20,000 especies de plantas vasculares y briofitas al Norte de México (Schnase *et al.* 1997). La biblioteca digital de FNA consistirá de una gran colección de documentos en diversos formatos, incluyendo textos, mapas e ilustraciones. Además, ofrecerá un amplio rango de servicios a los usuarios de la biblioteca en cualquier parte del mundo. Los principales recursos de FNA, los datos científicos sobre las plantas, están siendo recolectados, preparados e introducidos por más de 850 especialistas que trabajan en diferentes lugares en todo Norteamérica. FOC es un esfuerzo similar que busca la creación de una biblioteca digital que contenga datos sobre aproximadamente 30,000 especies de plantas vasculares de China.

2.1 Componentes del Acervo de la FDL

Hay cuatro entidades primarias en la Biblioteca Digital Florística que son relevantes para el trabajo descrito en este artículo: *claves taxonómicas*, *mapas de distribución*, *ilustraciones* y *tratamientos*. Las claves taxonómicas son los índices jerárquicos que usan los botánicos como una ayuda para identificar especímenes basándose en características directamente verificables. Existen llaves para cada nivel taxonómico (por ejemplo, para familias, tribus, géneros, especies, etc.). Los mapas de distribución muestran con precisión el área geográfica donde se encuentra una especie en particular, mientras que las ilustraciones son dibujos artísticos de especímenes típicos en un grupo taxonómico dado. Los tratamientos son la parte medular de una flora. En ellos se proporcionan descripciones morfológicas detalladas de las plantas de una especie y sus niveles inferiores (infra-específico). Los tratamientos también listan publicaciones que documentan las características tóxicas o medicinales de las plantas, o si son especies en peligro de extinción, o que discuten su clasificación y nombres científicos. Cada descripción morfológica consiste de una serie de descriptores llamados *estructuras*, una abstracción intermedia que agrupa un número de *características* de plantas (con frecuencia implícitas) con las cuales se asocian valo-

res específicos. La Figura 1 muestra un ejemplo de una descripción morfológica.

Naturalmente, en el ambiente de una biblioteca digital, la habilidad para relacionar los datos disponibles con otros recursos de información aumenta enormemente la utilidad de una flora como base para la discusión científica, la colaboración académica y la investigación en general.

manuscrito entregado. Generalmente, las estructuras y características de las plantas incluidas en las descripciones morfológicas de los tratamientos se organizan en grandes matrices que permiten a los editores detectar errores o inconsistencias en los datos. El *paralelismo* entre los tratamientos es particularmente importante para los usuarios de la Biblioteca Digital Florística. Esto garantiza que, para todo par

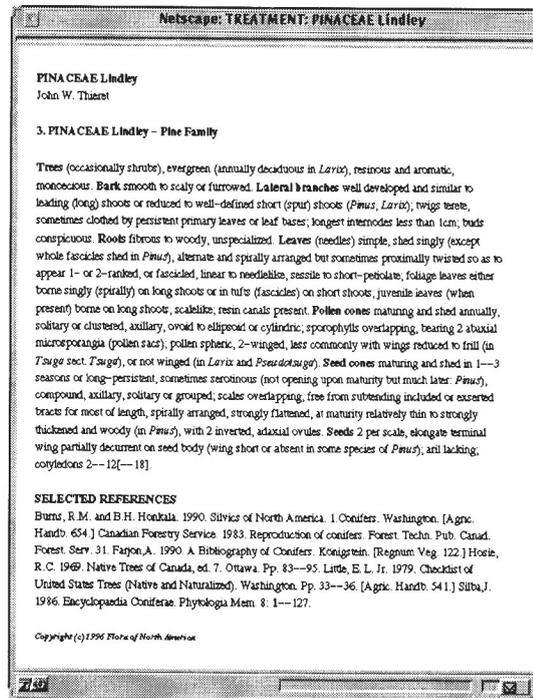


Figura 1. Ejemplo de una descripción morfológica (abreviada) para la familia Pinaceae.

2.2 Proceso de Construcción de la FDL

Hacer disponibles datos validados científicamente (esto es, publicar) en la Biblioteca Digital Florística involucra un proceso complejo de edición y revisión. El alto volumen de información que se maneja y la complejidad de las interacciones que ocurren en el proceso de publicación requieren de una planeación y una coordinación cuidadosas (se espera terminar el proyecto FNA en el año 2006). Los investigadores recolectan y estudian las plantas directamente en el campo, examinan especímenes en herbarios y revisan el trabajo previo relacionado antes de escribir y enviar un tratamiento al comité editorial. En el caso de FNA, el comité editorial del proyecto esta formado de 34 taxonomistas de plantas distribuidos por todo Estados Unidos y Canadá. Las actividades cotidianas del proyecto son coordinadas por el Centro Organizacional de FNA. Se efectúan cinco procesos diferentes de revisión (desde contenido científico hasta revisiones de estilo) para cada

de tratamientos en un grupo taxonómico dado, se especificarán valores para el mismo conjunto de características y dichos valores aparecerán en el mismo orden. La revisión visual y la corrección manual de los manuscritos para garantizar su paralelismo consume mucho tiempo y es susceptible de errores.

Tanto los autores de tratamientos como sus revisores se beneficiarían si se introdujeran ambientes de software que cooperen activamente en la construcción de los acervos de la Biblioteca Digital Florística. El trabajo presentado en este artículo tiene como objetivo auxiliar a los autores en la tarea de construir descripciones morfológicas, las cuales constituyen una porción significativa de cada tratamiento. En un escenario típico, puede considerarse que el proceso de generar tratamientos y claves taxonómicas consiste de dos fases que se intercalan sucesivamente. En una fase "de abajo hacia arriba", el autor escribe tratamientos para instancias de un nivel taxonómico dado (por ejemplo, para una especie). Una vez que se han escrito cierto número de tratamientos, el autor

puede generalizar y construir una clave taxonómica, la cual resume las características del grupo taxonómico que se está describiendo e identifica un nivel taxonómico más alto (por ejemplo, un género). En una fase “de arriba hacia abajo”, cualquier tratamiento nuevo agregado al nivel taxonómico inferior incluirá las características de la clave taxonómica del nivel superior más cualesquiera características que lo distinguan de otros taxones del mismo nivel. Los tratamientos nuevos pueden generar cambio en la clave taxonómica y viceversa. En la manera tradicional de edición y revisión, la introducción de características de un nivel alto en un nivel bajo resulta en tareas muy repetitivas tanto para autores como para los revisores.

3 Agentes de Usuario

Uno de los servicios a los usuarios de la biblioteca digital puede ser el uso de *agentes* a quien delegar tareas para que las desempeñen en forma semi-autónoma. Este enfoque que se refiere a agentes como uno de los servicios de una biblioteca digital fue introducido por (Sánchez 1996) y (Sánchez & Leggett 1997). En general, un *agente* es una abstracción útil en múltiples áreas de las ciencias computacionales. De hecho, esto ha motivado la formación de diferentes enfoques de estudio en la comunidad investigadora. Nosotros nos hemos concentrado en el desarrollo y la experimentación de *agentes de usuario* (algunas veces llamados *agentes de interfaz*), una categoría de agentes que puede percibir directamente el usuario final como una entidad de software autónoma a la cual se le puede delegar una determinada misión. Otras dos categorías de agentes, *agentes de programador* y *agentes de redes*, las cuales son abstracciones no necesariamente accesibles al usuario final, se discuten y analizan en la taxonomía de agentes presentada en (Sánchez 1997). Los agentes de usuario y la delegación son la base de un estilo de interacción humano-computadora que se espera suplemente a los paradigmas existentes, basados principalmente en la manipulación directa y la navegación. En el contexto de espacios de información grandes y dinámicos (como las bibliotecas digitales), los agentes jugarán un papel importante en la reducción de la complejidad y la sobrecarga de información para el usuario final.

Pueden identificarse tres subclases de agentes de usuario (Sánchez 1997). Los *agentes de información* que ayudan a los usuarios a enfrentar espacios de información típicamente desorganizados y altamente dinámicos. Gran número de prototipos de agentes de información han sido desarrollados para su uso vía WWW (por ejemplo (Armstrong *et al.* 1995), (Balabanovic y Shoham 1997), (Lieberman 1995)). Los *agentes de tarea* ayudan a los usuarios en el desempeño de tareas individuales y de grupo. Estos agentes operan concurrentemente con las aplicaciones del usuario, observan las actividades del usuario y ejecutan ciertas acciones automáticamente. Ejemplos de agentes personales de tarea son (Schlimmer y Hermens 1993) y (Selker 1994), así como (Lakin 1994) y (Kautz *et al.* 1995). Finalmente, los *agentes sintéticos* crean ambientes realistas para los usuarios introduciendo características de la vida real en la interfaz de computadora. Estos agentes han sido implementados principalmente como entretenimiento y aprendizaje exploratorio. Algunos ejemplos de agentes sintéticos incluyen (Bates 1994), (Mauldin 1994) y (Maes 1995).

Chrysalis, el agente presentado en la siguiente sección, asiste individualmente a los autores en la construcción de tratamientos que serán integrados a la biblioteca digital florística. Chrysalis puede por tanto ser considerado como un agente personal de tareas. La figura 2 resume lo anteriormente mencionado, mostrando el contexto de un agente personal de tarea y de Chrysalis dentro de la taxonomía general de agentes.

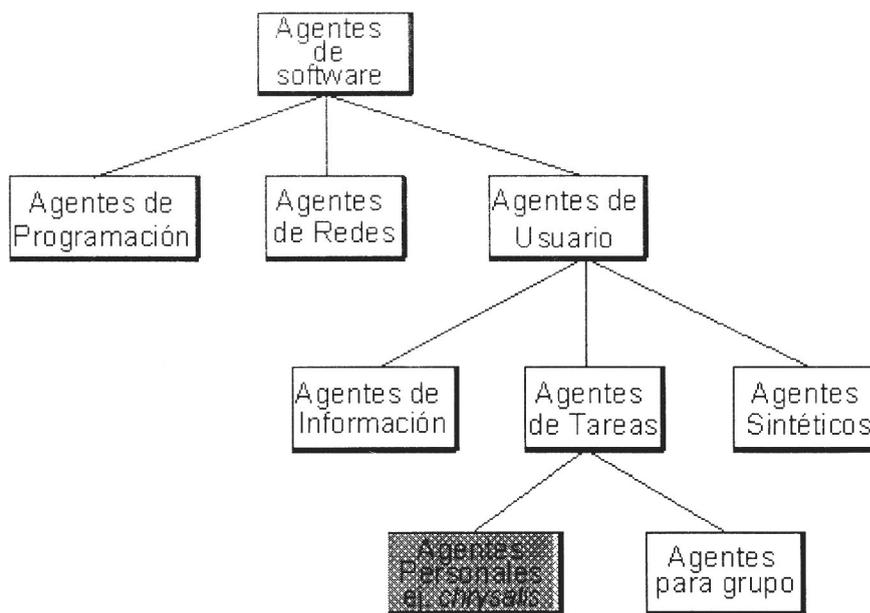


Figura 2. Chrysalis en el contexto general de agentes.

4 Chrysalis: Edición de Tratamientos Asistida por Agentes

Como se mencionó en la Sección 2, la creación y edición de tratamientos representa una parte significativa del proceso de construcción de la Biblioteca Digital Florística. Los autores de tratamientos realizan muchas tareas repetitivas en la integración de datos a las descripciones morfológicas. Los revisores y editores manejan múltiples formatos de datos y con frecuencia necesitan identificar estructuras y características implícitas para asegurar que los tratamientos son completos y que exhiben paralelismo. Esta sección describe a Chrysalis, un ambiente para generación de tratamientos taxonómicos basado en agentes que busca reducir los problemas mencionados y acelerar el proceso de construcción de la biblioteca digital.

4.1 Diseño Conceptual

La Figura 3 es un diagrama conceptual de los componentes principales de Chrysalis, sus inter-relaciones y el contexto en el cual se han diseñado y operan. Por simplicidad, solo se muestran los componentes de la biblioteca digital que están relacionados con Chrysalis. El acervo de la Biblioteca Digital Florística está representado por la conjunción de los datos, un sistema manejador de bases de datos (DBMS), y un esquema de base de datos común sobre el cual se implementan una serie de servicios. Con la introducción de Chrysalis, los usuarios finales (autores de tratamientos) tendrán a su disposición un conjunto de herramientas que les permitirá introducir los datos para los tratamientos de manera remota directamente en el almacén de datos de la biblioteca digital y empezar así el proceso de edición y revisión. Un agente de usuario observará atentamente

las características que el autor introduzca y si existe un tratamiento *suficientemente* similar en la biblioteca, el agente mostrará sus estructuras y características para que el autor pueda reutilizarlas o modificar sus valores como base para la generación del nuevo tratamiento.

4.1.1 Editor vía Web

Las herramientas para la edición de tratamientos incluyen un editor de tratamientos accesible vía Web, el cual incorpora automáticamente todas las características que aparecen en una clave taxonómica a la descripción morfológica del tratamiento a editarse. Basándose en listas de estructuras y características compiladas previamente, el editor facilita la introducción de valores para características que ocurren con frecuencia. El editor también proporciona al usuario la facilidad de introducir nuevas estructuras, características y sus correspondientes valores. Los revisores pueden verificar eficientemente la consistencia y el estilo de las descripciones morfológicas. Además, se pueden implementar diversos mecanismos para la medición y aseguramiento del paralelismo. Permitiendo a los autores introducir los datos de tratamientos directamente en la base de datos de la biblioteca digital y creando una lista estándar de características disponibles para su inclusión en tratamientos, se disminuye el tiempo antes invertido en el reformateo y la extracción de datos de los manuscritos. Por otro lado, el potencial de encontrar inconsistencias se reduce considerablemente. Lo anterior se logra proporcionando además a los autores una gran flexibilidad para generar dinámicamente nuevas listas de estructuras y características. El editor puede funcionar independientemente pero su utilidad aumenta cuando el agente de tareas Chrysalis trabaja en paralelo.

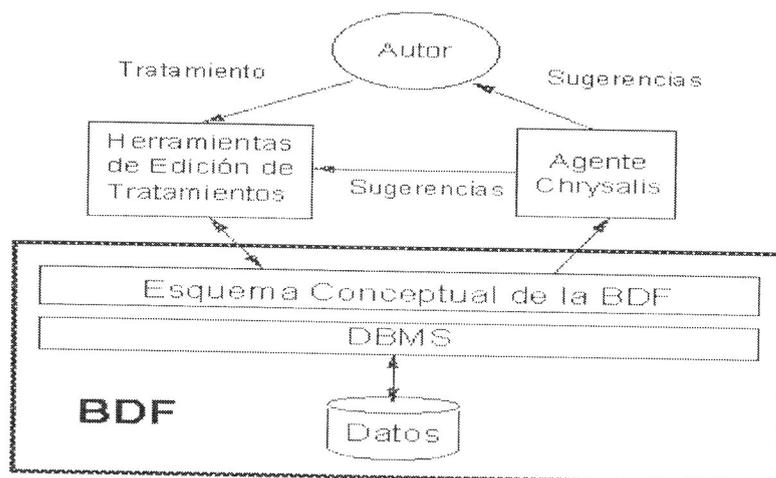


Figura 3. Diagrama conceptual de los componentes de Chrysalis.

4.1.2 El Agente Chrysalis

Las similitudes morfológicas son fundamentales en la definición de grupos taxonómicos de plantas. Las plantas del mismo género o la misma especie comparten un buen número de características y valores, mientras que algunas otras características pueden estar presentes en plantas del mismo grupo pero pueden tener valores diferentes. El agente Chrysalis es un proceso semi-autónomo que aprovecha estos hechos para producir sugerencias para los autores respecto a las estructuras y características incluidas en el tratamiento que está construyendo a través del software de edición. Cuando el autor empieza a introducir una descripción morfológica a la Biblioteca Digital Florística, el agente compara la descripción actual con la de los tratamientos existentes en la biblioteca. Basándose en medidas de similitud, el agente determina si un tratamiento existente puede recuperarse de la biblioteca para sugerírselo al autor y que lo pueda usar como base para generar la descripción morfológica en proceso. Si el autor así se lo indica al agente, las características del tratamiento sugerido se incorporan al nuevo tratamiento y el autor podrá modificar, agregar o eliminar características, ahorrando así tiempo de teclado y garantizando consistencia.

Existen varios mecanismos para la medición de similitudes entre documentos. Las sugerencias de Chrysalis se basan en la técnica de *espacios vectoriales* discutida por Salton y McGill (1983). Usando esta técnica, las descripciones morfológicas de tratamientos existentes son representadas como vectores, asociando cada posición con una característica y almacenando un valor o peso para cada una de ellas. Similarmente, las características introducidas por el autor se consideran como un *vector de consulta* y el ángulo entre que forman ambos vectores provee una medida de su similitud: entre más pequeño es el ángulo, mayor es la similitud entre las descripciones. Los vectores ortogonales representan descripciones completamente diferentes, mientras que un ángulo de cero grados implica descripciones idénticas. El autor o el agente pueden definir un rango útil para esta medida de similitud y ajustarlo conforme transcurra su interacción de acuerdo al nivel de éxito con que se produzcan las sugerencias.

4.2 Implementación del prototipo

Se ha desarrollado un prototipo operacional de Chrysalis en el contexto de la biblioteca digital de la Flora de Norteamérica. Todas las funciones principales descritas en la sección 3 se han implementado. Las estructuras, características y sus valores se pueden introducir utilizando formas HTML las cuales invocan programas en C usando el protocolo CGI. Todo el acceso de datos ha sido implementado usando consultas con SQL a través de un API en C y el "Web DataBlade" proporcio-

nado por Illustra (IUG 1995), un DBMS objeto-relacional usado para mantener el acervo de la biblioteca digital de FNA. La interfaz del agente ha sido implementada usando JavaScript.

La Figura 4 ilustra una sesión típica con Chrysalis. Antes de introducir una descripción morfológica, el autor puede seleccionar el nivel taxonómico en el que se va a generar el tratamiento. Cuando se elige el nivel taxonómico, todas las características y valores asociados con la clave taxonómica correspondiente se incorporan a la nueva descripción morfológica. El agente Chrysalis, representado aquí como una caricatura de un girasol, registra las elecciones del autor y empieza a construir un vector de consulta con el conjunto de características iniciales. Cuando se agregan nuevas características y se encuentra un tratamiento similar en la biblioteca (ver figura 5), el agente sonríe para indicar que tiene disponible una descripción morfológica potencialmente útil. El autor puede optar por ver la descripción morfológica sugerida y agregar sus datos al tratamiento en proceso. Se pueden agregar, modificar o eliminar características y valores de acuerdo a las necesidades del autor.

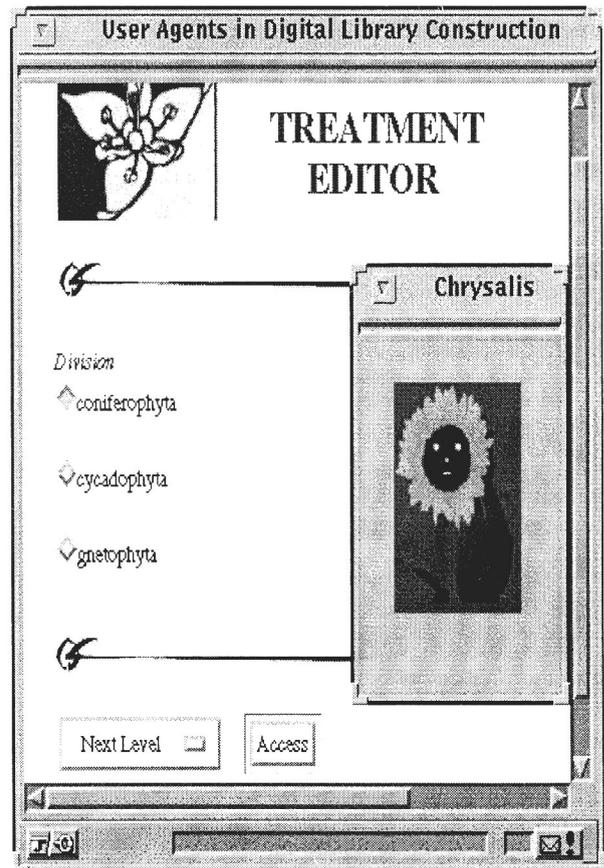


Figura 4. Chrysalis observando la selección del autor.

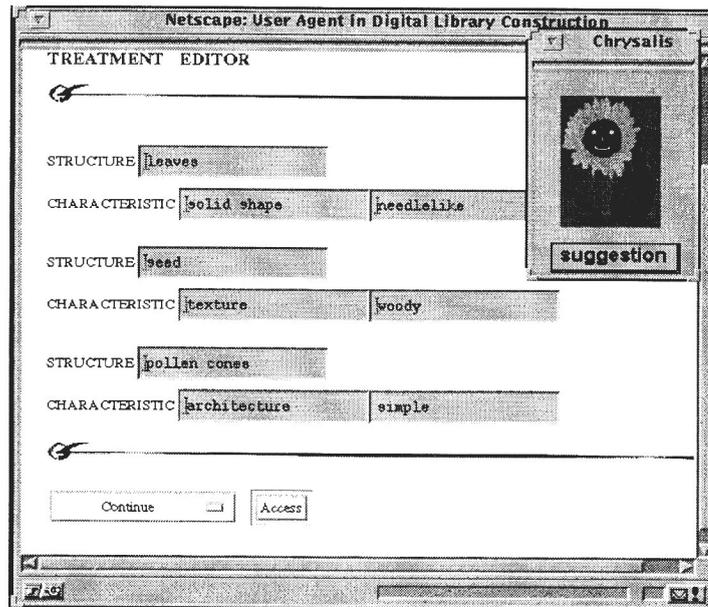


Figura 5. Sugerencia de una descripción morfológica hecha por Chrysalis

5 Trabajo en Proceso y a Futuro

Chrysalis se desarrolló en colaboración estrecha con el grupo de trabajo del proyecto FNA, incluyendo usuarios finales como autores, revisores técnicos, científicos, geográficos y estilísticos. Durante varios meses el prototipo se sometió a una serie de pruebas de usuario en escenarios reales de generación de tratamientos. La evaluación cualitativa inicial fue positiva y la retroalimentación de los usuarios se utilizó para refinar el diseño del sistema.

Durante el siguiente año se han desarrollado herramientas computacionales que facilitan la colaboración y la comunicación entre los participantes en el proceso de edición y revisión de tratamientos taxonómicos. Las nuevas herramientas también introducen mecanismos adaptativos al nivel de granularidad de estructuras y características en función de diccionarios desarrollados por los mismos usuarios. Este esfuerzo, denominado *Linnaeus*, se documenta en (Jaramillo 1998).

Actualmente se ha iniciado un proyecto enfocado a mejorar el prototipo inicial de Chrysalis, a resolver los problemas detectados en las pruebas iniciales, y a producir un ambiente que lo integre con *Linnaeus* y las nuevas aplicaciones desarrolladas para FDL (Abascal 1998; Amavizca 1998; Barceinas *et al.* 1998; Sánchez *et al.* 1998). Entre las más importantes funciones a incluirse en las nuevas versiones de Chrysalis se encuentran las medidas de similitud ajustables por el usuario. En la implementación actual se usa un ángulo de 45 grados

como umbral para determinar si un tratamiento existente es potencialmente útil o no.

Las interfaces de usuario basadas en agentes constituyen un paradigma promisorio para la interacción humano-computadora. Los agentes de tarea, tales como Chrysalis, pueden contribuir a reducir la carga de tareas repetitivas y con propensión a errores. En el caso específico de la Biblioteca Digital Florística, Chrysalis demuestra los beneficios potenciales de la generación de tratamientos taxonómicos con la asistencia de agentes: delegación de tareas repetitivas, menos inconsistencias, generación dinámica de listas de características de plantas, y mayor paralelismo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por la Fundación Andrew W. Mellon y la National Science Foundation (DEB-9505383).

Referencias

Abascal, R. 1998. "Extracción de estructura a partir de descripciones textuales botánicas". *Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales*, Universidad de las Américas-Puebla, Cholula, Pue. 72820, México.

ACM. 1998. "Proceedings of the Third ACM International Conference on Digital Libraries". (Pittsburgh, Penn., Jul.). ACM Press, New York, N.Y.

- ACM.** 1997. *Proceedings of the Second ACM International Conference on Digital Libraries*. (Filadelfia, Penn., Jul.). ACM Press, New York, N.Y.
- ACM.** 1995. *Special issue on digital libraries. Commun. ACM* 38, 4 (Abril)
- Amavizca, M.** 1998. *Visualización de grandes estructuras jerárquicas*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de las Américas-Puebla, Cholula, Pue. 72820, México.
- Armstrong, R., Freitag, D., Joachims, T., Mitchell, T.** 1995. WebWatcher: A learning apprentice for the World Wide Web. *Information Gathering from Heterogeneous, Distributed Environments: Papers from the 1995 AAAI Spring Symposium* (Menlo Park, Calif., March), C. Knoblock, A. Levy, Eds. AAAI Press, Menlo Park, Calif., 6-12.
- Barceinas, A., Sánchez, J. A., Schnase, J. L.** 1998. MICK: A KQML inter-agent communication framework in a digital library. *Memorias del Simposium Internacional de Computación (CIC'98, México, D. F., Nov.)*, 66-79.
- Bates, J.** 1994. The role of emotion in believable agents. *Commun. ACM* 37, 7 (Jul.), 122-125.
- Balabanovic, M., Shoham, Y.** 1997. Fab: Content-based, collaborative recommendation *Commun. ACM* 40, 3 (Marzo), 66-72.
- Fox, E.** 1994. How to make intelligent digital libraries. *Methodologies for Intelligent Systems: Proceedings of the 8th International Symposium (ISMIS '94)* (Charlotte, N.C., Oct.). Springer-Verlag, New York, N.Y., 27-38.
- Fox, E., Akseyn, R., Furuta, R., Leggett, J.** 1995. Digital libraries. *Commun. ACM* 38, 4 (Abril), 23-28.
- Fox, E., Marchionini, G. (Eds.)**. 1996. *Proceedings of the 1st ACM International Conference on Digital Libraries* (Bethesda, Md., Mar.). ACM Press, New York, N.Y.
- IUG.** 1995. *Illustra User's Guide*. Release 3.2. Illustra Information Technologies, Inc., Oakland, Calif.
- Jaramillo, J.** 1998. Linnaeus: Un ambiente cooperativo para la creación de tratamientos taxonómicos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de las Américas-Puebla, Cholula, Pue. 72820, México.
- Kautz, H., Milewski, A., Selman, B.** 1995. Agent amplified communication. *Information Gathering from Heterogeneous, Distributed Environments: Papers from the 1995 AAAI Spring Symposium* (Menlo Park, Calif., Mar.), C. Knoblock, A. Levy, Eds. AAAI Press, Menlo Park, Calif., 78-84.
- Lakin, F.** 1994. A visual agent for performance graphics. *Software Agents: Papers from the 1994 AAAI Spring Symposium* (Menlo Park, Calif., Mar.). AAAI Press, Menlo Park, Calif., 103-106.
- Lesser, V., Gasser, L. (Eds.)**. 1995. *Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95)* (San Francisco, Calif., Jun.). AAAI Press/The MIT Press, Menlo Park, Calif.
- Lieberman, H.** 1995. Letizia: An agent that assists web browsing. *AI Applications in Knowledge Navigation and Retrieval: Papers from the 1995 AAAI Fall Symposium* (Menlo Park, Calif., Nov.), R. Burke, Ed. AAAI Press, Menlo Park, Calif., 97-102.
- Maes, P.** 1995. Artificial Life meets entertainment: Lifelike autonomous agents. *Commun. ACM* 38, 11 (Nov.), 108-114.
- Mauldin, M.** 1994. Chatterbots, tinymuds, and the Turing test: Entering the Loebner Prize competition. *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI '94)* (Seattle, Wash., Ago.). AAAI Press, Menlo Park, Calif., 16-21.
- Salton, G., McGill, M.** 1983. *Introduction to Modern Information Retrieval*. McGraw-Hill, New York, N.Y.
- Sánchez, J. A.** 1997. A taxonomy of agents. Tech. Rep. ICT-97-1. Laboratory of Interactive and Cooperative Technologies. Department of Computer Systems Engineering, Universidad de las Américas-Puebla, Cholula, Pue. 72820, México.
- Sánchez, J. A.** 1996. Agent services. Ph.D. Dissertation. Department of Computer Science, Texas A&M University, College Station, Tex., August.
- Sánchez, J. A., Leggett, J. J.** 1997. Agent services for users of digital libraries. *Journal of Network and Computer Applications*, 20, 1 (Ene.), 45-58.
- Sánchez, J. A., Fernández, L., Schnase, J. L.** 1998. Agora: Enhancing awareness and collaboration in floristic digital libraries. *Proceedings of the Fourth CYTED-RITOS International Workshop on Groupware (CRIWG'98, Rio de Janeiro)*. 85-95.

Schlimmer, J., Hermens, L. 1993. Software agents: Completing patterns and constructing user interfaces. *Journal of Artificial Intelligence Research* 1 (Nov.), 61-89.

Schnase, J. L., Kama, D. L., Tomlinson, K. L., Sánchez, J. A., Cunnius, E. L., y Morin, N. R. 1997. The Flora of North America digital library: A case study in biodiversity database publishing. *Journal of Networks and Computer Applications*, 20, 1, 87-103.

Schnase, J., Leggett, J., Furuta, R., Metcalfe, T. (Eds.). 1994. *Proceedings of Digital Libraries '94* (College Station, Tex., June). Hypermedia Research Laboratory, Texas A&M

University, College Station, Tex. (Also available from <http://www.csdl.tamu.edu/DL94>.)

Selker, T. 1994. Coach: A teaching agent that learns. *Commun. ACM* 37, 7 (July), 92-99.

Shipman, F., Furuta, R., Levy, D. (Eds.). 1995. *Proceedings of Digital Libraries '95* (Austin, Tex., June). Hypermedia Research Laboratory, Texas A&M University, College Station, Tex. (Also available from <http://www.csdl.tamu.edu/DL95>.)

Wooldridge, M., Müller, J., Tambe, M. (Eds.). 1996. *Intelligent Agents II*. Springer-Verlag, New York, N.Y.



J. Alfredo Sánchez es director de la Biblioteca e Investigador del Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Automatización (CENTIA) de la Universidad de las Américas-Puebla. Obtuvo los títulos de Maestro en Ciencias y de Doctor en Filosofía, ambos con especialidad en ciencias de la computación y otorgados por la Universidad de Texas A&M. Su investigación se enfoca al manejo de grandes espacios de información, particularmente al desarrollo de servicios para permitir a los usuarios un mejor aprovechamiento de recursos de información disponibles tanto en forma física como digital. Puede encontrarse más información en <http://ict.udlap.mx/people/alfredo>.

Cristina López es actualmente especialista técnico en Gedas North America. Es ingeniera en sistemas computacionales por la Universidad de las Américas-Puebla y desarrolló su investigación de tesis en el Laboratorio de Tecnologías Interactivas y Cooperativas. Sus intereses se enfocan a Ingeniería de Software, Interacción Humano-Computadora, Bibliotecas Digitales y Bases de Datos. Puede encontrarse más información en <http://ict.udlap.mx/people/cristina>.

John L. Schnasse es Director Ejecutivo del Center for Botanical Informatics en el Jardín Botánico de Missouri. Es Doctor en Filosofía y Maestro en Ciencias con especialidad en computación por la Universidad de Texas A&M. También tiene los grados de licenciatura en Biología y en Computación por la Universidad Estatal de Angelo, Texas. Sus intereses de investigación incluyen bibliotecas digitales, sistemas complejos, sistemas para trabajo cooperativo y simulación. Puede encontrarse más información en <http://www.cbi.mobot.org>.

