

# Los mapas conceptuales en la enseñanza. Viejas técnicas con recursos nuevos.

---

Mateo G. Lezcano Brito<sup>1</sup>, Yolanda Soler Pellicer<sup>2</sup>, Lydia R. Ríos Rodríguez<sup>3</sup>, Manuel J. Linares Alvaro<sup>4</sup>, Mercedes J. Madiedo Méndez<sup>5</sup>

<sup>1 5</sup> Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), Santa Clara, Cuba

<sup>2,4</sup> Universidad de Granma (UDG), Bayamo, Cuba

<sup>3</sup> Universidad de Sancti Spiritus “José Martí” (USS), Sancti Spiritus, Cuba

<sup>1</sup>mlezcano, <sup>2</sup>madiedo}@uclv.edu.cu, <sup>3</sup>yoly, <sup>4</sup>cheche}@udg.co.cu, <sup>5</sup>lidia@suss.co.cu

## Resumen

Se presenta una investigación acerca del uso y la efectividad de los mapas conceptuales en la enseñanza. La experiencia se realizó en tres universidades cubanas y las materias en las que se emplearon los medios de enseñanza son tan disímiles como: Botánica, Programación Lógica y Estructuras de Datos. Los mapas fueron confeccionados por profesores de vasta experiencia en cada una de las materias y su aplicación en el aula se ha sometido a validaciones estadísticas con resultados satisfactorios. Como parte de la investigación se asocian nuevos recursos a los mapas, entre los que se destacan los agentes inteligentes, que guían el proceso de enseñanza, así como herramientas para la visualización de programas que permiten apreciar el funcionamiento de los algoritmos que se implementen.

*Palabras clave:* agentes inteligentes, programación, mapas conceptuales.

## Abstract

The present research is about the use and effectiveness of concept maps in teaching. The experiment was conducted in three Cuban universities and educational facilities created were used in subjects as diverse as: Botany, Logic Programming and Data Structures. The systems were developed by teachers with extensive experience and its application in the classroom has undergone successful statistical validations. As part of the research, new resources are associated with the maps, especially the intelligent agents that guide the teaching process, also highlights program visualization tools that allow us to appreciate the performance of the algorithms are implemented.

*Keywords:* Intelligent agents, programming, conceptual maps.

## 1. Introducción

Muchos de los temas que se enseñan en diversas disciplinas universitarias se caracterizan por un alto nivel de abstracción que hace prácticamente imposible percibirse cómo ocurren los procesos internos asociados a ellos.

El trabajo conjunto de los autores, auxiliados por la valiosa ayuda de estudiantes de las carreras Ciencia de la Computación e Ingeniería Informática de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV)<sup>1</sup>, la Universidad de Granma (UDG)<sup>2</sup> y la Universidad de Sancti Spiritus “José Martí” (USS)<sup>3</sup>, faculta a los docentes involucrados en esta experiencia a realizar la siguiente afirmación “...haciendo visibles fenómenos que no lo son o simulando otros que realmente no tienen una expresión visible, se logra un aprendizaje activo y por descubrimiento que se expresa en una mejor preparación de los estudiantes que les permite, además, generalizar más fácilmente sus conocimientos...”.

Organizar los diferentes temas de una determinada asignatura de una forma coherente puede ser un reto para muchos profesores: Los mapas conceptuales [1] constituyen una vía para lograrlo, siempre y cuando sean hechos por docentes de experiencia.

---

<sup>1</sup> <http://www.uclv.edu.cu>

<sup>2</sup> <http://www.udg.co.cu>

<sup>3</sup> <http://www.uss.edu.cu>

Los avances en las comunicaciones y las redes de computadoras han permitido expandir el universo de los mapas conceptuales y a la vez han dado la posibilidad de asociar a los conceptos, que conforman los mapas, diversos recursos que ayudan a comprender los contenidos. Por otra parte, la posibilidad de añadirle inteligencia, permite que el recorrido tenga el efecto de un estudio guiado por profesores de experiencia que basan sus decisiones en el conocimiento individual de cada educando.

En este artículo se detalla la experiencia llevada a cabo en tres universidades cubanas que han combinado los presupuestos anteriores y lo han usado para enseñar diversas materias.

## 2. Los mapas

En el momento de redactar este artículo se habían elaborado seis sistemas, basados en mapas conceptuales, para enseñar las materias: Botánica, Programación Lógica, Estructuras de Datos, Sistemas Operativos, Redes de Computadoras y Arquitectura de Computadoras. Los tres últimos, son muy recientes y no existen pruebas que validen la efectividad de su uso, los tres primeros se han usado por varios cursos en las universidades que se involucraron en este proyecto (UCLV, UDG, USS) y a su exposición se limita este documento, aunque debe mencionarse que los sistemas elaborados, después de los tres primeros, siguen una línea que se basa en la experiencia adquirida y de hecho el grupo investigativo elaboró un conjunto de recomendaciones técnicas para confeccionar mapas conceptuales para la enseñanza que se basa en los trabajos de diseño implementación y puesta a punto de esos tres sistemas iniciales<sup>4</sup>.

Las secciones 2.1, 2.2 y 2.3 se dedican a exponer los aspectos básicos que caracterizan a los sistemas de enseñanza: Botánica, VIA-ED y APA-Prolog. Cada uno de ellos está constituido por un mapa principal desde el que se puede acceder a diversos recursos de enseñanza, entre los que se incluyen otros mapas que permiten dividir el conocimiento de la materia tratada en diferentes tópicos, lo cual facilita la navegación y organiza los contenidos.

Todos los mapas conceptuales presentados o mencionados en este artículo se confeccionaron con la herramienta CmapTools [2], aunque muchos de los recursos asociados a sus nodos se programaron expresamente para las aplicaciones, lo que incluye herramientas de visualización de programas y agentes inteligentes.

### 2.1. Mapa Botánica

El principal problema que enfrenta la enseñanza de la Botánica tiene que ver con características propias de esta ciencia, entre las que cabe citar las siguientes: determinadas actividades prácticas exigen material vivo o en un adecuado estado de conservación, la ocurrencia de algunos eventos biológicos son muy esporádicos y cuando se producen no presentan un patrón uniforme de comportamiento.

La Botánica es una asignatura básica dentro del plan de estudio del ingeniero agrónomo, su objetivo principal es analizar la evolución, constitución y reproducción de las plantas de interés agrícola en relación con el ambiente, con el propósito de lograr una mayor productividad. En la asignatura se deben caracterizar los organismos vegetales de importancia económica basándose en los conceptos anato-morfo-fisiológicos básicos y reproductivos y en las leyes de la taxonomía y la nomenclatura botánica, tomando en consideración su relación con el ambiente y los cambios evolutivos que pueden influir favorablemente en la producción agrícola.

Los contenidos que abarca la asignatura son diversos y complejos, lo que unido a la reducción de horas en los planes de estudio de muchas universidades, hace la situación más compleja, aún en el caso de los cursos presenciales aunque la situación se agrava para los no presenciales o semipresenciales.

El mapa Botánica [3], organiza los contenidos de esta disciplina de una forma muy abarcadora y no se limita al sistema de conocimiento de una asignatura de un plan de estudio particular. Está constituido por diversos recursos informáticos, tales como: colecciones de fotografías de material biológico, preparaciones microscópicas de diversas especies, imágenes de libros seleccionadas por expertos y trabajadas para realzar aspectos importantes, páginas web, varios mapas accesibles desde el mapa principal, simulaciones y animaciones de procesos difíciles de comprender o de observar (procesos de división celular, la fotosíntesis, etc.), microfotografías realizadas con ayuda de microscopios ópticos o electrónicos, etc.

El mapa Botánica es el “más simple” de los analizados en este artículo en el sentido que no se desarrolló ninguna técnica propia para hacerlo, aunque en realidad tiene una gran complejidad que viene dada por los contenidos que abarca y lo difícil que resultó organizar los conocimientos de manera que sea aceptada por la inmensa mayoría de los usuarios ya que cada persona puede construir su propio mapa de un asunto en particular. El mapa organiza los contenidos en una forma jerárquica que está asociada a la jerarquía propia del conocimiento botánico.

Los estudiantes pueden interactuar con el sistema (previa autenticación en el curso) y construir mapas propios que usen los recursos definidos en el sistema u otros elaborados por ellos mismos. La figura 1, muestra

<sup>4</sup> Esas ideas, debido a su extensión, forman parte de otro artículo que está en etapa de elaboración

el mapa de las plantas superiores, al cual se accede desde un mapa más general que permite apreciar la complejidad del reino vegetal.

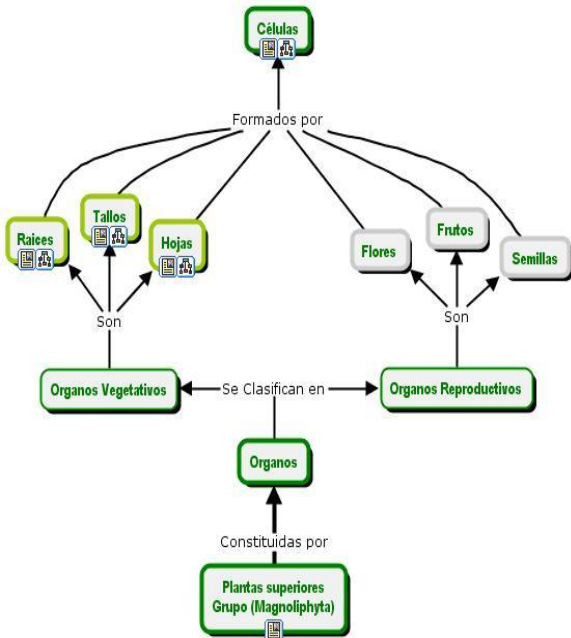


Figura 1. Mapa de las plantas superiores.

## 2.2. Mapa Tipo de datos abstractos

El aprendizaje de las disciplinas que se relacionan con la construcción de algoritmos y su programación, presenta niveles de dificultad muy elevados. Históricamente, los estudiantes han presentado problemas para asimilar nociones matemáticas abstractas, en particular cuando incluyen la dinámica de cómo los algoritmos manipulan los datos [4]. Muchos centros de enseñanza han dedicado y dedican grandes esfuerzos a resolver la situación anterior y con ese propósito se usan diferentes vías y herramientas. Una de las técnicas más usada es la visualización de programas que usa recursos diversos para facilitar la comprensión y el uso efectivo de programas [5][6][7]. En el trabajo de doctorado de uno de los autores de este documento [8], se hace un análisis crítico de los aspectos medulares del sistema de conocimientos de la disciplina “Técnicas de Programación de Computadoras” de la carrera Ingeniería Informática. En ese análisis se demuestra cómo la integración de varias técnicas de visualización de programas (TVP) contribuye a solucionar problemas relacionados con el diseño e implementación de estructuras de datos y programas. Se propone el Ambiente Integrado de Visualización de Estructuras de Datos (VIA-ED), basado en mapas conceptuales, como un repositorio de recursos de diversos tipos, hecho específicamente con ese fin.

## VIA-ED

El protagonismo de las técnicas de la información y las comunicaciones en los ambientes de aprendizajes, ha hecho que el concepto tradicional de software educativo esté migrando, de forma continua, a nuevas y variadas formas. Según el análisis hecho por Soler [8], existen diversos problemas que inciden en lo complejo que resulta el proceso de aprender a programar, entre ellos se pueden citar los siguientes:

- el alto nivel de abstracción de los conceptos que son objetos de estudio,
- el diseño de las estructuras de datos que necesitan los programas es de por sí complejo y depende del problema particular que se pretende resolver,
- la solución de un problema, típicamente, está asociada a la integración de diferentes estructuras de datos,
- un programa es una solución algorítmica de un problema y el algoritmo debe ser eficiente. Muchas veces los estudiantes solo se preocupan por dar una solución al problema que aunque es correcta no es la más adecuada,
- en muchas ocasiones los estudiantes no han alcanzado las habilidades adecuadas en las asignaturas precedentes, lo cual incide, directa y negativamente, sobre las habilidades propias a lograr en la programación.

Tomando en cuenta los problemas enunciados anteriormente, se desarrolló el sistema VIA-ED. La figura 2, permite apreciar las técnicas asociadas al sistema.

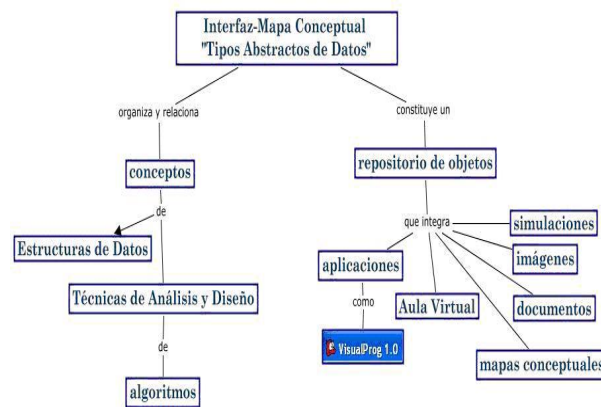


Figura 2. Interfaz Tipos Abstractos de Datos

El mapa principal, “Tipos Abstractos de Datos”, brinda acceso a 24 mapas adicionales y 204 recursos de diversas índoles, tales como: documentos, imágenes, aplicaciones, simulaciones y un sistema de visualización de programas al que se asocia un lenguaje específico hecho con el propósito de programar lo que se desea mostrar.

Para mostrarle al estudiante las acciones de un programa se diseñó y programó un sistema de visualización de

programas (SVP) denominado VisualProg, que puede usarse en cualquier otra aplicación con fines docentes, aunque se hizo expresamente para VIA-ED.

VisualProg usa un modelo que permite extraer datos de un programa en ejecución. Los datos obtenidos se procesan y transforman en información útil que se visualiza para que los estudiantes entiendan lo que sucede internamente. Se puede visualizar el código y algunos procesos que se desarrollan en tiempo de ejecución.

A partir de los datos obtenidos se hacen representaciones gráficas de los elementos, estáticos y dinámicos, que conforman los programas, los cuales se describen en un lenguaje de propósito específico, denominado SubC (por su parecido al C). Una tercera herramienta, nombrada Pizal, se encarga de visualizar los datos asociados a los programas.

No es objetivo de este documento describir las herramientas VisualProg, SubC y Pizal [9], debido a lo complejo de su diseño y al hecho de que el presente artículo sólo pretende dar una visión global del uso de los mapas conceptuales en la enseñanza a la vez que muestra la posibilidad de agregar nuevas funcionalidades al comportamiento que pueda tener una herramienta para la edición de mapas conceptuales, como CmapTools o cualquier otra.

La figura 3, muestra las relaciones que establece VIA-ED entre los mapas y los recursos manejados por SubC, Pizal y VisualProg. El mapa tomado como ejemplo, versa acerca del concepto de lista, se puede observar la asociación entre el nodo “Ejercicios” y el lenguaje SubC, que se usa para programar lo que se desea simular, la herramienta VisualProg visualiza los programas y la complejidad de los algoritmos asociados, mientras la herramienta Pizal visualiza los datos asociados al programa. La figura 4 muestra una vista de los datos a través de Pizal.

### VIA-ED. Resultados

Para evaluar el sistema VIA-ED se realizaron diversas encuestas. Los encuestados fueron: estudiantes de Ingeniería Informática, expertos en programación de computadoras que tienen nociones sobre técnicas de visualización de programas y profesores de programación con conocimientos sobre metodología de la enseñanza de la programación y diseño de software educativo.

### Análisis de las encuestas a los estudiantes

La muestra estuvo dividida en dos grupos de estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad de Granma: el primer grupo, de 47 miembros, recibió la asignatura Estructuras de Datos con el auxilio del sistema, mientras el segundo grupo (41 estudiantes) se conformó con alumnos que ya habían cursado la asignatura y no emplearon VIA-ED.

Las encuestas midieron siete variables (Anexo 1) que permitieron validar el comportamiento del ambiente.

Los resultados fueron sometidos a diferentes pruebas con el paquete estadístico SPSS<sup>5</sup>, se evidenció que hubo una clara tendencia hacia las respuestas más positivas. Las opciones escogidas tienen la misma tendencia ascendente en ambos grupos y un test de Mann-Whitney confirmó que no hay diferencias significativas en sus rangos medios.

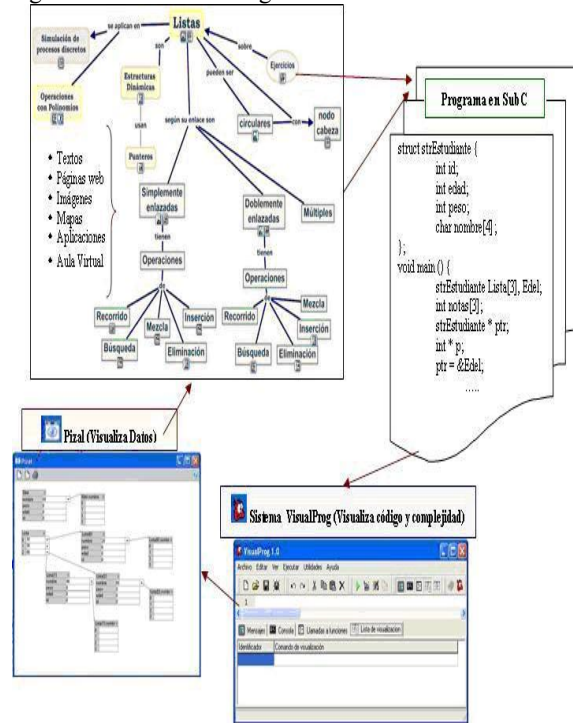


Figura 3. Ambiente Integrado de Visualización de Estructuras de Datos

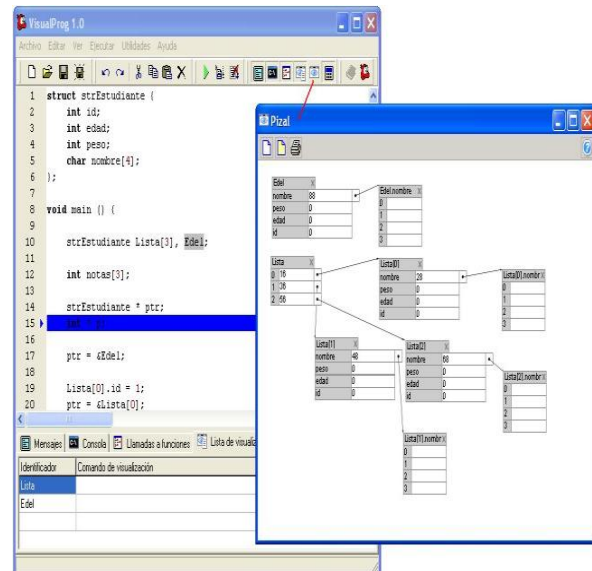


Figura 4. Vista de datos a través del sistema Pizal

<sup>5</sup> Statistical Package for the Social Sciences

El recurso que más frecuencia de marcaje recibió en ambos grupos fue el VisualProg y no existieron diferencias significativas en ese aspecto. Por otra parte se señalaron a las aplicaciones y simulaciones como los recursos más importantes.

La combinación de todos los recursos fue explícitamente elegida por el 48,9% de los estudiantes entrevistados, de forma más frecuente en el grupo con entrenamiento (61%) que en el grupo sin entrenamiento (38,3%), llegando a ser esta diferencia medianamente significativa. Este resultado constituye un aspecto importante, los mapas conceptuales, aún sin los recursos, brindan información y conforman un modelo de conocimiento que el estudiante debe integrar a su estructura cognitiva, los textos, problemas, imágenes, los recursos interactivos, unidos en un mismo ambiente conforman una herramienta que ellos valoran como eficaz. A los estudiantes sin entrenamiento les es más difícil captar la importancia y el valor que adquiere el sistema que integra estas técnicas.

En el anexo 2 se muestran algunas tablas y figuras que expresan el resultado de las encuestas.

### **Análisis de la encuesta a los expertos**

Se utilizó el método Delphi [10] para la selección de los expertos, el Anexo 3 muestra los aspectos medidos para evaluar su nivel de competencia. Para elegir la muestra se tuvieron en cuenta a expertos de más de 10 años de experiencia como profesionales y profesores de la disciplina Programación de Computadoras, con dominio en el uso de Técnicas de Visualización, en metodología de la enseñanza de la programación y en el diseño de software educativo.

De los 36 expertos inicialmente seleccionados para participar en la encuesta, 30 cumplieron con los requisitos, de ellos el 66,6% con un nivel de competencia Alta y el 33,3% Media. La distribución por categorías docentes fue de 43,33% Auxiliares<sup>6</sup> y 56,66% Titulares<sup>7</sup>, por categorías científicas fue de 16,66% Máster y 83,33% Doctores.

A los expertos se le mostró el sistema en detalle y se les aplicó la encuesta que se muestra en el anexo 3.

Con relación a la forma o nivel en que consideran los expertos que VIA-ED contribuye a elevar los niveles de asimilación de los contenidos de la asignatura Estructura de Datos, se observó que, como mínimo, se obtuvo una evaluación de bastante adecuada y la tendencia mediana es la de ser muy adecuada pues un 60% llegó a evaluarla de esta forma.

Por otra parte asignaron el calificativo de “bastante” o “total” con relación a “la armonía entre los recursos que integran el ambiente y su contribución a que los

estudiantes se apropien de los contenidos de la asignatura”. Sólo en tres casos (10%) se da una evaluación intermedia: “ayuda, pero ni poco ni bastante”.

Los recursos más frecuentemente considerados como útiles fueron: El Sistema de Visualización de Programas, los mapas conceptuales, los textos explicativos y el Aula Virtual, mientras los recursos menos frecuentemente seleccionados fueron: la interacción entre los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje, las imágenes, las simulaciones y las aplicaciones. El test de Cochran confirmó que hay diferencias altamente significativas entre las marcaciones de los 8 recursos; pero no encuentra diferencias significativas en el primer grupo de 4 recursos más frecuentes y el segundo grupo de recursos menos frecuentemente señalados.

La información anterior se complementa a partir del orden de importancia que explícitamente dieron los expertos a cada uno de los recursos. Ese orden no debe confundirse con la frecuencia de marcaje, pues un recurso puede haber sido marcado más frecuentemente pero al solicitar, explícitamente, el orden de importancia que el experto le confiere puede no ser necesariamente de los primeros. Para determinar hasta qué punto hay una concordancia en el orden asignado por los expertos se aplicó un test de concordancia de Kendall. El acuerdo, medido por el coeficiente de concordancia no es muy alto ( $W=0,324$ ) pero es bastante diferente de cero (que sería un total desacuerdo).

Resultan evaluados de más importantes el aula virtual, las imágenes, las simulaciones, el sistema de visualización de programas, los mapas y los textos explicativos, y menos importantes, las aplicaciones y los recursos de interacción.

Las opiniones de los expertos sobre la medida en que el ambiente apoya el auto aprendizaje y el trabajo en colaboración de los estudiantes están en el rango de que se logra “bastante” o “total” apoyo.

### **2.3. Mapa Prolog**

En los últimos años, los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) y las web adaptativas han merecido el interés de muchos investigadores que se enfocan en el estudio de teorías, técnicas e innovaciones tecnológicas que permiten personalizar y adaptar la información a necesidades específicas de usuarios determinados [11]. Con ese propósito se han usado diversas técnicas de Inteligencia Artificial (IA), entre ellas los agentes inteligentes.

El sistema de mapas conceptuales para la enseñanza de la Programación Lógica, APA-Prolog, une las potencialidades de los mapas conceptuales y la inteligencia artificial para lograr una enseñanza personalizada que se basa en los conocimientos demostrados por los alumnos.

<sup>6</sup> Segundo rango de categoría docente en las universidades cubanas

<sup>7</sup> Primer rango en la categoría docente en las universidades cubanas

Un estudio hecho en las universidades Central de Las Villas y de Sancti Spiritus [12] permitió identificar las principales dificultades que presentan los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Programación Lógica, entre las que cabe destacar las siguientes:

- una vez que se les ha planteado un problema, no son capaces de describirlo y por eso resulta prácticamente imposible que puedan percibir su representación abstracta en un lenguaje lógico,
- escriben algunas reglas en el lenguaje Prolog que no tienen antecedentes definidos,
- no son capaces de expresar, a través de una relación, lo que se necesita,
- hacen mal uso de los términos compuestos o estructuras,
- no realizan un manejo adecuado de las listas,
- son incapaces de abstraer la esencia de un problema.

El sistema APA-Prolog se traza la meta de resolver esas y otras dificultades y para ello se basa en un mapa conceptual que contiene los conocimientos asociados a este paradigma de programación, organizados de una forma armónica. La figura 5 presenta una vista del mapa principal de la aplicación.

Los mapas generados por la herramienta CmapTools, y por la mayoría de los editores de mapas conceptuales analizados durante esta investigación, permiten una navegación libre. Esta concepción permite a los estudiantes entrar en cualquier tópico del sistema de mapas conceptuales que se construya, sin tomar en cuenta el orden de precedencia de los temas tratados ni el grado de preparación del estudiante en cada sesión de navegación.

### Navegación guiada por agentes inteligentes en APA-Prolog

La navegación por APA-Prolog puede ser libre o asistida. La navegación asistida o guiada distingue al sistema y permite controlar la parte del mapa y el conjunto de recursos que se muestran en cada instante. La responsabilidad de la navegación guiada recae sobre un conjunto de agentes inteligentes que se encargan de elegir los nodos y recursos que se permiten visitar en cada momento del aprendizaje. Los agentes toman en cuenta el grado de conocimiento de cada estudiante, el cual se establece gracias a una evaluación sistemática controlada por uno de los agentes.

La aplicación se diseñó con CmapTools y después se exportaron los mapas a html para poder programar los agentes en PHP.

La figura 6, muestra la relación que existe entre los agentes inteligentes y el sistema de enseñanza, la actuación de los agentes permite adaptar los contenidos y recursos del sistema a los usuarios-estudiantes que interactúan con él en cada momento.

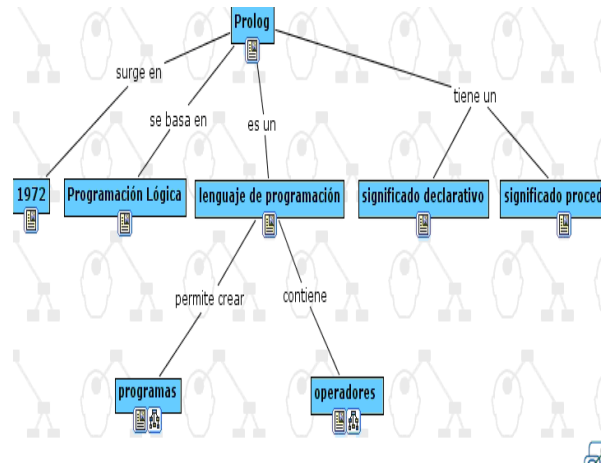


Figura 5. Mapa principal de APA-Prolog

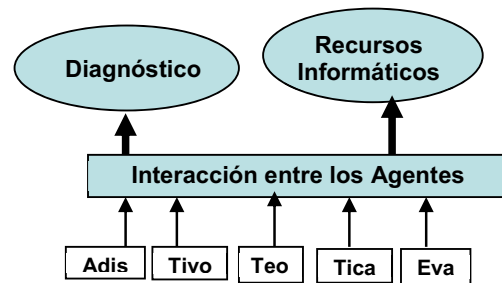


Figura 6. Agentes inteligentes en APA-Prolog

El agente Adis, obtiene la información inicial acerca del estudiante y la almacena en una base de datos. Los datos manejados por este agente son abiertos en el sentido que están disponibles para el profesor, el sistema y el estudiante de forma que el educando sabe cómo lo ve el sistema, también son dinámicos porque pueden cambiar a partir de la actuación del estudiante o a partir del metaconocimiento del sistema.

El agente Tivo, facilita el camino hacia informaciones específicas basadas en insuficiencias puntuales de los estudiantes, que se han detectado de diversas formas, por ejemplo en las respuestas a los ejercicios.

El agente Teo, decide los materiales teóricos que se mostrarán, para lo cual se apoya en un modelo que representa el conocimiento de cada usuario del sistema y realiza acciones tales como: ocultar enlaces o determinar la variante más adecuada del mapa, escoger los textos a presentar, elegir la explicación más adecuada, colocar en orden descendente de relevancia los enlaces a la información que más se ajusten a los conocimientos previos del estudiante, determinar los ejemplos a visualizar, etc.

Tica, es el agente encargado de presentar las actividades prácticas que debe realizar el estudiante, las cuales están asociadas a su nivel de conocimiento, con ese propósito

realiza las siguientes acciones: presenta los ejercicios a resolver y las guías para su solución, ofrece enlaces a prerequisites, refuerza las respuestas correctas, no penaliza las respuestas incorrectas sino que proporciona elementos importantes a tener en cuenta para llegar a la solución correcta, etc.

El agente Eva, es responsable de evaluar a cada estudiante y de mantener la información de su estado de aprendizaje, inicialmente usa la información brindada por el agente Adis, pero después toma en cuenta las evaluaciones para modificar ese estado. De acuerdo al estado de aprendizaje se toman las decisiones acerca del contenido a mostrar.

### APA-Prolog. Resultados

La validación de la efectividad del sistema se hizo mediante encuestas aplicadas a estudiantes de Ingeniería Informática, a profesionales de la computación y a profesores de las disciplinas Programación de Computadoras e Inteligencia Artificial, con dominio de la metodología de la enseñanza de la programación y en el diseño de software educativo.

### APA-Prolog. Encuestas a los estudiantes

La muestra estudiantil estuvo conformada por estudiantes de cuarto año de la carrera “Ingeniería Informática” que cursaban la asignatura Programación Descriptiva en la Universidad de Sancti Spiritus.

La encuesta, compuesta de seis preguntas, se muestra en el anexo 4.

Los resultados de la encuesta se sometieron a un análisis de frecuencia para conocer el comportamiento univariado de las respuestas y un análisis de clúster jerárquico para conocer su comportamiento multivariado, calculándose la moda y mediana para cada uno de los grupos que se formaron. Se utilizó el paquete estadístico SPSS.

De un total de 25 estudiantes encuestados, 23 consideraron que la forma de representar el conocimiento a través de mapas conceptuales “definitivamente sí le ha facilitado comprender los conceptos claves de la Programación Lógica” (92%).

Por otra parte el 76% de la muestra opina que APA-Prolog, “le ha ayudado *mucho* a transformar las especificaciones de un problema dado en hechos, reglas y preguntas”.

De apreciable, evalúan 18 estudiantes (72%) “la influencia que ha tenido el ambiente en su capacidad de expresar claramente un algoritmo empleando el estilo descriptivo”, mientras el 48 % evalúa de medio alto la elevación de su nivel de conocimiento acerca de la Programación Lógica a partir de su interacción con el ambiente.

Se observó que la totalidad de los estudiantes consideraron que, “ambientes similares a APA-Prolog facilitarían el proceso de enseñanza-aprendizaje de otros temas de otras asignaturas”.

Algunos de los aspectos que se señalaron más frecuentemente y se marcaron como importantes para mejorar el sistema, son: la necesidad de una tabla o índice que indique en qué mapa se encuentra cada concepto y el deseo de la presencia de elementos animados y de mayor colorido en el ambiente.

En todas las preguntas se observaron respuestas favorables y en las preguntas 3 y 5 es donde más variabilidad de criterios existió.

Al realizar el análisis de clúster jerárquico (corte 1) se obtiene el dendrograma que se muestra en la figura 7 con un primer corte a distancia un poco mayor que 5 se forman tres grupos de tamaño 1, 14 y 10. Si el corte se realiza a una distancia mayor (corte 2) se forman dos grupos: Uno de un alumno y otro del resto (24).

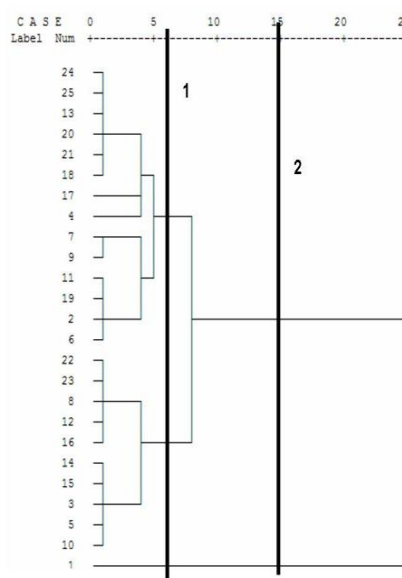


Figura 7. Dendrograma correspondiente al análisis de clúster realizado. Caso 1

La diferencia entre grupos estuvo en las preguntas 3 y 5, que además fueron las preguntas que en el análisis de frecuencia tuvieron más variabilidad en las respuestas.

### APA-Prolog. Encuestas a los expertos

Se utilizó el método Delphi para la selección y procesamiento de las encuestas a los expertos. Para elegir la muestra se tuvo en cuenta a expertos de más de diez años de experiencia como profesionales y profesores de las disciplinas Programación de Computadoras e Inteligencia Artificial, con dominio de la metodología de la enseñanza de la programación y en el diseño de software educativo. De los 35 expertos inicialmente previstos, 30 cumplieron con los requisitos planteados en la encuesta, de ellos el 80.0% con un nivel de competencia Alta y el 20.0% Media, todos tienen categorías docentes principales, 46.7% son Auxiliares, 53.3% Titulares, 26.7% son Máster y 73.3% Doctores.

A los seleccionados se les mostró en detalles el ambiente propuesto, y se les aplicó una encuesta con los elementos a evaluar (Anexo 5).

Se hizo un análisis descriptivo de datos utilizando, en general, frecuencias para variables dicotómicas y proporciones de respuestas positivas, como es el caso de la selección de los recursos y la asignación de un orden de importancia a cada uno.

En estas preguntas en particular se utiliza un test de Cochran para distinguir cuáles son los recursos que de acuerdo a la proporción fueron significativamente más marcados y cuáles menos. Como el cuestionario incluía una pregunta sobre el ordenamiento de la importancia de los recursos se aplicó un test de concordancia de Kendall para medir el acuerdo entre los expertos.

El 66,7% de los expertos valoraron de “muy adecuada” la incidencia del ambiente en la elevación de los niveles de asimilación de los contenidos relacionados con la Programación Lógica, mientras el resto (33,3%) valoró este aspectos de “adecuado”.

Hubo total acuerdo en que la armonía entre los recursos del sistema propicia un ambiente que permite que los estudiantes se apropien de los contenidos de la asignatura.

La posibilidad que tiene el ambiente de tomar en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes fue considerada por el 53,3% de los expertos como muy buena, mientras que el 46,7% opina que es buena.

Todos los recursos, excepto el evaluador que no fue seleccionado por uno de los expertos, recibieron marcaciones de todos los encuestados. El test de Cochran confirmó que no hay diferencias significativas entre las marcaciones de los ocho recursos.

Los expertos consideran que los textos explicativos, los simuladores, los entrenadores y los evaluadores son los recursos más importantes y le dan menos importancia al directorio temático, el espacio para el debate y la conversación en línea.

Para determinar hasta qué punto hay una concordancia en el orden asignado por los expertos se aplica un test de concordancia de Kendall. El acuerdo medido por el coeficiente de concordancia no es muy alto ( $W=0.433$ ) pero es bastante diferente de cero (que sería un total desacuerdo).

Se destaca el hecho de que 11 de los 30 expertos otorgaron el mismo orden de prioridad a todos los recursos lo que deja ver que actúan como un sistema y que se complementan unos con otros.

## Conclusiones

El desarrollo de esta investigación ha permitido validar la efectividad del uso de los mapas conceptuales como medios auxiliares de enseñanza.

Las técnicas de visualización de programas y las herramientas construidas específicamente con ese propósito para esta investigación, permiten estudiar los

algoritmos analizando su funcionamiento interno de forma dinámica lo que influye positivamente en la asimilación de contenidos complejos.

Con la adición de inteligencia artificial a los mapas conceptuales se logra una navegación guiada que parte de la experiencia de los profesores y por tanto es una forma de atención personalizada.

Las nuevas aplicaciones para enseñar: Sistemas Operativos, Redes de Computadoras y Arquitectura de Computadoras, que se desarrollaron a partir de las ideas expresadas en este artículo, permiten afirmar que es posible extender la experiencia a otras materias del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se ha elaborado una guía para desarrollar aplicaciones con mapas conceptuales para la enseñanza, que se basa en los resultados expresados en este trabajo y permite hacer nuevos sistemas en una forma más fácil y funcional.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos a los estudiantes y profesores de las universidades involucradas en el proyecto (Central de Las Villas, de Granma y de Sancti Spíritus), así como a sus directivos, ya que esa voluntad de apoyo permite continuar esta labor de búsqueda de alternativas para mejorar el proceso docente-educativo.

## Referencias

- [1] J. Novak, “Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador”. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, vol., no. 3. 1991.
- [2] A. J. Cañas, G. Hill, A. Granados, C. Pérez, J. D. Pérez. The network architecture of CmapTools. Technical report 93-02. <http://cmap.ihms.us>
- [3] M. J. Linares, “Mapas conceptuales para la enseñanza de la Botánica. Una propuesta organizativa”. Tesis de Maestría. Universidad Central de Las Villas, Cuba. 2007.
- [4] ACM. “Computing Curricula”. The Overview Report covering undergraduate degree programs in Computer Engineering, Computer Science, Information Systems Information Technology, Software Engineering”. *ACM & IEEE-CS*, 58. 2005.
- [5] Y. Soler and M. Lezcano, “Programs visualization system “VisualProg” and conceptual map in the teaching of data structures”. *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine*, vol. 4, no. 4. December 2009.
- [6] J. Clinton, “Program Monitoring and Visualization: An Exploratory Approach”. Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA. 1999.



- [7] P. Señas y N. Moroni, “Herramientas no convencionales para la enseñanza de la programación”. IV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Neuquén. 1998.
- [8] Y. Soler, “Aplicación de la visualización dinámica de programas en el diseño de estructuras de datos y el análisis de la complejidad de algoritmos”. Universidad Central de las Villas, Tesis de doctorado. 2009.
- [9] Y. Soler y M. Lezcano, “Ambiente de ayuda al diseño de programas de computadoras y determinación de su eficiencia”. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales Vol. 6 # 13, pp. 3-11. 2009.
- [10] I. Konow y G. Pérez, “Método DELPHI”. Memorias Conferencia Métodos y Técnicas de Investigación Prospectiva para la toma de Decisiones, Chile. 1990.
- [11] F. Grimon, “Modelo para la gestión de dominios de contenido en sistemas hipermedia adaptativos aplicados a entornos de Educación Superior”. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. España. (2008).
- [12] L. Ríos, “Ambiente de enseñanza-aprendizaje inteligente para la programación lógica”. Universidad Central de las Villas, Tesis de doctorado. 2009.
- [13] L. Ríos y M. Lezcano, “Un ambiente de aprendizaje asistido por computadora para la Programación Lógica”. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales Vol. 5 # 10, pp.19-25. 2008.

*Dirección de Contacto del Autor/es:*

**Mateo Lezcano Brito**  
Calle 11<sup>ma</sup> # 419 entre 6<sup>ta</sup> y 4<sup>ta</sup>,  
Reperto Universitario  
Santa Clara  
Cuba  
e-mail: [mlezcano@uclv.edu.cu](mailto:mlezcano@uclv.edu.cu)

**Yolanda Soler Pellicer**  
General Garcia 111 entre Saco y Figueredo  
Bayamo  
Cuba  
e-mail: [yoly@udg.co.cu](mailto:yoly@udg.co.cu)

**Lydia R. Ríos Rodríguez**  
Calle Casualidad #12a entre Carretera Central y Final  
Sancti Spiritus  
Cuba  
e-mail: [lidia@suss.co.cu](mailto:lidia@suss.co.cu)

**Manuel J. Linares Alvaro**  
Donato Mármol # 323 entre Figueroa y Lora.  
Reperto San Juan,  
Bayamo  
Cuba  
e-mail: [cheche@udg.co.cu](mailto:cheche@udg.co.cu)

**Mercedes J. Madiedo Méndez**

Calle 11<sup>na</sup> # 419 entre 6<sup>ta</sup> y 4<sup>ta</sup>,  
Reperto Universitario  
Santa Clara  
Cuba  
e-mail: [madiedo@uclv.edu.cu](mailto:madiedo@uclv.edu.cu)

---

**Mateo G. Lezcano Brito.** Licenciado en Cibernética Matemática (1982). Máster en Computación Aplicada (1995). Doctor en Ciencias Técnicas (1998). Profesor Titular de la UCLV. Jefe del laboratorio de Informática Educativa.

---

---

**Yolanda Soler Pellicer.** Licenciada en Cibernética-Matemática (1990). Máster en Computación Aplicada (2007). Doctor en Ciencias Técnicas (2009). Profesor Titular de la UDG. Jefe de departamento docente.

---

---

**Lydia R. Ríos Rodríguez.** Licenciado en Cibernética-Matemática (1991). Máster en Computación Aplicada (1998). Doctor en Ciencias Técnicas (2010). Profesor Titular de la USS. Jefe de departamento Ingeniería Informática.

---

---

**Manuel J. Linares Álvaro.** Ingeniero Agrónomo (1990). Máster en Computación Aplicada (2005). Profesor de la UDG. Administrador de red. Diplomado en Enseñanza Constructivista.

---

---

**Mercedes J. Madiedo Méndez.** Licenciado en Cibernética-Matemática (1982). Administradora de red.

---

### **Anexo 1. Encuesta a los estudiantes sobre el ambiente VIA-ED<sup>8</sup>**

En el desarrollo de la asignatura Estructuras de Datos usted ha interactuado con el Ambiente Integrado de Visualización de Estructuras de Datos. Le agradecemos que responda esta encuesta que pretende recoger sus opiniones acerca de la incidencia del sistema sobre su aprendizaje. Por favor, sea sincero ya que el propósito de la encuesta es validar el sistema y perfeccionarlo. Muchas gracias.

- 1) Repercusión. El Ambiente Integrado de Visualización de Estructuras de Datos me ha
  - a) resultado totalmente intrascendente para
  - b) dado alguna ayuda para
  - c) ayudado a
  - d) ayudado bastante a
  - e) ayudado mucho acomprender y profundizar conceptos claves de la asignatura Estructura de Datos.
- 2) Recursos. ¿Cuáles de los siguientes recursos del sistema considera más apropiado para adquirir los conocimientos impartidos en la asignatura? Ud. Puede marcar más de una respuesta.
  - a) Mapas e Informaciones textuales.
  - b) Aplicaciones, simulaciones.
  - c) Aula Virtual, recursos interactivos.
  - d) Sistema de Visualización de Programas VisualProg
  - e) Todos combinados.
- 3) Traza. Seguir la traza de ejecución y visualización de VisualProg me ha
  - a) resultado totalmente intrascendente para comprender
  - b) dado alguna ayuda para comprender
  - c) ayudado a comprender un poco
  - d) permitido comprender bastante
  - e) permitido comprender totalmenteel diseño eficiente de las Estructuras de Datos.
- 4) Visión. Para tener una visión más integradora de la carrera, el hecho de que el Ambiente Integrado de Visualización de Estructuras de Datos se vincule con conceptos estudiados en otras asignaturas
  - a) no ha tenido repercusión alguna en
  - b) prácticamente no ha influido en
  - c) ha influido en algo en
  - d) ha resultado significativamente positivo para
  - e) ha resultado altamente positivo parami formación profesional.

Extensibilidad. ¿Considera que la experiencia desarrollada se debe extender a otros conceptos de Programación y a otros temas de otras disciplinas.

---

<sup>8</sup> La encuesta a los estudiantes que no recibieron entrenamiento con VIA-ED tiene el propósito de evaluar estos indicadores desde la óptica de cuánto les habría ayudado el ambiente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, una vez que se les mostró VIA-ED y sus recursos en varias sesiones de trabajo.

**Anexo 2. Algunas tablas que reflejan los resultados de las encuestas sobre VIA-ED.**

Tabla 2.1 Comparación de la repercusión entre los grupos						
			Entrenamiento en VIA-ED		Total	
			Sí	No		
Repercusión	Dado alguna ayuda	Cantidad	1	0	1	
		%del grupo	2,4	0	1,1	
	Ayudado	Cantidad	7	8	15	
		%del grupo	17,1	17,0	17,0	
	Ayudado bastante	Cantidad	11	13	24	
		%del grupo	26,8	27,7	27,3	
Ayudado mucho	Cantidad	22	26	48		
	%del grupo	53,7	55,3	54,5		
Total			Cantidad	41	47	88
			%del grupo	100	100	100

Significación del test exacto de Fisher=0,762

Tabla 2.2 Comparación de la aceptación del sistema VisualProg entre los grupos						
Recurso: VisualProg			Entrenamiento en VIA-ED		Total	
			Sí	No		
	Sí	Cantidad	31	32	63	
		%del grupo	75,6	68,1	71,6	
	No	Cantidad	10	15	25	
		%del grupo	24,4	31,9	28,4	
Total			Cantidad	41	47	88
			%del grupo	100	100	100

Significación del test exacto de Fisher=0,434

Tabla 2.3 Comparación de la selección de las aplicaciones y simulaciones entre los grupos						
Recurso: Aplicaciones y Simulaciones			Entrenamiento en VIA-ED		Total	
			Sí	No		
	Sí	Cantidad	7	28	35	
		%del grupo	17,1	59,6	39,8	
	No	Cantidad	34	19	53	
		%del grupo	82,9	40,4	60,2	
Total			Cantidad	41	47	88
			%del grupo	100	100	100

Significación del test exacto de Fisher=0,0

### Anexo 3. Encuesta a los expertos sobre el ambiente VIA-ED

En la Universidad de Granma se ha desarrollado un Ambiente Integrado de Visualización de Estructuras de Datos (VIA-ED). En este momento pretendemos recoger opiniones acerca de la calidad de este recurso. Hemos pensado en usted por el dominio que tiene sobre el tema, le sugerimos que al revisar el software fije su atención en la forma de representar el contenido, las técnicas de visualización usadas, los recursos que integra el ambiente, las facilidades para desarrollar el estudio independiente, el trabajo colaborativo y la interacción entre los actores del proceso y la conveniencia de extender la experiencia a otras asignaturas. Le agradecemos de antemano su colaboración, le garantizamos el anonimato y le pedimos que sea sincero, considerando la importancia de sus criterios para perfeccionar este trabajo. Muchas gracias.

2. Considera que este ambiente contribuye a elevar los niveles de asimilación de la asignatura Estructuras de Datos de forma:
  - muy inadecuada
  - inadecuada
  - adecuada
  - bastante adecuada
  - muy adecuada
  
3. La armonía entre los recursos que integran el ambiente ha resultado
  - intrascendente
  - de alguna ayuda
  - ni poco ni bastante
  - de bastante ayuda
  - de total ayuda

para que los estudiantes se apropien de los contenidos de la asignatura.
  
4. De los recursos disponibles en el ambiente, ¿cuáles reconoce de mayor utilidad para conseguir que los alumnos eleven sus niveles de asimilación (marque con una X)?
 

<input type="checkbox"/> Mapas [ ]	<input type="checkbox"/> Recursos del Aula Virtual [ ]
<input type="checkbox"/> Aplicaciones [ ]	<input type="checkbox"/> Simulaciones [ ]
<input type="checkbox"/> Textos explicativos [ ]	<input type="checkbox"/> Imágenes [ ]
<input type="checkbox"/> Recursos de interacción: foros, e-mail, hilos de discusión. [ ]	
<input type="checkbox"/> Sistema de Visualización de Programas: VisualProg [ ]	

4.1. Ordene los recursos que Ud. Seleccionó anteriormente (coloque [# de orden al lado de la X]).
  
5. Considera que el ambiente
  - no apoya
  - apoya muy poco
  - apoya, pero ni poco ni bastante
  - apoya bastante
  - apoya totalmente

el auto aprendizaje y el trabajo colaborativo de los estudiantes.

#### Anexo 4. Encuesta a los estudiantes sobre APA-Prolog

En varias ocasiones usted ha interactuado con el ambiente de enseñanza aprendizaje para la Programación Lógica (APA-Prolog). Le agradecemos de antemano que responda esta encuesta que pretende recoger sus opiniones acerca de la ayuda que le ha brindado el sistema para comprender la asignatura. Le recordamos que las respuestas son anónimas por lo que le pedimos que sea sincero, ya que resultan muy importantes para perfeccionar nuestro trabajo.

1. ¿Considera que la forma de representar el contenido que ofrece APA-Prolog le ha facilitado comprender los conceptos claves de la Programación Lógica?  
 definitivamente sí  
 probablemente sí  
 tengo dudas  
 probablemente no  
 definitivamente no
2. ¿APA-Prolog le ha ayudado a transformar las especificaciones de un problema dado en hechos, reglas y preguntas?  
 mucho  
 algo  
 un poco  
 muy poco  
 nada
3. ¿Cómo evalúa la influencia del ambiente en su capacidad de expresar claramente un algoritmo empleando el estilo descriptivo?  
 limitada  
 discreta  
 apreciable  
 sobresaliente
4. ¿Qué aspectos le gustaría cambiar en el ambiente?  
a) Ordene estos aspectos atendiendo a la prioridad que usted crea.
5. Evalúe la elevación de su nivel de conocimiento de la Programación Lógica a partir de la interacción con el ambiente.  
 nivel alto  
 medio alto  
 medio  
 medio bajo  
 bajo
- ¿Cree usted que ambientes similares a APA-Prolog facilitarían el proceso de enseñanza-aprendizaje de otros temas de otras asignaturas?  
 sí                       no

### Anexo 5. Encuesta a los expertos sobre APA-Prolog

En la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí” se ha desarrollado un ambiente de enseñanza- aprendizaje para la Programación Lógica (APA-Prolog). En este momento pretendemos recoger opiniones acerca de la calidad de este recurso. Hemos pensado en usted por el dominio que tiene sobre el tema, le sugerimos que al revisar el software fije su atención en el contenido, la armonía, el tratamiento diferenciado a los estudiantes y en la conveniencia de extender la experiencia a otras asignaturas. Le agradecemos de antemano su colaboración, le garantizamos el anonimato y le pedimos que sea sincero, considerando la importancia de sus criterios para perfeccionar este trabajo.

- ¿Considera que a partir de este ambiente es posible elevar los niveles de asimilación de la Programación Lógica?
  - muy adecuado
  - adecuado
  - ni adecuado ni inadecuado
  - inadecuado
  - muy inadecuado
- ¿Aprecia usted, entre todos los recursos que conviven en el ambiente, una armonía que propicie que los estudiantes se apropien de los contenidos de la asignatura?
  - nada
  - poco
  - mucho
- Su valoración acerca de las posibilidades que tiene el ambiente de tomar en cuenta los conocimientos previos del estudiante es:
  - muy buena
  - buena
  - ni buena ni mala
  - mala
  - muy mala
- De los recursos disponibles en APA-Prolog ¿cuáles reconoce de mayor utilidad para conseguir que los alumnos eleven sus niveles de asimilación? (Marque con una X)
 

<input type="checkbox"/> directorio temático ( )	<input type="checkbox"/> simuladores ( )
<input type="checkbox"/> espacio para el debate ( )	<input type="checkbox"/> entrenadores ( )
<input type="checkbox"/> conversación en línea ( )	<input type="checkbox"/> evaluadores ( )
<input type="checkbox"/> textos explicativos ( )	

  - a) Ordene los recursos seleccionados atendiendo a la calidad y potencialidad dentro del ambiente desarrollado.
- ¿Cree usted que ambientes similares a APA-Prolog facilitarían el proceso de enseñanza-aprendizaje de otros temas de otras asignaturas?
  - sí                                       no                                       no se