

# *Simulación de movimientos articulares de la columna vertebral mediante ordenador*

**Juan A. Juanes**  
**José M. Riesco**  
**Fernando Sánchez**  
**José Carretero**  
**Ricardo Vázquez**

*Departamento de Anatomía Humana  
Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca*

**José M. Vacas**

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales  
E.U. de Formación del Profesorado  
Universidad de Salamanca*

## **Resumen**

Se presenta un trabajo didáctico informatizado, basado en la simulación de la dinámica articular de la columna vertebral mediante computador, utilizando para ella técnicas de digitalización de imágenes y programación estructurada, mediante programas comerciales, con el objeto de dar movimiento y realismo funcional a esta región de nuestro cuerpo, mostrando al estudiante, de una forma gráfica y atractiva, algunos conceptos básicos sobre la movilidad de la columna vertebral.

Con ello se pretende introducir las nuevas tecnologías que la sociedad nos ofrece, aplicables a la enseñanza, y extraer el máximo rendimiento posible al ordenador para una mejora del proceso enseñanza-aprendizaje.

*Palabras clave:* Enseñanza informatizada, Digitalización de imágenes, Simulación de movimiento, Columna vertebral.

## **Introducción**

La enseñanza actualmente afronta el desafío del desarrollo e implantación de las *nuevas tecnologías*, introducción, en el terreno educativo, suponen un *estímulo* para los alumnos y un medio de *renovación* del proceso de aprendizaje (Papert, 1980).

Toda innovación en la enseñanza debe llevar consigo un *incremento del aprendizaje*, con amplios intentos de mejorar la calidad de la enseñanza (Schon, 1967).

Los profesores que sienten la innovación comparten más ampliamente

sus experiencias y su información acerca de la enseñanza, y tienen por lo general, mayor dedicación profesional, sin olvidar el objetivo principal de todo proceso educativo: *mejorar y facilitar el aprendizaje* de los alumnos.

La educación ha adquirido un nuevo aspecto gracias al desarrollo fructífero de la tecnología educativa.

Actualmente se vienen realizando programas didácticos informatizados con inclusión de imágenes digitalizadas que ilustran en contenido de los mismos (Constantin y col., 1989; Juanes y col., 1990, 1991), aunque todavía es escasa su divulgación en el terreno docente.

Por ello, mediante este nuevo medio de enseñanza pretendemos aportar innovaciones atractivas para el estudiante, introduciendo las nuevas tecnologías que la sociedad nos ofrece.

### ***La imagen al servicio de la enseñanza: digitalización de imágenes***

La función primordial de la imagen informatizada es *ilustrar*, y su utilización, en el terreno educativo, sirve para el agrado de los alumnos (Rodríguez Dieguez, 1977).

Las imágenes mostradas en el monitor permiten identificar, a simple vista, el mensaje que se desea transmitir.

Por otra parte, conseguir imágenes en movimiento nos permite participar visualmente en una realización.

Una imagen con características ilustrativas podría convertirse en una

imagen indicativa, sirviendo de *articulación entre el texto y la imagen*.

Generar imágenes informatizadas a partir de cálculos destinados a construir, de forma comprensible por el ordenador, objetos tridimensionales que, con ayuda de éste, podrán visualizarse y manipularse, es un medio muy atractivo para la realización de programas docentes.

La estimación de dos o tres dimensiones caracteriza las imágenes informáticas. Se distingue entre imágenes bidimensionales (imágenes 2D) e imágenes tridimensionales (imágenes 3D).

La *digitalización de imágenes*, a partir de una señal de vídeo o scanner, constituye un gran avance para diseñar programas docentes con figuras o imágenes del mundo real (Juanes y Vázquez, 1991). Por otra parte, la inclusión de imágenes, en estos programas, rompe la monotonía del texto y despierta el interés del alumno.

Hoy día son muy variados los *periféricos* aplicables al ordenador (Juanes y col., 1991) ("ratones", tabletas gráficas, scanner, etc...), así como la multitud de programas comerciales de tipo gráfico con los que podemos realizar y manipular imágenes (Degas, Arabesque, Calamus, etc...); todos ellos muy útiles para la realización de programas didácticos.

### ***Requisitos previos a la realización de un programa didáctico informatizado***

En el proceso de un programa docente informatizado, es necesario

seguir una serie de pasos que nos conduzcan desde la idea inicial hasta el programa en condiciones de operatividad (Vacas y Juanes, 1991).

Siempre que deseemos llevar a cabo un programa didáctico, mediante un computador, hay que valorar previamente las siguientes condiciones:

- Disponer de *personal adecuado*, con conocimientos suficientes en la materia a desarrollar y amplia *experiencia pedagógica*, así como de conocimientos informáticos.
- Tener presente de forma clara los *objetivos* que se pretenden con el programa docente.
- *Diseño* del programa y recursos informáticos con los que contamos.
- *Lenguaje de programación* escogido para llevar a cabo el desarrollo del programa.
- Recogida de toda la información técnica.
- Experimentación y discusión con otros profesores de la misma materia.
- Experimentación del programa con los alumnos.
- Analizar las aportaciones que a supuesto en los alumnos.
- *Revisión* del programa y ampliación de datos.

### ***Características que deben reunir un programa didáctico por ordenador***

- Contenidos adecuados a los usuarios a quienes va destinado.
- Deberá adaptarse a todos los alumnos, sin distinción.

- Presentar de forma muy clara toda la información en pantalla. El alumno deberá comprender fácilmente todas las informaciones que le presente el ordenador.
- Facilidad de manejo del programa. Hay que pensar que va dirigido a usuarios inexpertos en informática.
- Se deberá conseguir mantener el interés del alumno a lo largo de todo el proceso, por lo que habrá que hacerlo atrayente y divertido para no caer en el aburrimiento. En este sentido, la utilización de imágenes digitalizadas es un buen elemento didáctico que consigue el interés y la motivación del usuario.

### ***Simulación de movimiento articulares: Mecánica articular. Conceptos básicos***

El ordenador es una herramienta muy interesante en la medida que permite resolver algunas dificultades en la práctica diaria de la enseñanza. En este sentido, la *simulación de movimientos* mediante el computador, ayuda al estudiante en su proceso de aprendizaje, representando la realidad de una forma más o menos fiel y detallada. De esta forma, ante un concepto difícil de comprender de forma verbal, podemos aclararlo por medio de una simulación visual y dinámica que hace más fácil y atrayente para el alumno.

Al igual que señala Virgos (1989), nos referimos al comportamiento de un sistema real permitiendo la interacción dinámica alumno-ordenador,

cuando hablamos de *simulación*.

Virgos (1989) refiere, que los programas educativos con sistemas de simulación, constituyen un medio excelente para completar las fases del *proceso de aprendizaje*, sin embargo, coincidimos plenamente, en que este medio de enseñanza no sustituye de forma total a la práctica real del tema que tratemos.

A la hora de realizar simulaciones, mediante ordenador, de diferentes articulaciones del cuerpo humano, hemos tenido presente algunos conceptos básicos de mecánica articular, para aplicarlos posteriormente en el desarrollo de nuestro programa docente informatizado.

Los *movimientos humanos* resultan de la rotación de determinados segmentos alrededor de un eje que pase por el centro articular. La aplicación de las nociones clásicas a los momentos de las fuerzas nos permitirán definir y comparar el efecto de las contracciones musculares o de la gravedad sobre dichos segmentos corporales.

Al analizar un movimiento del cuerpo o de una parte de este, hay que tener en cuenta el conjunto de fuerzas que se ponen en juego. Hay que considerar pues las fuerzas internas producidas por la contracción de los músculos, actuando sobre los segmentos óseos ya sea movilizándolos o estabilizándolos. Además, también hay que considerar las fuerzas externas que pueden oponerse o bien agregarse a las anteriores.

En cada una de las fuerzas se deben tener en cuenta las caracterís-

ticas bien conocidas de dirección, sentido, punto de aplicación e intensidad.

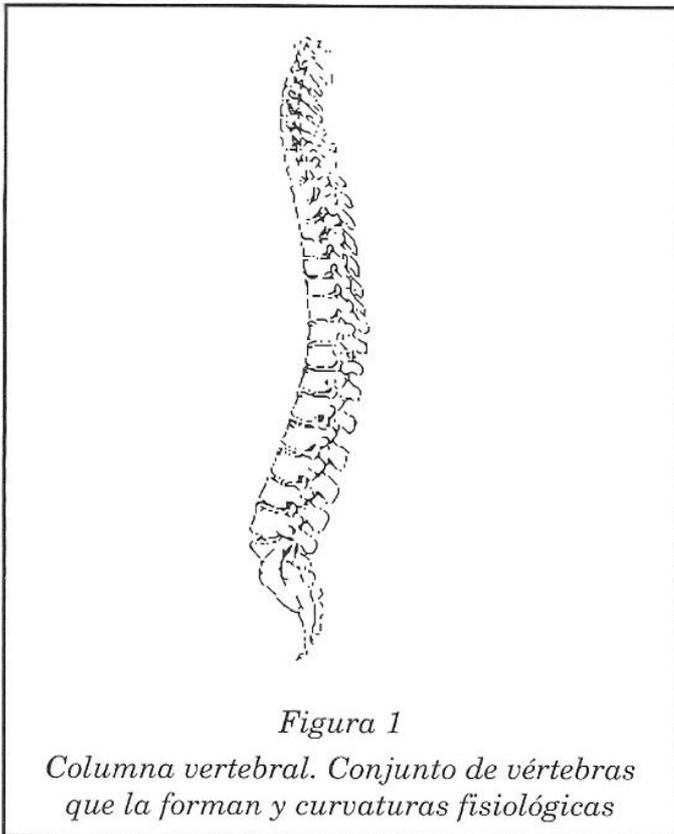
Los movimientos posibles de un determinado centro articular están en función de la configuración de la articulación así como de la perfección con que se adaptan las superficies articulares contrapuestas.

En la valoración de la descomposición de una fuerza, dividimos la actividad muscular en dos componentes perpendiculares: a) el de *rotación*, que es perpendicular al eje mecánico del segmento movilizado y que engendra el movimiento, y b) el *longitudinal*, que es paralelo al eje mecánico y representa la presión o la tracción ejercida a nivel de la articulación movilizada. Por otro lado, una parte de la fuerza de contracción origina el movimiento de rotación, pero otra parte es empleada en mantener las superficies articulares enfrentadas entre sí.

La *columna vertebral*, que constituye el eje del tronco, está formada por un conjunto de 33 vértebras (Fig. 1), de las cuales 24 son articuladas y constituyen la parte móvil de la columna. Cuanto más abajo es el nivel en que se encuentran las vértebras, mayor es el peso que deben soportar y más resistente es su estructura.

El raquis está constituido por dos columnas solidarias entre sí: la formada por los cuerpos vertebrales, que permiten movimientos relativamente amplios, y la formada por los arcos vertebrales, cuyas apretadas articulaciones limitan mucho más la posibilidad de movilización (Fig. 2).

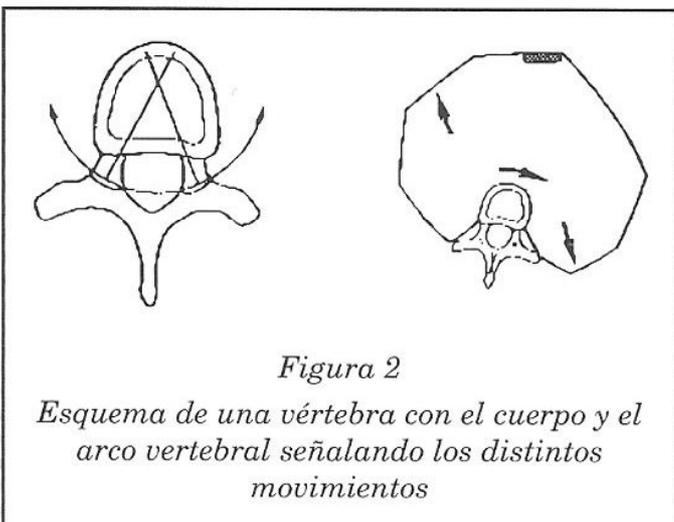
Los movimientos de la columna



bral, presenta curvaturas fisiológicas (Fig. 1) (lordosis cervical, cifosis dorsal, lordosis lumbar y cifosis sacra). Las tres primeras son móviles y la última es fija.

### *Soporte informático utilizado*

La realización del programa didáctico se llevó a cabo mediante un ordenador ATARI 1040-ST (Fig. 3) con un monitor monocromo, de alta resolución (640 x 400 pixels en dos colores), obteniendo así una óptima calidad de las imágenes. Utilizamos este ordenador debido a las grandes prestaciones de su hardware, así como a las posibilidades que ofrece el magnífico software existente y los últimos periféricos que han aparecido en el mercado. La digitalización de las imágenes se consiguió mediante un scanner (Silver Reed CP11), compatible con Atari ST. Para la manipulación y tratamiento de las imágenes digitalizadas utilizamos programas comerciales como el que se muestra en la figura 4, con el fin de adaptar la imagen a nuestras necesidades didácticas. La simulación de movimientos articulares (rotación, flexión, extensión, deslizamientos) se llevó a cabo mediante programación estructurada con el intérprete GFABasic (Fig. 5), además de utilizar otros programas comerciales como el CAD3D (Fig. 6).



vertebral se efectúan alrededor de tres ejes permitiendo: a) flexión hacia delante y extensión hacia atrás; b) flexión lateral y c) rotación hacia la derecha o la izquierda (Fig. 2).

Los factores que limitan esta movilidad vienen determinados por la tensión de los ligamentos y por la musculatura de esta región.

Por otra parte, la columna verte-

Reunido todo el contenido gráfico, así como todo el diseño informático que da animación al programa docente, se almacenó en discos de 3 pulgadas y media, ocupando una

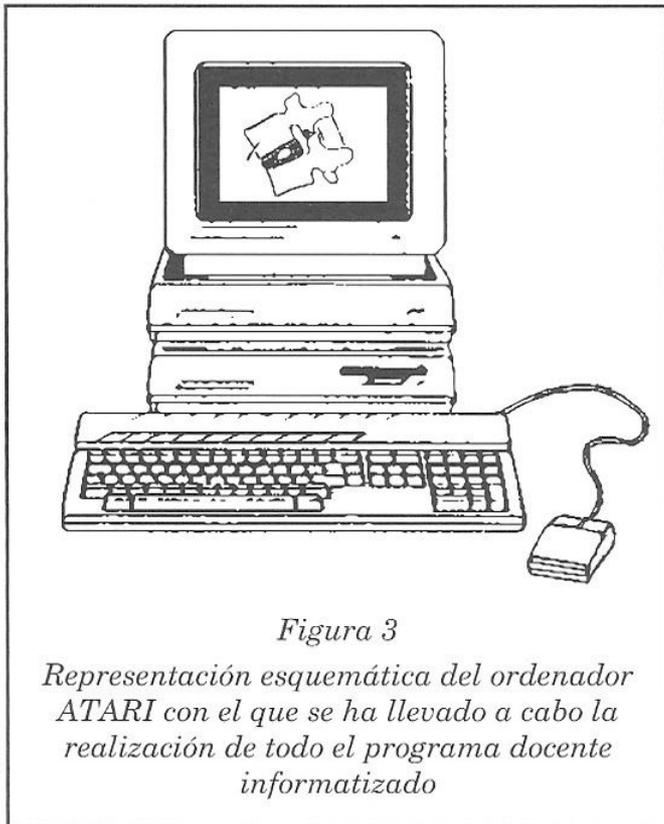


Figura 3

Representación esquemática del ordenador ATARI con el que se ha llevado a cabo la realización de todo el programa docente informatizado

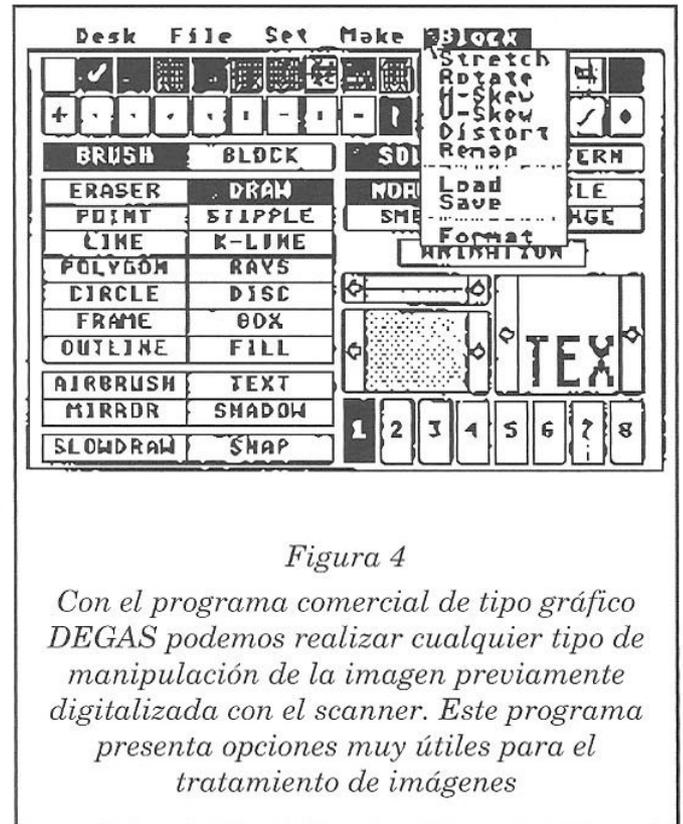


Figura 4

Con el programa comercial de tipo gráfico DEGAS podemos realizar cualquier tipo de manipulación de la imagen previamente digitalizada con el scanner. Este programa presenta opciones muy útiles para el tratamiento de imágenes

memoria de 640 Kbites. Con el objeto de dar una mayor rapidez de ejecución al programa, fue compilado mediante programa comercial.

Por otra parte, gracias a periféricos tan simples como el “ratón”, nos permiten que el programa sea de fácil manejo para los usuarios, desplazándose por todos las opciones que la pantalla del ordenador presente, sin necesidad de pulsar ninguna tecla del computador.

Debido a la complejidad del programa, y a la excesiva extensión su listado, presentamos las diferentes partes que constituyen el contenido del programa, así como la base de su funcionamiento, de una forma resumida en el cuadro esquemático que se adjunta.

Actualmente, la capacidad de almacenamiento y memorización de los ordenadores, permite poner a dis-

posición de los usuarios gran número de informaciones de carácter textual, numérico e iconográfico.

### Experimentación y resultados

En nuestro departamento se vienen realizando, en los últimos años, programas docentes informatizados con inclusión de imágenes digitalizadas mediante vídeo y scanner. Dado que nuestra área docente es la Anatomía Humana, la imagen juega un papel primordial para la enseñanza de esta materia.

Aunque la base de nuestra disciplina son las clases teóricas y prácticas, no desperdiciamos cualquier otro método pedagógico que pueda ayudar al alumno a comprender ciertos temas que, por su complejidad, son difíciles de entender; por ello, dado el

```

CODE
  GOSUB Muestratigue Rend
  GOSUB MuestranLaplan
  IN MueB Cosub MueBun
  EN
  FI
  OS MueB
  OS ECLM Cosub MueBun
  ENP
  END
  * *****
  Pictadura MueB
  IF MueB (MueB(0))= "Programa MueBmentos ARAALAM:"
  GOSUB MueBmentos
  ENDFI
  IF MueB (MueB(0))= "Rotación"
  GOSUB MueBmentos
  ENDFI
  IF MueB (MueB(0))= "Flexión"
  GOSUB MueBmentos
  ENDFI
  IF MueB (MueB(0))= "Distensión"
  GOSUB MueBmentos
  ENDFI
  IF MueB (MueB(0))= "Distorsión"
  GOSUB MueBmentos
  ENDFI
  IF MueB (MueB(0))= "Inclinación"
  GOSUB MueBmentos
  ENDFI
  ENP
  END

```

Figura 5

*Ejemplo de la programación estructurada llevada a cabo, mediante el intérprete comercial GFABasic, para dar animación al programa didáctico*

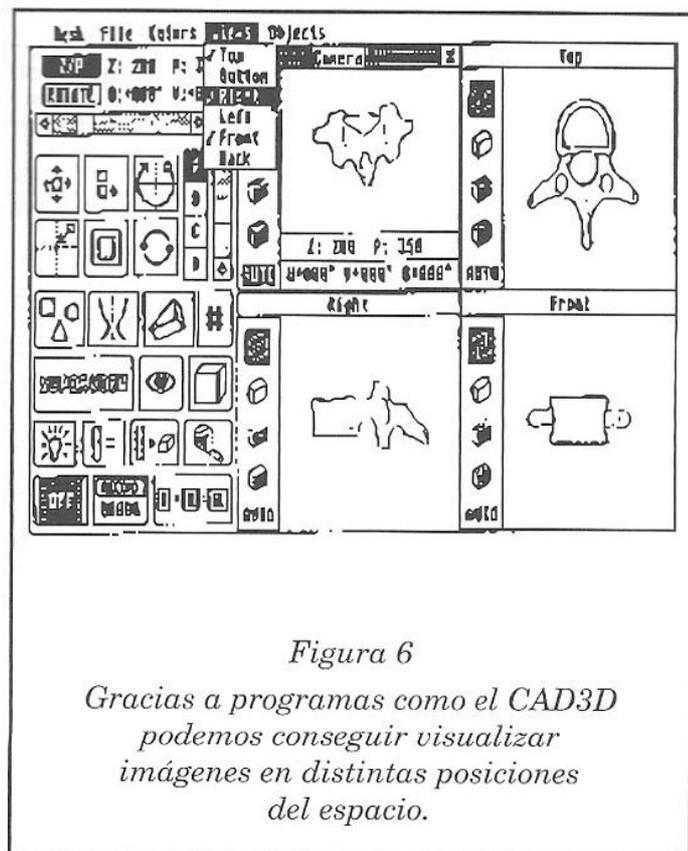


Figura 6

*Gracias a programas como el CAD3D podemos conseguir visualizar imágenes en distintas posiciones del espacio.*

impacto que están teniendo las nuevas tecnologías en el terreno educativo, aplicamos estos métodos atractivos para los estudiantes, con el fin de poder ampliar sus conocimientos e incrementar su aprendizaje.

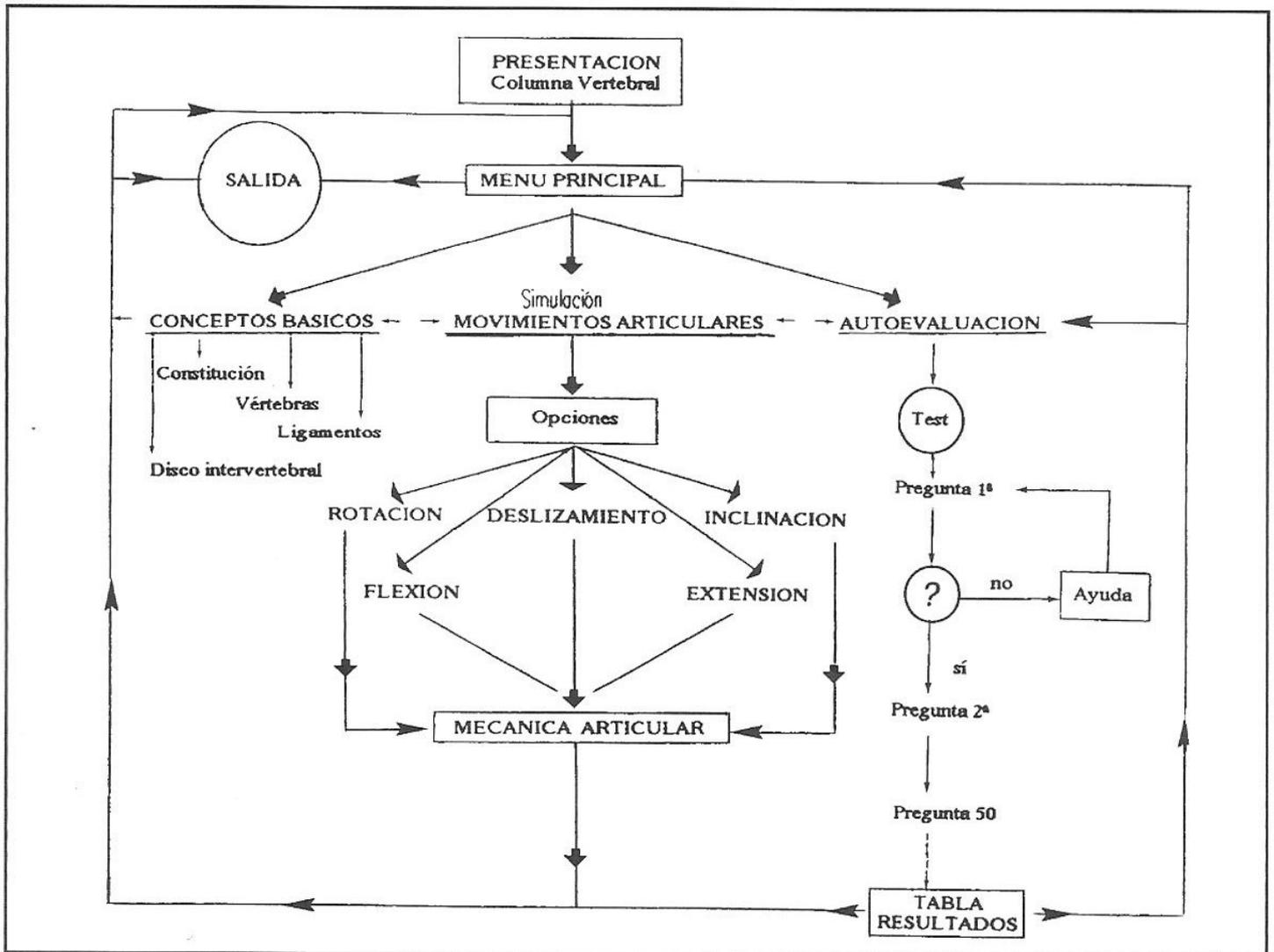
La utilización de estos programas didácticos, por parte de los alumnos, es de forma voluntaria. El alumno, mediante estos programas, puede autoevaluarse con las preguntas que se le formula, y comprobar si sus conocimientos en la materia son los adecuados. Por otra parte, debido a que el alumno no dispone de un tiempo limitado y no recibe ninguna presión externa, hace que avance a su propio ritmo de estudio y consiga afianzar los conceptos necesarios y fundamentales del tema que se le plantee.

Consideramos que estos métodos constituyen un elemento útil para los alumnos y añade cierta innovación al

sistema de enseñanza.

El libre acceso a la utilización de estos programas hace que no sea posible valorar, de forma óptima, los resultados obtenidos en los alumnos. No obstante, los comentarios que ofrecen los estudiantes sobre estos programas son muy positivos, considerándolos como valiosos, didácticos y atractivos, en donde obtienen una información clara y concisa del tema tratado, descubriendo en ellos lo realmente importante de lo accesorio y superfluo.

Actualmente, la evaluación del alumnado se basa en un ejercicio escrito y una prueba oral práctica; sin embargo, los alumnos que previamente hayan experimentado sus conocimientos con la utilización de estos programas informatizados, hacen que obtengan unos mejores resultados en la posterior evaluación definitiva.



Después de todo lo expuesto, queremos resaltar que estos programas didácticos informatizados sólo constituyen un apoyo y un complemento para el estudiante, en donde el profesor sigue siendo el elemento fundamental en el proceso enseñanza-aprendizaje, y que el diálogo profesor-alumno es más positivo que el diálogo alumno-máquina; no obstante, no queremos desperdiciar ningún otro medio didáctico que pueda beneficiar y facilitar el aprendizaje de nuestros alumnos.

### *A modo de conclusión*

La utilización de estos medios tecnológicos aportan un acercamiento a

la comprensión de los mecanismos fundamentales del proceso de aprendizaje y de la memoria.

El uso del ordenador para desarrollar temas de enseñanza está en plena vigencia y en pleno desarrollo.

El ordenador nos sirve de apoyo didáctico para los temas de mayor dificultad. Por otra parte, potencia la enseñanza activa, personalizada y creativa. Permite la enseñanza activa, personalizada y creativa. Permite el trabajo de cada alumno a su propio ritmo intelectual. Facilita las tareas de recuperación de materias pendientes.

Esta herramienta tecnológica, de grandes posibilidades para la ense-

ñanza de las ciencias experimentales, está ocupando un puesto relevante, al igual que ha sido con el retroproyector, el vídeo, etc...

En la actualidad parece que el ordenador no es un instrumento más, sino que sus posibilidades, en el terreno docente, hacen una nueva y más elevada forma de educación.

## **Bibliografía**

Constantin, B.; Vanneuville, G.; Vázquez, R.; Riesco, J.M.; Juanes, J.A., 1989. Infographisme et enseignement médical. Enseignement assisté par ordinateur. Application à l'enseignement de l'os sphénoïde en anatomie. *Bull. de l'Assoc. des Anatomistes*. nº 73. pp. 15-17.

Juanes, J.A.; Vacas, J.M.; Sánchez, F.; Blanco, E.; Vázquez, R., 1990. Experiencia pedagógica de enseñanza asistida por ordenador aplicada al estudio del sistema óseo, mediante imágenes digitalizadas y programadas para su aplicación didáctica. *X Encuentro de didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección Estudios. nº 3. pp. 409-414. Ed. Servicio de Publicaciones de Castilla-La Mancha.

Juanes, J.A.; Vacas, J.M.; Riesco, J.M.; Sánchez, F.; Blanco, E.; Carretero,

J.; Vázquez, R., 1991. Programa didáctico de autoenseñanza y autoevaluación de la anatomía del corazón mediante ordenador. *Actas XI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Universidad de Valladolid. pp. 431-435.

Juanes, J.A.; Vázquez, R., 1991. Tratamiento de imágenes por ordenador. *Apuntes de Educación (Nuevas Tecnologías)*. nº 42. pp. 9-12. Ed. Anaya.

Juanes, J.A.; Sánchez, F.; Carretero, J., 1991. Periféricos adecuados para la E.A.O. *Apuntes de Educación (Nuevas Tecnologías)*. nº 42. pp. 6-8. Ed. Anaya.

Papert, S., 1980. Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas. (Basic Books, Nueva York).

Rodríguez Dieguez, J.L., 1977. Las funciones de la imagen en la enseñanza. Gustavo Gili. Barcelona.

Schon, D.A., 1967. Technology and Change. Decalorte Press, Nueva York.

Vacas, J.M.; Juanes, J.A., 1991. Creación de un programa docente informatizado. *Apuntes de Educación (Nuevas Tecnologías)*. nº 42. pp. 2-5. Ed. Anaya.

Virgos, F., 1989. El ordenador ante el proceso educativo: Más que un nuevo medio tecnológico. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. nº 2, pp. 63-74.