

# DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO PARA EL APRENDIZAJE DE UN CONTENIDO DE GENÉTICA

*Clemen Mazzarella*

[clemenmazzarella@hotmail.com](mailto:clemenmazzarella@hotmail.com)

*Pablo Ríos*

(UPEL-IPC)

Recibido: 12/12/2005

Aprobado: 13/04/2006

## RESUMEN

El presente trabajo contempla la creación y validación de un sistema computarizado para el aprendizaje de contenidos de biología, fundamentado en los enfoques pedagógicos orientados hacia el desarrollo de la capacidad para aprender, la reflexión y la aplicación de los aprendizajes. **GÉNESIS** representa un sistema interactivo multimedia; los estudiantes avanzan según sus necesidades, controlan su proceso de aprendizaje, ofrece retroalimentación oportuna y proporciona un registro de interacción de las ejecuciones realizadas. El estudio se corresponde con la modalidad de proyecto especial y se sustenta en una investigación de campo de tipo cuasi-experimental, se utilizó una muestra de 55 estudiantes de Educación Media. Las variables: aprendizaje del contenido, desarrollo de habilidades metacognitivas y actitud hacia la ciencia fueron evaluadas a través de la aplicación de los pretest y postest respectivos. Los resultados de la investigación evidencian que el sistema favorece el aprendizaje, promueve el desarrollo de habilidades metacognitivas, contribuye a generar una actitud favorable hacia la ciencia y responde a la diversidad de estilos de funcionamiento. La investigación pone de manifiesto la posibilidad de operacionalizar los enfoques pedagógicos vigentes aprovechando los recursos de la informática. **GÉNESIS** constituye un recurso tecnológico a partir del cual se pueden realizar futuras investigaciones que contribuyan a profundizar los aspectos relacionados con la integración de las TIC en los procesos educativos.

**Palabras clave:** sistema computarizado; metacognición; aprendizaje en genética.

## DEVELOPMENT AND VALIDATION OF COMPUTER SOFTWARE FOR INSTRUCTION IN GENETICS

### ABSTRACT

The present article examines the creation and validation of computer software oriented to the learning of curriculum in biology. It was based on pedagogical approaches oriented toward learning capabilities, reflection and application of learned content. The software GENESIS represents an interactive, multimedia system in which students can advance according to their needs, have control of the learning process, get immediate feedback and maintain a record of their interactive activities. The study followed the special project model and it was based on a descriptive field study of the semi experimental type. Pretests and posttest were applied to a sample of 55 secondary education students in order to evaluate three variables: curriculum learning, development of metacognitive abilities and attitude towards science. The results showed how the system promotes learning and metacognitive abilities, contributes to generate a favourable attitude towards science, and accommodates different learning styles. GENESIS is a technological resource that can be part of current pedagogical approaches. It can also be used as a departing point for future research projects looking into the integration of TIC to educational processes.

**Key words:** computer software; metacognitive; genetics instruction.

## INTRODUCCIÓN

En el marco de las transformaciones que definen y caracterizan la dinámica mundial, se encuentra la revolución tecnológica a la cual se encuentran asociadas varios grupos de tecnologías; entre ellas, la microelectrónica representa el grupo más consolidado y de aplicación factible en casi todas las áreas de la actividad humana. Además, en ellos se incluyen las telecomunicaciones, la automatización de procesos y la informática que es esta última de interés particular para el estudio.

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) permiten a los usuarios desarrollar sistemas de trabajo más efectivos y eficientes. En particular, el computador ofrece numerosas posibilidades al proceso instruccional, entre las cuales se destacan la *amplificación* que facilita el acceso a los mejores recursos educativos a un mayor número de usuarios; la *información* que aumenta considerablemente el número de datos y conocimientos que puede utilizar el aprendiz; la *conectividad*, permitiendo durante el proceso que se pueda establecer contacto con instituciones, investigadores y otros profesionales; la interactividad, al propiciar el establecimiento de un “diálogo” entre el que aprende y el material instruccional, aspecto sumamente importante para el uso eficiente del computador en los procesos educativos.

Sin embargo, a pesar de los enormes beneficios que pudieran introducir en los procesos educativos, se puede apreciar que la incorporación de las TIC ha sido y sigue siendo muy lenta. Por un lado, los educadores prefieren utilizar estrategias y recursos más convencionales y, por el otro, no existe suficiente evidencia empírica que respalde las ventajas que ofrecen las tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En este sentido, una de las principales aplicaciones del computador en la escuela lo representa el desarrollo de habilidades intelectuales que subyacen en la enseñanza de los contenidos, se señala que las investigaciones deben estar dirigidas a desarrollar programas interactivos que integren los conocimientos que actualmente se tienen del funcionamiento cognitivo humano con el análisis de tarea, para que cada sujeto reciba una información de acuerdo a su ritmo y estilo de aprendizaje, y que a su vez le permita resolver con éxito la tarea (Ruiz y Ríos, 1990). La interactividad constituye, de este modo, una de las características fundamentales que requieren de estudio para el uso eficiente de las tecnologías de la información en educación, ya que se

centra en la producción de software educativos, y representa uno de los campos que requiere mayor atención y desarrollo.

Autores como Waldegg (2002) y Jonassen (2000) señalan que las tecnologías deben servir de herramientas para la construcción del conocimiento, de manera que los estudiantes aprendan “con” las computadoras y no “de” ellas, pues éstas deberían ser medios que permitieran a los alumnos representar lo que saben e involucrar el pensamiento crítico acerca del contenido que están estudiando. De este modo, la planificación, la toma de decisiones y la autorregulación, son responsabilidad del estudiante, no del computador. La tecnología puede servir de catalizador para facilitar estas destrezas, siempre y cuando estimule la reflexión, la discusión y la solución de problemas.

De esta forma, resulta evidente que las potencialidades de las tecnologías sólo emergerán cuando se acepte el replanteamiento de la educación escolar en el sentido de poner mayor énfasis en los procesos de aprendizaje debidamente contextualizados, o lo que es lo mismo, rediseñar la escuela en función de las necesidades de aprendizaje de los alumnos y no de las facilidades de exposición de contenidos por parte de los maestros (Pedró y Rolo, 1998).

El diseño de un ambiente de aprendizaje en un computador debe obedecer a las características de los procesos de adquisición que sean relevantes de acuerdo con la naturaleza constructiva del aprendizaje como son: atender las diferencias individuales, establecer la importancia del conocimiento previo de los estudiantes, determinar y propiciar avances en la zona de desarrollo próximo, enmarcar el aprendizaje en contextos de la vida real y permitir la transferencia de habilidades cognitivas (De Corte, 1990).

De acuerdo con los planteamientos expuestos, el computador pasa a constituir una valiosa herramienta que facilita la labor docente y brinda a los estudiantes oportunidades de aprendizaje distintas a las que ofrecen los medios tradicionales (Monereo, 2003). Esto es importante si lo que se desea es reorientar los modelos educativos existentes y abrir paso a un enfoque pedagógico holístico, globalizador e interdisciplinario que favorezca la construcción individual de conocimientos de manera articulada, sistematizada, contextualizada, con sentido y significado real. Para la presente investigación es éste el enfoque pedagógico considerado como vigente.

En la actualidad se encuentra en el mercado una amplia variedad de software, la mayoría de uso comercial, que es adaptada por estudiantes y docentes para satisfacer y facilitar las actividades escolares. Sin embargo, cuando se analizan aquéllos que son catalogados como educativos, se observa que una gran parte contiene información que no se adapta a las demandas curriculares de la educación de nuestro país. Además, en algunos casos los conceptos y contenidos específicos están desactualizados, o no permiten un uso diferenciado en los distintos niveles educativos.

Al mismo tiempo, se observa que en la mayoría, no se utilizan ni aprovechan las potencialidades de la informática como recurso educativo, sino que se limitan a incluir en su diseño informaciones sobre un tema o área en particular combinando una variedad de colores, imágenes, sonidos y animaciones, y dejan a un lado el considerar y mucho menos incorporar la estrategia pedagógica más adecuada, acorde con el nivel de los estudiantes y con los contenidos o habilidades que se aspira sean adquiridos.

Por otro lado, una ventaja realmente importante de la informática, que no está presente en la mayoría de los programas educativos, es que éstos podrían ser diseñados para obtener un registro de la ejecución del estudiante durante su interacción con el sistema, lo cual proporcionaría información muy valiosa tanto para él como para el docente en el momento de planificar su secuencia didáctica.

En cuanto a la enseñanza de las Ciencias Naturales, es ampliamente reconocida la importancia que tiene su estudio. Le permite a los alumnos tomar conciencia de la riqueza de aplicaciones e impactos que tienen las ciencias en la vida cotidiana, además, favorece el desarrollo de los diferentes procesos cognitivos y permite el desarrollo del pensamiento de manera autónoma. En tal sentido, los modelos de enseñanza-aprendizaje concebidos bajo los enfoques pedagógicos vigentes proporcionan una mejor comprensión de los retos sociales, un cambio favorable en las actitudes hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de los contenidos y favorece los métodos de aprendizaje que requieren de la interacción entre los estudiantes.

Sin embargo, uno de los principales problemas que enfrentan los docentes de Ciencias Naturales es cómo lograr la operacionalización de

cada uno de los supuestos teóricos que sustentan las concepciones pedagógicas actuales. Para ello hay que seleccionar y diseñar estrategias didácticas que combinen de manera efectiva la enseñanza de contenidos de las diferentes áreas con el desarrollo y adquisición de procesos, habilidades y destrezas, para lograr en los estudiantes un aprendizaje constructivo, significativo y reflexivo.

Especialmente en el área de Ciencias Biológicas, se encuentran contenidos que presentan cierto nivel de dificultad durante el proceso de instrucción (como es el caso del tema de Genética: ADN, seleccionado para el presente trabajo); involucran un lenguaje muy técnico, son complejos (estructuras moleculares), requieren para su comprensión un elevado nivel de abstracción, el docente debe dominar gran cantidad de información actualizada. Del mismo modo, por lo extenso, complejo y abstracto de los contenidos, los estudiantes manifiestan rechazo hacia los mismos y, como consecuencia, no están motivados, lo que conduce a un “aprendizaje” memorístico y descontextualizado.

En función de los planteamientos realizados, surge la necesidad de crear recursos o herramientas tecnológicas que aprovechen al máximo las enormes potencialidades que posee la informática; que sean diseñados con una fundamentación pedagógica actualizada, que atiendan las necesidades de formación de los ciudadanos para enfrentar los nuevos escenarios productivos y que, al mismo tiempo, faciliten la labor docente y respondan, de alguna manera, a los problemas derivados de la didáctica de algunos contenidos en particular como es el caso de la enseñanza de las ciencias.

A partir del contexto señalado, se plantearon los siguientes objetivos de investigación:

1. Desarrollar un sistema computarizado bajo los enfoques pedagógicos vigentes para el aprendizaje de un contenido de genética.
2. Validar el sistema computarizado mediante la interacción con los estudiantes para obtener registros de su progreso en cuanto al aprendizaje del contenido y el desarrollo de habilidades metacognitivas.

3. Analizar los resultados de la implementación del sistema computarizado en cuanto al aprendizaje del contenido, el desarrollo de habilidades metacognitivas y la actitud hacia la ciencia.

## **MARCO REFERENCIAL**

A continuación se discuten los distintos enfoques, teorías y constructos que constituyen el fundamento psicopedagógico sobre el cual se sustenta el diseño del sistema computarizado y por tanto la presente investigación. Se parte de una perspectiva epistemológica constructivista, reseñando particularmente el Aprendizaje Significativo, en el cual se considera al estudiante como participante activo en la construcción de los conocimientos; el Enfoque Sociocultural, destacando los conceptos de Zona de Desarrollo Próximo y Mediación, relacionados directamente con el rol del docente y con la función del sistema computarizado para favorecer los procesos de aprendizaje, y finalmente, metacognición y transferencia como procesos cognitivos de alto nivel que involucran el control, supervisión y aplicación, tanto de procesos como de conocimientos.

## **LA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVISTA**

El constructivismo es considerado fundamentalmente como un enfoque epistemológico. Al respecto, Delval (1997) señala que la característica más importante y original de esta perspectiva es que trata de explicar la formación del conocimiento situándose en el interior del sujeto, es decir, ayuda a entender qué es lo que sucede en la mente del individuo cuando éste forma nuevos conocimientos. En este sentido, el aprendizaje consiste en la creación de significados a partir de experiencias, por lo tanto se refiere a conjugar, confrontar o “negociar” el conocimiento entre lo que viene desde el exterior y lo que hay en el interior del estudiante (Hernández, 1997).

Se considera al alumno como centro de la enseñanza y como sujeto mentalmente activo, lo que le permite construir interpretaciones personales del mundo basadas en las experiencias e interacciones individuales. El conocimiento, pues, emerge de contextos significativos, y es en la interacción entre los estudiantes y el ambiente donde éste se crea. En este sentido, Ríos (1999) señala que se concibe al sujeto como un

participante activo que, con el apoyo de agentes mediadores, establece relaciones entre los conocimientos que posee y las nuevas informaciones para lograr reestructuraciones cognitivas que le permitan darle significado a las situaciones que se presenten. De este modo, lo construido por cada estudiante puede considerarse como único (Barajas, 2003).

## **APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**

Uno de los aspectos fundamentales que identifican el enfoque constructivista se refiere al aprendizaje significativo. Ausubel (1976) postula que el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva. Señala como principales características del aprendizaje: (a) *la construcción*, ya que el sujeto transforma y estructura la información que proviene del exterior, y (b) *la interacción*, debido a que la información externa interrelaciona e interactúa con los conocimientos previos y las características personales del aprendiz.

De acuerdo con el aprendizaje significativo, los nuevos conocimientos se incorporan de forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno y se logra cuando los relaciona con los anteriormente adquiridos; pero es fundamental que el alumno demuestre interés por aprender lo que se está mostrando.

Se señala además (Díaz Barriga y Hernández, 2002) que para lograr el aprendizaje significativo deben tenerse una serie de requisitos, entre los cuales se destacan: significatividad lógica del material que se le presenta al estudiante; debe estar organizado de manera que se logre la construcción del conocimiento. Significatividad psicológica del material con lo cual el alumno pueda conectar el nuevo conocimiento con los previos para poder comprenderlos; y finalmente, la actitud favorable del alumno, componente emocional fundamental ya que el aprendizaje no podría darse si el alumno no lo desea.

## **ENFOQUE SOCIOCULTURAL**

De este enfoque se consideran básicamente los conceptos de mediación y zona de desarrollo próximo. En cuanto al primero, se puede señalar que uno de los aportes importantes de Vygotsky se relaciona con



el uso de instrumentos mediadores (herramientas y signos) para entender los procesos sociales, indicando que la analogía básica entre signos y herramientas descansa en la función mediadora que caracteriza a ambos (Vygotsky, 1979).

Vygotsky considera que el hombre no se limita a responder a los estímulos sino que actúa sobre ellos, transformándolos. Y ello es posible gracias a la mediación de instrumentos que se interponen entre estímulo y respuesta. Se considera la actividad como un proceso de transformación del medio a través del uso de instrumentos (Pozo, 1989).

En cuanto a la interacción entre aprendizaje y desarrollo, Vygotsky (1979) señala que el aprendizaje debe equipararse al nivel evolutivo del aprendiz; refiere dos niveles evolutivos: el *nivel evolutivo real*, que comprende el nivel de desarrollo de las funciones mentales de un niño. Supone aquellas actividades que los aprendices pueden realizar por sí solos y que son indicativas de sus capacidades mentales. Por otro lado, si se le ofrece ayuda o se le muestra cómo resolver un problema y lo soluciona, el aprendiz no sólo logra una solución independientemente del problema, sino que llega a ella con la ayuda de otros lo que constituye su *nivel de desarrollo potencial*. (Lo que los sujetos pueden hacer con ayuda de “otros”, en cierto sentido, es más indicativo de su desarrollo mental que lo que pueden hacer por sí solos).

Por otro lado, se verificó que la capacidad de los aprendices de idéntico nivel de desarrollo evolutivo real, variaba en gran medida al aprender bajo la guía de un mediador e, igualmente, el subsiguiente curso de su aprendizaje sería distinto. Esta diferencia es la que denominó *Zona de Desarrollo Próximo*.

De esta manera, se puede entender *mediación* como la experiencia de aprendizaje donde un agente mediador, actuando como apoyo, se interpone entre el aprendiz y su entorno para ayudarlo a organizar y desarrollar su sistema de pensamiento y facilitar la aplicación de nuevos instrumentos intelectuales (Ríos, 1997).

En este punto es donde cobra importancia el concepto de interactividad pedagógica, en la cual el alumno tiene la posibilidad de actuar directamente con un agente que podría estar representado de manera virtual por una computadora y de esta manera, dirigir su propio proceso de construcción del conocimiento empleando la estrategia de

aprendizaje que más se ajuste a sus necesidades y a la tarea que deba realizar (Morales, 2001).

## **METACOGNICIÓN**

La metacognición se define sintéticamente como cognición sobre la cognición, es decir, conocimiento del propio conocimiento. Se refiere especialmente a la toma de conciencia, el control del proceso y la autorregulación que dan lugar a la organización para enfrentar las necesidades y adaptarse al medio.

La mayoría de las definiciones coinciden en el conocimiento que una persona tiene de la naturaleza del aprendizaje, efectividad de las estrategias que aplica, conocimiento sobre sus fortalezas y debilidades, conocimiento y supervisión de la naturaleza y progresos al realizar una tarea y, por último, el control sobre el aprendizaje a través de la información y la toma de decisiones.

Soto (2003), señala que es posible establecer dos grandes clasificaciones del concepto de metacognición: la primera, ubica la metacognición como asociada a dos componentes: el conocimiento que tiene una persona sobre los propios procesos cognitivos (saber qué), es de naturaleza declarativa y suele ser un conocimiento relativamente estable. El segundo componente se refiere a la regulación de los procesos cognitivos (saber cómo), está asociado a las actividades de planificación, control y evaluación. Involucra el aspecto procedimental del conocimiento y permite encadenar de forma eficaz las acciones necesarias para alcanzar una meta.

La segunda clasificación es producto de los dos tipos de investigaciones que se encuentran reseñadas en la literatura: la primera, investigaciones sobre el *monitoreo metacognitivo*; se refiere al monitoreo sobre los procesos del pensamiento y los estados del conocimiento propios del individuo, y la segunda, investigaciones sobre el *control metacognitivo*, definida como la voluntad para dirigir los propios procesos de pensamiento y de recuperación de memoria.

Actualmente se considera que el conocimiento metacognitivo se refiere tanto a las potencialidades y las limitaciones cognitivas y de conocimientos en los distintos dominios, como también, a las diferentes

estrategias o recursos que pueden requerir las distintas tareas de aprendizaje. En consecuencia, este tipo de conocimiento puede facilitar al estudiante una mejor comprensión, supervisión y valoración de los contenidos conceptuales y procedimentales del campo de estudio.

Señalan González, Valle, Rodríguez y Piñeiro (2002) que la mejora permanente del aprendizaje requiere que los estudiantes sean estratégicos, es decir, que sean capaces de estudiar en el campo, hacer planes y coordinar recursos; estar seguros de las demandas de las tareas y de las capacidades individuales de trabajo, decidir qué quieren obtener de cada situación, y como consecuencia, poner en marcha las estrategias adecuadas para lograr sus objetivos.

En definitiva, se observa cómo los aspectos metacognitivos están relacionados con el enfoque constructivista; los aprendices construyen sus propios conocimientos, situaciones y significados y, al mismo tiempo, evalúan y reconocen sus procesos de reconstrucción, por lo que la complementariedad entre constructivismo y metacognición puede conducir a un cambio personal muy efectivo.

Autores como De Corte (1990) señalan, que el software educativo debe fomentar la adquisición de habilidades metacognitivas, particularmente, promoviendo y desarrollando la explicitación y la reflexión sobre sus conocimientos.

Igualmente, Barajas (2003) señala que los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) pueden proporcionar estímulos suficientes y apoyo para un proceso distribuido de estudio y facilitar la adquisición de un conocimiento de base específico para un dominio bien organizado, de estrategias de aprendizaje para la resolución de problemas y de conocimientos metacognitivos y habilidades autorreguladoras.

En cuanto al sistema computarizado, objeto del presente estudio, incluye una serie de intervenciones donde se consideran los aspectos metacognitivos. Los usuarios pueden revisar el curso de su interacción, conocer cómo progresan, supervisar y evaluar su ejecución. Igualmente, se le proporcionan al estudiante pistas, indicios o preguntas que estimulan la reflexión durante la interacción para guiarlo hasta que alcance con éxito la resolución de una tarea. En otras palabras, la calidad de la retroalimentación que suministra el sistema es lo que va a determinar el desarrollo de las habilidades metacognitivas que puedan

ser utilizadas por el aprendiz para transferirlas a nuevas situaciones o actividades que se presenten durante la interacción.

## TRANSFERENCIA

Uno de los principales objetivos de la educación es lograr que los estudiantes puedan aplicar lo aprendido en situaciones de la vida real. Es importante resaltar que la transferencia ocurre cuando una experiencia de aprendizaje influye sobre las aptitudes de un individuo para responder en escenarios diversos con efectividad y de manera diferente a la que demostró durante el aprendizaje (Andrews y Cronbach, 1973).

Ruiz y Ríos (1994), señalan que la transferencia se entiende como un tipo especial de proceso cognitivo que hace posible la generalización de una experiencia previa de aprendizaje a situaciones nuevas. Operacionalmente puede definirse como el progreso en el desempeño sobre una actividad, como resultado de algo adquirido en una tarea anterior.

De este modo el adiestramiento de autocontrol es el que mejor fomenta la transferencia; al individuo no sólo se le instruye en el empleo de una estrategia o técnica, sino que también se le enseña cómo emplear, supervisar y evaluar dicha estrategia, es decir, el funcionamiento metacognitivo determina una buena parte de la transferencia.

Los sistemas de instrucción basados en el computador proporcionan un modo para examinar el fenómeno de transferencia durante el aprendizaje. En este sentido, la retroalimentación que proporciona el sistema puede ayudar al proceso, al ser usado de manera apropiada como método de estimulación para incrementar la respuesta o la ejecución del aprendiz.

## MARCO METODOLÓGICO

### *Diseño de la investigación*

La presente investigación puede ubicarse, por un lado, en la modalidad de **proyecto especial**, ya que su producto representa un aporte novedoso y original, por ser concebido con un enfoque diferente al del software educativo tradicional, tratando, de esta manera, de responder, en

parte, a la problemática educativa señalada anteriormente. Por otro lado, se sustenta en una investigación de campo de carácter descriptivo explicativo y de tipo cuasi-experimental, debido a que se procede a caracterizar, describir, evaluar e interpretar los datos obtenidos en forma directa de la realidad a través de la aplicación, tanto a los sujetos del grupo control como a los del grupo experimental, de los instrumentos diseñados en el estudio para las distintas variables que contempla la investigación.

### ***Población y muestra***

La población del estudio estuvo integrada por 110 estudiantes de 2º año de Ciencias de Educación Media Diversificada y Profesional del Colegio San Agustín, de El Paraíso. Específicamente, se consideraron los grupos de estudiantes ya preestablecidos en las secciones A y B para conformar una muestra de 55 sujetos, de los cuales 30 correspondían al grupo control y 25 al experimental. Los grupos estaban integrados por estudiantes de ambos sexos, en su mayoría de nivel socioeconómico clase media alta, con edades comprendidas entre 16 y 18 años. Además, es importante destacar que todos los estudiantes poseían habilidades en el uso de la informática ya que en esta institución educativa se incorpora de manera obligatoria la asignatura computación desde la 1ª etapa de Educación Básica.

### ***VARIABLES e INSTRUMENTOS***

Las variables consideradas en el estudio son: *aprendizaje del contenido, habilidades metacognitivas y actitud hacia la ciencia.*

- *Aprendizaje del contenido:* se define como la creación o modificación de los esquemas mentales del estudiante mediante las nuevas relaciones que pueda establecer entre el conocimiento previo y la nueva información que se presenta. La construcción individual de las estructuras conceptuales se desarrolla en contextos de razonamiento y solución de tareas, donde el estudiante debe explicitar los nuevos modelos interpretativos que surjan durante el proceso de aprendizaje. Las dimensiones que se consideran son: comprensión, establecimiento de relaciones, análisis y aplicación de conceptos. Para su evaluación se diseñó una *Prueba de Conocimientos* sobre el contenido de genética molecular; se elaboraron pruebas equivalentes que fueron aplicadas como pretest y postest. La diferencia de los

puntajes obtenidos por los estudiantes y los registros de calificaciones que proporciona el sistema computarizado permitieron determinar el nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes en las dimensiones señaladas.

- *Habilidades metacognitivas*: se definen como la toma de conciencia, capacidad de controlar, supervisar y reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje del estudiante. Para su operacionalización, el sistema computarizado desarrollado en la investigación proporcionó un registro de interacción de cada estudiante, en el cual se precisaron los siguientes indicadores: recorridos realizados (ruta de navegación), número de errores cometidos, número de veces que solicita ayuda, toma de notas o apuntes, supervisión de la ejecución y calificación obtenida. Los datos suministrados por el registro individual fueron utilizados para identificar las rutas que seguía cada estudiante durante la interacción, y de esta forma interpretar tanto las habilidades particulares de los estudiantes para enfrentar las tareas que le suministraba el programa (evaluación intrasujeto), como para comparar entre sí las ejecuciones de cada uno de los estudiantes que interactuaban con el programa (evaluación intragrupo). Por otro lado, se diseñó un instrumento para la *evaluación de habilidades metacognitivas* que utilizan estudiantes durante su proceso de aprendizaje (adaptado del instrumento de Sánchez, 1998), el cual fue aplicado como pretest y postest a ambos grupos. Las dimensiones consideradas fueron:
  - *Planificación*: comprende el diseño de estrategias para lograr los objetivos propuestos y estudiar las condiciones en que se debe resolver.
  - *Supervisión*: refiere al control que se ejerce mientras se aplican las estrategias para la resolución de un problema o situación.
  - *Evaluación*: refiere a la revisión de resultados a fin de establecer si la solución corresponde con los objetivos propuestos.
- *Actitud hacia la ciencia*: las actitudes en educación se pueden considerar como causas del aprendizaje: las positivas lo favorecen y las negativas dificultan o impiden la adquisición de nuevos conocimientos, a la vez que están condicionados por las creencias y determinan las intenciones de los individuos. Es una variable multidimensional, lo cual dificulta su medición, para una válida y

correcta evaluación de las actitudes se seleccionó de la taxonomía que reportan Vázquez y Manassero (1997) la dimensión *enseñanza de la ciencia*, que a su vez comprende las subdimensiones *ciencia escolar* (comprende los elementos escolares que involucra el aprendizaje en el aula), y *resultado de la enseñanza* (representa las actitudes relacionadas con los productos del estudio y aprendizaje de la ciencia).

Fueron seleccionadas solamente estas subdimensiones por considerar que se ajustan mejor al objeto de estudio de la presente investigación. La actitud se midió mediante la manifestación de acuerdo/desacuerdo con las frases presentadas, sobre una escala Lickert de cinco puntos. El instrumento fue aplicado como pretest y postest tanto para el grupo control como para el experimental.

## PROCEDIMIENTO

La investigación comprende dos fases: desarrollo del software y validación del mismo.

### ***Desarrollo del sistema computarizado***

**Diseño.** Para el diseño del sistema computarizado se consideraron los siguientes aspectos:

***Selección del contenido:*** se seleccionaron los temas de acuerdo con su complejidad didáctica, posibilidad de ser explotado desde la informática, relevancia en los programas de biología de distintos niveles educativos, presencia de los procesos que se utilizan para el aprendizaje de estos contenidos, integración de los temas en contenidos de otras asignaturas, cursos o carreras. Los temas que se incorporaron son del área de Genética Molecular, particularmente ADN (ácido desoxirribonucleico).

***Concepción del sistema:*** se diseñó bajo una concepción constructivista del aprendizaje, en la que se considera al estudiante como un aprendiz activo que construye conocimientos significativos, y con un enfoque metacognitivo donde se propicie la toma de conciencia, control y reflexión de los procesos cognitivos que aplica durante el proceso de aprendizaje.

## **Componentes del sistema**

1. *Base de conocimiento*: se refiere tanto al conocimiento conceptual como al procedimental que debe tener el programa.
2. *Modelo del estudiante ideal*: comprende el conjunto de reglas, rutas a seguir, procesos que se supone realiza un estudiante cuando resuelve una tarea (análisis cognitivo de tarea). Se trata de analizar las actividades intelectuales que deben suscitarse en los estudiantes para que alcance los objetivos previstos.
3. *Componente didáctico*: abarca un conjunto de reglas que corresponden con la experticia docente, en este caso las estrategias didácticas, con los enfoques educativos vigentes y que incorporen la ejercitación de habilidades metacognitivas.
4. *Interface*: se trata del diseño de todos los aspectos que facilitan la interacción del usuario con el sistema, comprende la creación y el desarrollo de todo el sistema iconográfico.

**Producción del sistema computarizado**: para la elaboración del programa se seleccionó el Software Authorware 5.0, y se contó con un equipo multidisciplinario conformado por un programador, un diseñador gráfico y una pedagoga (autora de la investigación). Además del Sistema Computarizado **GÉNESIS**, se desarrolló un software para la administración de los estudiantes con el programa PowerBuilder 7.0 de la empresa Sybase, que genera los reportes del registro de interacción individual de los usuarios del programa.

## **Descripción del sistema computarizado**

**Definición**: el sistema computarizado desarrollado se ajusta a la categoría de Sistema Interactivo Multimedia de Aprendizaje (SIMA) (Tirado, 1998), ya que el término abarca situaciones de aprendizaje en las que ocurre intercambio de información entre sistemas comunicadores que están implicados de alguna forma en un proceso de diálogo, particularmente en el caso multimedia, a través de varios canales de comunicación, como sonido, video y/o animaciones.

El programa computarizado lleva por nombre **GÉNESIS** (origen, principio), debido a la relación que se puede establecer con la macromolécula más importante presente en los organismos; constituye la base de la vida y contiene toda la información genética necesaria para



la formación de un nuevo individuo: el ADN (ácido desoxiribonucleico); la estructura y funcionamiento de la misma constituye el contenido central del programa desarrollado.

### ***Características del sistema computarizado***

- a. Actividad del usuario: representa un sistema hipermedia interactivo que soporta el acceso a varias representaciones del contenido.
- b. Objetivos educacionales: constituye un entorno exploratorio, con énfasis en procesos más que en resultados.
- c. Presentación del contenido: en forma global conocimientos y habilidades desarrollados dentro de una variedad de contextos significativos.
- d. Control del sistema: durante el diálogo interactivo entre el estudiante y el sistema, el primero es el que toma las decisiones de manera explícita, por tanto lleva el control directo de la sesión de aprendizaje.
- e. Tratamiento de errores: la retroalimentación que proporciona el sistema es del tipo corrección con ayuda; se presentan contraargumentos, ejemplos y situaciones de reflexión que le permiten finalizar con éxito la tarea.
- f. Registro de ejecución: el sistema contiene una base de datos, que registra y almacena la ejecución completa de cada participante para su posterior análisis.

### ***Componentes del sistema computarizado GÉNESIS***

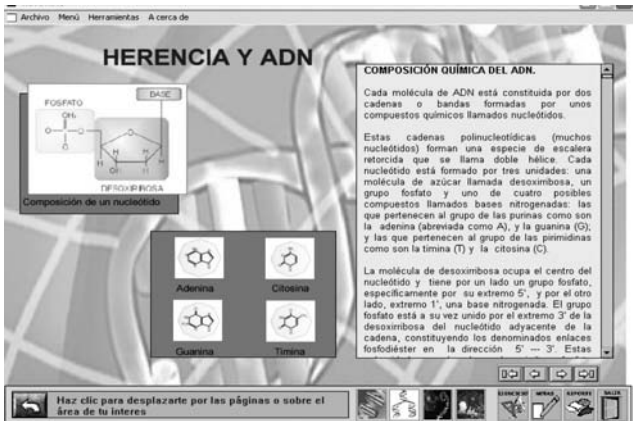
El material contempla tres áreas funcionales:

1. **Área de menú:** contiene las opciones: *Archivo:* permite salir del programa o regresar al módulo principal. *Menú:* despliega los cuatro temas desarrollados en el programa: Herencia y ADN, Duplicación del ADN, Transcripción y Traducción, Ingeniería Genética. *Herramientas:* despliega las opciones: *Instrucciones*, la cual describe el funcionamiento del programa. *Glosario:* diccionario de las principales palabras asociadas con los temas del software.

*Investigadores*: listado de los científicos más importantes relacionados con el área con sus principales aportes. *Acerca de*: contiene *Programa*: descripción de los objetivos y contenidos del software, y *Créditos*: autores del software.



2. **Área de desarrollo del contenido:** área de la pantalla que muestra el contenido de cada uno de los temas de información seleccionados. En la parte inferior derecha se encuentra una barra con cuatro íconos de desplazamiento, que le permiten al usuario avanzar o retroceder en las páginas de cada uno de los temas desarrollados.



- 3. Área de instrucciones y botones:** muestra una barra en la parte inferior derecha de la pantalla que contiene un grupo de 8 íconos: imágenes que identifican a cada uno de los cuatro temas desarrollados. *Ejercicio:* que permite evaluar el avance del aprendizaje a través de la realización del ejercicio respectivo. *Notas:* abre una ventana en la cual el usuario puede escribir sus propias notas o reflexiones acerca de lo aprendido, e incluso puede imprimirlos. *Reporte:* permite solicitar información acerca de la actuación del usuario durante la resolución del ejercicio. *Salir:* para salir del módulo en el que se está interactuando.

### Validación del sistema computarizado

El sistema fue validado con estudiantes que cursan 2º año de Ciencias, asignándose al azar dos secciones: grupo control y experimental. Las clases de biología del grupo control, identificadas en la investigación como clase tradicional, se desarrollaron bajo un enfoque pedagógico constructivista: exploración de conocimientos previos, planteamiento de preguntas y situaciones contextualizadas que conduzcan a la reflexión, realización de talleres, uso de procesadores de información, investigaciones bibliográficas, discusiones dirigidas.

El grupo experimental utilizó el sistema computarizado desarrollado en la investigación en seis sesiones de clases. La sesión inicial contempló una explicación detallada acerca del funcionamiento del programa. En las siguientes 5 clases, cada estudiante interactuó con el software, pudiendo obtener en cualquier momento el registro de su ejecución individual.

Las sesiones de interacción alternaron con sesiones teóricas de discusión del trabajo efectuado en el computador; en las mismas se analizaron tanto las dificultades como los avances y progresos que se iban produciendo durante la interacción de los estudiantes con el sistema. En cuanto al contenido temático se realizaban discusiones grupales que les permitían a los estudiantes exponer los contenidos investigados y procesados, realizar reflexiones y explicitar todo lo referente en cuanto al tema y a las estrategias utilizadas para la resolución de los ejercicios.

Es importante destacar que para el grupo experimental, además de los datos que arrojaron la aplicación de los respectivos instrumentos, se contó con los registros de ejecución individual de interacción con el

sistema, lo cual permitió evaluar su progreso con respecto al aprendizaje del contenido, e identificar la adquisición y utilización de habilidades metacognitivas a través del mismo programa.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Posterior a la aplicación de los instrumentos a la muestra seleccionada, se procedió a procesar e interpretar la información identificando aquellos aspectos resaltantes que reflejan las respuestas de los estudiantes para cada una de las dimensiones de las variables consideradas en el estudio. Al mismo tiempo se determinaron las diferencias significativas de los grupos control y experimental, a través de la aplicación de la Prueba estadística “t” de Student, a partir de las cuales se interpreta el efecto de la utilización del sistema computarizado GÉNESIS.

### **Variable: aprendizaje del contenido**

#### **Cuadro 1**

**Comparación entre las medias de los pretest y postest de los grupos control y experimental para la variable aprendizaje del contenido**

GRUPOS	PRETEST		POSTEST		n	T
	M	DS	M	DS		
CONTROL	6,43	2,95	8,56	3,07	30	4,95**
EXPERIMENTAL	5,80	3,17	11,68	2,32	25	11,29**

\*\* Significancia  $p < 0,001$

En el cuadro 1 se observan los resultados de la prueba “t” que arrojaron las comparaciones entre las medias de las pruebas pretest y postest. Para el grupo control se obtienen diferencias significativas, lo que indica que los estudiantes alcanzaron mejores calificaciones en el postest producto del aprendizaje del contenido. Igualmente, para el grupo experimental se observan diferencias significativas; especialmente se puede notar que el valor que toma la media del postest 11.68 puntos efectivamente sugiere que los estudiantes lograron el aprendizaje del contenido de una manera más efectiva, en comparación a los estudiantes del grupo control cuyo valor de media en los resultados del postest no alcanzaron, incluso al puntaje establecido como aprobatorio: 8.56 puntos.

**Cuadro 2**

**Comparación entre las medias de las calificaciones obtenidas en el 2º lapso en la asignatura Biología para los grupos control y experimental**

GRUPOS	M	DS	n	T
CONTROL	11.25	3.04	30	9.17**
EXPERIMENTAL	12.96	2.85	25	

\*\* Significancia  $p < 0,001$

En este mismo sentido, al analizar las calificaciones definitivas obtenidas por los alumnos en la asignatura Biología (Cuadro 2) se puede evidenciar que logran mejores puntuaciones los estudiantes del grupo experimental con respecto al grupo control, lo cual permite reafirmar que ciertamente la utilización del sistema computarizado favoreció el aprendizaje del contenido temático tratado e, incluso, es importante destacar que no hubo ningún estudiante aplazado en la asignatura.

Estos resultados sugieren, que los alumnos que interactúan con el computador disfrutan de un proceso de aprendizaje más eficaz en comparación con aquellos que su aprendizaje se limita al uso de textos o materiales impresos, acompañada de la comunicación entre profesor y grupo de estudiantes.

Se refiere en la literatura, que el computador puede facilitar el aprendizaje de la mayor parte de los contenidos proporcionando la ventaja de la individualización y la adaptación de la enseñanza al ritmo propio de cada estudiante. Señala Gros (2000), que el computador representa una herramienta capaz de asegurar que el estudiante sea centro y motor de sus propios aprendizajes; puede, entre otros aspectos, seleccionar los temas de estudio, plantear sus propios problemas y proponer o comprobar las hipótesis que considere más convenientes.

En este sentido el sistema computarizado **GÉNESIS** representa un ambiente que favorece el proceso de aprendizaje constructivista como reportan Duart y Sangrá (2000); Gros (2000); y Wilson (2000), entre otros autores, debido a que los estudiantes tienen la oportunidad de construir el conocimiento interpretando sus experiencias perceptivas en relación con su conocimiento previo, sus estructuras mentales actuales y sus creencias.

Señala Barajas (2003), que para alcanzar tal propósito, el estudiante debe situarse en un contexto rico, en el cual el contenido del aprendizaje debe incluirse en su propia utilización y no debe estar especificado previamente. Al mismo tiempo, debe involucrarse en el proceso de construcción, de desarrollo, de evaluación y de reflexión de argumentos, aspectos que se identifican plenamente en la herramienta informática desarrollada en la investigación y que, efectivamente, contribuye a lograr un aprendizaje más efectivo como muestran los resultados obtenidos en el estudio.

### **Variable: actitud hacia la ciencia**

#### **Cuadro 3**

**Comparación entre medias de los pretest y postest de los grupos control y experimental para la variable actitud hacia la ciencia**

	CONTROL		EXPERIMENTAL			
	M	DS	M	DS	n	T
PRETEST	2.36	0.49	2.40	0.50	55	0.80 (ns)
POSTEST	3.26	0.44	4.24	0.43	55	8.10**

\*\* Significancia  $p < 0,001$

La actitud representa un concepto que reúne tres elementos: un conjunto organizado y duradero de convicciones o creencias, (elemento cognitivo) dotados de una predisposición o carga afectiva favorable o desfavorable (elemento afectivo) que guían la conducta de la persona respecto a un determinado objeto (elemento conductual) (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001).

La disposición a favor o en contra del objeto de la actitud es considerada por muchos autores como lo más característico o propio de las actitudes, ya que las sitúa en el ámbito de los valores, la dota de capacidad para orientar la conducta y hace de las actitudes un constructo de connotaciones de motivación o guía de las acciones de las personas.

En el cuadro 3 se evidencia que no existen diferencias significativas entre los grupos control y experimental, lo cual refleja que todos los estudiantes de la muestra manifestaron de manera similar sus creencias y

percepciones hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Esto podría interpretarse como una actitud poco favorable por los valores obtenidos de acuerdo con la escala establecida en el instrumento.

En cuanto a la comparación entre las medias de los datos obtenidos a través de la aplicación de los postest, se encontraron diferencias significativas, lo que permite inferir que el grupo que interactuó con el sistema computarizado manifestó una actitud favorable hacia los enunciados relacionados con la mencionada variable, en la cual se destacaban aspectos relacionados con el interés, agrado y nivel de dificultad que presentan las asignaturas científicas, tal y como las perciben los estudiantes en el contexto escolar. Estos resultados pueden responder al hecho de que la propia herramienta tecnológica utilizada en la investigación promueve en los estudiantes que las actividades escolares se realicen de una manera más agradable y motivante como refieren algunos autores (Gros, 2000; De Corte, 1996; Barajas, 2003).

**Variable: habilidades metacognitivas**

**Cuadro 4**

**Comparación entre medias de los pretest y postest de los grupos control y experimental para la variable habilidades metacognitivas**

	CONTROL		EXPERIMENTAL		n	T
	M	DS	M	DS		
PRETEST	1.80	0.40	1.68	0.47	55	1.00 (ns)
POSTEST	2.13	0.34	3.04	0.20	55	11.58 **

\*\* Significancia  $p < 0,001$

Los datos presentados en el cuadro 4 muestran que para la variable habilidades metacognitivas, no existen diferencias significativas para el pretest entre los grupos control y experimental, lo que sugiere que ambos grupos manifestaron utilizar estrategias de manera similar, específicamente aquellas que implican la planificación, supervisión y evaluación de las tareas que debían resolver.

Por el contrario, en los resultados arrojados por el postest fue evidente que se encontraron diferencias significativas entre las medias, lo cual indica una mejora sustancial de los estudiantes del grupo experimental en el empleo de estrategias que promuevan la conciencia, control y reflexión de su propio proceso de aprendizaje.

De manera general, se puede interpretar que si bien es cierto que todos los estudiantes que conformaron la muestra de la investigación manifestaron mayor utilización de procesos que conducen a mejoras en sus habilidades metacognitivas, evidentemente, el grupo experimental refleja de manera más resaltante que desarrollan habilidades para resolver de un modo sistemático y reflexivo las tareas.

Particularmente, en una secuencia de pasos que refieren cómo abordar metacognitivamente un problema, se puede señalar que los estudiantes en primer lugar, determinan los conocimientos necesarios para resolver la situación planteada, a la vez que diseñan estrategias para lograr los objetivos propuestos; en segundo lugar, de alguna manera, tratan de controlar y supervisar las estrategias que aplican en la actividad y, en tercer lugar, revisan resultados y evalúan sus progresos a fin de establecer si la solución alcanzada se corresponde con los objetivos propuestos.

## **ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN CON EL SISTEMA COMPUTARIZADO GÉNESIS**

Uno de los aspectos más relevantes y significativos que contempla el sistema computarizado **GÉNESIS**, lo representa el registro de interacción individual que proporciona el programa administrador. A partir de todos los registros de los estudiantes se elaboró una matriz general de datos con la cual se realizó un análisis cualitativo detallado de la ejecución de cada uno de ellos con el programa. A partir del mismo se identificaron diferentes formas de funcionamiento de los aprendices.

Los resultados demuestran que efectivamente la interacción que realiza cada uno de los estudiantes con el sistema computarizado constituye un proceso particular que depende solamente de su propio estilo de funcionamiento; la manera como accede a la información del contenido teórico, la preferencia por utilizar los distintos componentes del software, solicitar ayuda por las distintas opciones que ofrece el programa, escribir sus propias reflexiones o notas, repetir las ejecuciones y ejercicios,



solicitar reporte de calificaciones obtenidas, entre otros, determinan que cada alumno tiene una manera diferente de interactuar con el programa y como consecuencia gestiona su propio proceso de aprendizaje de manera individualizada. Este proceso es permitido por el tipo de interacción que puede ser desarrollada con el sistema computarizado **GÉNESIS**, ya que promueve una navegación libre de acuerdo con los intereses y necesidades; en otras palabras, atiende a la diversidad de estilos de cada uno de los aprendices.

## **ESTILOS DE APRENDIZAJE E IDENTIFICACIÓN DE PATRONES DE INTERACCIÓN**

Cuando se trata de investigar y analizar qué hacen los estudiantes cuando aprenden, cuáles son las “claves cognitivas” que emplean, cómo organizan y utilizan sus estrategias, evidentemente se habla de **estilos de aprendizaje**. La fundamentación teórica de este constructo está directamente relacionada con la concepción del aprendizaje como un proceso activo, como lo señalan Talavera y Torres (2002). Consideran que la persona juega un rol activo en una situación de aprendizaje, tanto a nivel de estrategias utilizadas, como de representaciones que invoca para realizar una actividad. De esta manera un alumno que recibe una nueva información, la elaborará y relacionará en función de sus propias características.

Para el caso particular del presente estudio, se consideraron los estilos propuestos por Alonso, Gallego y Honey (2000): activo, reflexivo, teórico y pragmático, cada uno de los cuales representa una preferencia específica a la hora de abordar el proceso de aprendizaje. Estos pueden ser identificados en el momento en que los estudiantes ejecutan ciertas actividades, en especial, cuando se enfrentan a una tarea empleando la tecnología.

Utilizando, de alguna manera, la clasificación anterior se identificaron lo que se pudiera denominar en esta investigación **patrones de interacción**, categorizados según las diferentes formas de funcionamiento de los estudiantes con el sistema computarizado **GÉNESIS** de acuerdo con sus estilos, necesidades y preferencias.

1. Diagnóstico-Reflexivo: estudiantes que utilizan el programa, en su primera ejecución, para evaluar qué tanto conocen acerca del

contenido, exploran sus conocimientos previos, resuelven el ejercicio sin lectura previa del contenido, no solicitan ayuda en la resolución y finalizan solicitando el reporte de su calificación. En la segunda ejecución del mismo tema, siguen instrucciones recomendadas; realizan la lectura completa del contenido, toman apuntes y resuelven los ejercicios solicitando las ayudas que consideran necesarias.

2. Secuencial-Activo: estudiantes que revisan primero todo el contenido teórico del tema y, posteriormente, resuelven los ejercicios. Sin embargo, durante esta fase de la ejecución no solicitan las ayudas que brinda el sistema. A medida que avanzan en los temas siguientes, si utilizan las herramientas del programa. No repiten las ejecuciones.
3. Secuencial-Evaluador: casos en los cuales tienen una primera interacción siguiendo instrucciones, leen el contenido completo, toman notas, solicitan ayuda en pocas oportunidades. En la segunda interacción con el mismo contenido, no leen el contenido teórico del tema y solicitan ayuda durante la resolución de los ejercicios. Pareciera que de alguna manera quieren verificar su aprendizaje mediante la resolución del ejercicio, es decir, aplican la nueva información.
4. Combinado: casos de estudiantes que combinan todas las características anteriores; exploran su conocimiento previo, siguen la secuencia normal de lecturas, buscan ayudas para la resolución de ejercicio y verifican su aprendizaje.

La identificación de los cuatro **patrones de interacción** mostrados por los estudiantes pone de manifiesto que el aprendizaje de un contenido específico no radica solamente en el medio utilizado, como es el caso del sistema computarizado desarrollado, sino que resulta fundamental la manera como el estudiante percibe, procesa y organiza la información, ya que influye directamente en lo que aprende. A su vez, se puede afirmar que la percepción que pueda tener el sujeto de la nueva información está basada en la manera como el medio secuencia y presenta los contenidos, debido a que representa la herramienta de comunicación que le permite interactuar con el conocimiento para entenderlo y reflexionar sobre el mismo.

Al mismo tiempo, estos resultados permiten caracterizar en el gráfico 1 un Modelo de Aprendizaje con el uso del Computador, en el cual se integran los cuatro patrones de interacción detectados, además de contemplar dos aspectos fundamentales identificados en la investigación, la individualidad y la interactividad:

- Individualidad, implica una formación a la medida, adecuada a las características y necesidades personales, al estilo cognitivo y al ritmo de aprendizaje.
- Interactividad, la cual hace posible que cada estudiante pueda decidir y dirigir en todo momento su proceso de aprendizaje. Puede seleccionar unos contenidos, seguir un itinerario determinado, revisar distintos puntos tantas veces como decida, reconducir y modificar el proceso a seguir, aplicar sus estrategias personales de aprendizaje.

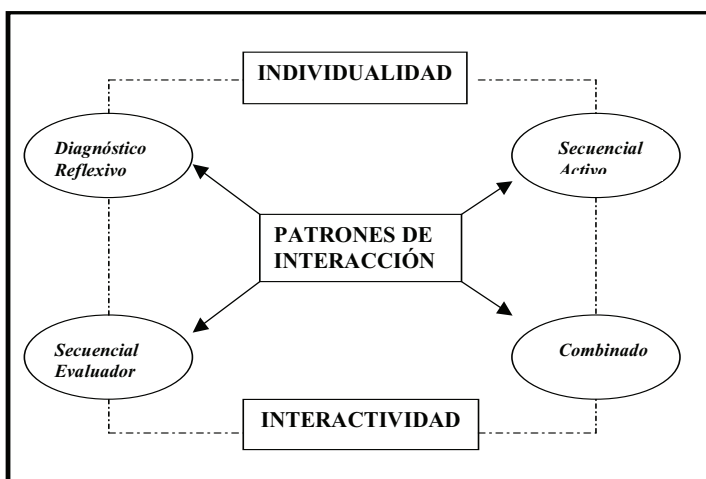


Gráfico 1. Modelo de aprendizaje con el uso del computador

## CONCLUSIONES

### ***Desarrollo de ambientes de aprendizaje informatizados***

La integración de la tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje debe facilitar e impulsar el desarrollo de formas adecuadas de

organización del conocimiento específico en los estudiantes. Al mismo tiempo, debe permitir la reflexión sobre sus propias actividades de aprendizaje, de manera que puedan ejercitar y desarrollar procesos y habilidades cognitivas.

Para alcanzar tales propósitos, el diseño y elaboración de sistemas computarizados para el aprendizaje de contenidos específicos debe atender a la combinación de múltiples factores que inciden de manera directa sobre el proceso, entre los que se destacan: activación de conocimientos previos, actividades de aprendizaje, presentación de la información, procesos o habilidades cognitivas, actitudes, procesos de reflexión y evaluación.

La utilización del sistema computarizado **GÉNESIS** como herramienta educativa, le permitió a los estudiantes: disponer y procesar gran cantidad de información, alcanzar mayores niveles de abstracción de los conceptos, acceder a la información por distintas formas y representaciones, realizar las actividades escolares de una manera más agradable y motivante y, finalmente, obtener registros de interacción que al ser solicitados en cualquier momento por el aprendiz, le proporciona información muy importante para controlar y supervisar su proceso de aprendizaje y, al mismo tiempo, al ser solicitado por el docente, le permite controlar y evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### ***Desarrollo de habilidades metacognitivas***

Los resultados obtenidos en la investigación proporcionan evidencia acerca del uso de la tecnología para promover procesos de aprendizaje a través de la ejercitación y desarrollo de habilidades metacognitivas; los estudiantes acceden a la nueva información de acuerdo con sus necesidades e intereses, la procesan con las diferentes herramientas que le brinda el sistema, permitiéndoles revisar el curso de su interacción; conocer cómo progresan, supervisar y evaluar su ejecución. Además, se le suministra retroalimentación adecuada; pistas, indicios y preguntas que estimulan la reflexión durante la interacción de manera que pueda ser guiado durante el proceso de aprendizaje para que alcance con éxito la resolución de las actividades.

En otras palabras, el sistema computarizado atiende las características individuales propias de cada estudiante para favorecer procesos

particulares de aprendizaje que difícilmente el docente por sí solo podría atender.

La interacción con el sistema computarizado permite intervenir en la zona de desarrollo próximo con el propósito de provocar en los aprendices avances que no sucederían de manera espontánea y, por otro lado, actúa como mediador entre el conocimiento espontáneo o cotidiano y el pensamiento científico que se desea deben alcanzar los estudiantes. El sistema representa una herramienta para ayudar a los individuos a avanzar a través de la zona de desarrollo próximo, extendiendo de algún modo el ambiente social para fomentar el desarrollo cognitivo mediante el suministro de indicaciones, pistas o apoyo para la resolución de tareas.

Sin embargo, resulta necesario destacar que incluso los beneficios que ofrece el computador y, en este caso, el sistema computarizado en sí mismo como agente mediador, sigue siendo importante la figura del docente en su rol de orientador y estimulador del proceso de aprendizaje. La presencia de una herramienta tecnológica no excluye en ningún momento la función del docente durante el proceso, pues éste debe organizar el contexto, regular los aprendizajes, evaluar y retroalimentar los progresos, atender la diversidad, siendo siempre el principal objetivo favorecer la construcción de habilidades en los estudiantes para que alcancen su plena autonomía.

### ***De manera general***

Las TIC pueden ser utilizadas en educación de dos maneras diferentes; como plataforma para el desarrollo y puesta en práctica de materiales de enseñanza y aprendizaje, o como una herramienta de organización de contenidos y recursos para el aprendizaje. Particularmente sobre la segunda forma de utilización ofrecen una serie de ventajas en el contexto educativo: permiten la adaptación a casos particulares, facilitan la individualización de la enseñanza respetando las diferentes capacidades y estilos de aprendizaje, posibilitan la repetición constante de la misma actividad hasta que el sujeto adquiera la habilidad y la autocorrección inmediata, aumentan el grado de autonomía e independencia de los usuarios, estimulan el aprendizaje activo y favorecen la cooperación entre los estudiantes.

Los resultados de la investigación ponen de manifiesto la posibilidad de operacionalizar los enfoques pedagógicos vigentes aprovechando los recursos disponibles de la informática; el sistema computarizado **GÉNESIS** representa un recurso tecnológico, que ofrece una serie de ventajas para el estudiante, guiándolo hacia un aprendizaje significativo, reflexivo y autónomo, y para el docente, al contar con una herramienta que le suministra información detallada acerca del funcionamiento cognitivo de sus alumnos lo cual le permitirá sistematizar y organizar el proceso de formación considerando las diferencias individuales del grupo, aspecto que resulta casi imposible de atender con los métodos y recursos de enseñanza tradicionales.

En definitiva, la educación debe cambiar a fin de preparar debidamente a los ciudadanos del futuro para funcionar en una sociedad de cambio continuo. Por consiguiente es necesario reemplazar el paradigma educativo vigente por enfoques pedagógicos que tengan como objetivo una enseñanza individualizada, en la cual la interacción profesor-estudiante-tecnología, permita reforzar los canales de comunicación y obtener conocimientos sólidos, útiles y significativos, y que al mismo tiempo, doten a los ciudadanos de aptitudes para aprender durante toda la vida en una sociedad plural en la cual las TIC representan uno de los pilares fundamentales.

## REFERENCIAS

- Acevedo, J., Manassero, M. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre la evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación* [Revista en línea]. Disponible: <http://campus-oei.org/revista/deloslectores/acevedo>
- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (2000). *Cuestionario de estilos de Aprendizaje*. Instituto de Ciencias de la Educación. ICE. Universidad de Deusto. [Documento en línea]. Disponible: <http://ice.deusto.es/guia/test0.htm>.
- Andrews, T. G. y Cronbach, L. J. (1973). Transferencia del aprendizaje. En R. S. Sprinthall y N. A. Sprinthall (Comp.), *Psicología de la educación*. Madrid: Morata.
- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa*. México: Trillas.
- Barajas, M. (2003). *La tecnología educativa en la enseñanza superior. Entornos virtuales de aprendizaje*. Madrid: Mac-Graw Hill.

- De Corte, E. (1990). Aprender en la escuela con las nuevas tecnologías de la información: perspectivas desde la psicología del aprendizaje y de la instrucción. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 6, 93-113.
- De Corte, E. (1996). Changing views of computer-supported learning environments for the acquisition of knowledge and thinking skills. En S. Vosniadow., E. De Corte., R. Glaser y H. Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology-supported learning environments*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En M. Rodrigo y J. Arnay (Comp.), *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona, España: Paidós.
- Díaz Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. México: MacGraw Hill.
- Duart, J. y Sangrá, A. (2000). *Aprender en la virtualidad*. Barcelona, España: Gedisa.
- González, R., Valle, A., Rodríguez, S. y Piñeiro, I. (2002). Autorregulación del aprendizaje y estrategias de estudio. En J. González-Pienda., J. Núñez J., L. Álvarez y E. Soler (Coords.), *Estrategias de aprendizaje. Concepto, evaluación e intervención*. Madrid: Pirámide.
- Gros, B. (2000). *El ordenador invisible. Hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza*. Barcelona, España: Gedisa.
- Hernández, P. (1997). Construyendo el constructivismo: criterios para su fundamentación y su aplicación instruccional. En M. Rodrigo y J. Arnay (Comp.), *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona, España: Paidós.
- Jonassen, D. (2000). *Computers and mindtools for schools engaging critical thinking*. New Jersey: Prentice Hall.
- Monereo, C. (2003). Internet y competencias básicas. *Aula de innovación educativa*, 126, 16-20.
- Morales, C. (2001). *Ambientes de aprendizaje computarizados* [Documento en línea]. Disponible: <http://investigacion.ilce.edu.mx/dice/proyectos/ambienteaprendizaje/ambiente2htm> [Consulta: 2004, Mayo 22]
- Pedró, F. y Rolo, J. (1998). *Los sistemas educativos Iberoamericanos en el contexto de la Globalización, interrogantes y oportunidades*. Ponencia presentada en la VIII Conferencia Iberoamericana de Educación convocada por Organización de Estados Iberoamericanos. Sintra, Portugal.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

- Ríos, P. (1997). La mediación del aprendizaje. Lev Vygotsky: sus aportes para el siglo XXI. *Cuadernos Educación UCAB*, 1, 34-40.
- Ríos, P. (1999). El Constructivismo en educación. Reflexiones preliminares para una definición. *Laurus*, 8, 16-23.
- Ruiz, C. y Ríos, P. (1990). El uso de la informática en la Educación. *Investigación y Postgrado*, 5(2), 59-91.
- Ruiz, C. y Ríos, P. (1994). Estrategias Cognitivas. En A. Puente (Dir.), *Estilos de Aprendizaje y Enseñanza*. Madrid: Cepe.
- Sánchez, M. (1998). *Desarrollo de habilidades del pensamiento. Discernimiento, automatización e inteligencia práctica*. México: Trillas.
- Soto, C. (2003). *Metacognición cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Talavera, M. y Torres, J. (2002). *Estilos de aprendizaje y diseño de entornos de teleinformación* [Documento en línea]. Disponible: <http://prometeo.cica.es/teleinformación> [Consulta: 2004, Mayo 25]
- Tirado, R. (1998). El diseño de sistemas interactivos multimedia de aprendizaje: aspectos básicos. *Pixel*, 7, 25-38.
- Vázquez, A. y Manassero, M. (1997). Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 199-213.
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Buenos Aires: Grijalbo.
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista electrónica de Investigación Educativa* [Revista en línea], 4(1) Disponible: <http://redie.ens.uabc.mx/vo4no1/contents-waldegg.html> [Consulta: Consulta: 2004, Mayo 22]
- Wilson, B. (2000). Dynamic Learning Communities: an alternative to designed instructional systems. En J. Duart y A. Sangrá (Comp.), *Aprender en la virtualidad*. Barcelona, España: Gedisa.