

FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
PROVINCIA GUANTANAMO

**ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y  
AUTOEVALUACION DE LA ACTIVIDAD  
RESPIRATORIA CELULAR MEDIANTE  
COMPUTADORAS.**

*Dr. Ibrahim Ganén Prats<sup>1</sup>, Dra. C. Esmeralda López Rodríguez<sup>2</sup>, Dr. C. Raúl Pelegrino<sup>2</sup>, Dra. Nelly Fernández Maffú.<sup>3</sup>*

**RESUMEN**

Se confeccionó un conjunto de programas (softwares) y ficheros para la enseñanza, aprendizaje y autoevaluación de la actividad respiratoria celular, apoyados en el desarrollo de métodos activos y mediante el uso de computadoras. Entre éstos, un curso (tutorial) programado en lenguaje LPOD para la enseñanza aprendizaje de los contenidos fundamentales del tema "Respiración Celular", y un paquete de ficheros capaces de alimentar CRUCIB, a partir del cual se generan crucigramas con palabras técnicas correspondientes al tema seleccionado. Además, se confeccionó un banco de 50 ficheros compatibles con ABCMJ que propicia la ejercitación y autoevaluación de los estudiantes, y un software cuyo programa fue hecho en lenguaje LPOD, que simula en forma problemática las diversas situaciones que el alumno deberá enfrentar al concurrir al laboratorio de Bioquímica para realizar la práctica "Actividad oxidativa en extractos celulares".

*Palabras clave:* ENSEÑANZA; APRENDIZAJE; EVALUACION / métodos; EXTRACTOS CELULARES; SISTEMAS DE COMPUTACION.

**INTRODUCCION**

La literatura pedagógica dedicada a la enseñanza problemática en los centros de

enseñanza superior crece a un ritmo acelerado en los últimos tiempos, de ahí que el éxito del proceso educativo dependa de su correcta dirección, donde ocupan un lugar destacado los métodos de

<sup>1</sup> Especialista de I Grado en Bioquímica Clínica. Profesor Instructor. Facultad de Ciencias Médicas

<sup>2</sup> Profesor Auxiliar de Bioquímica Clínica. Facultad de Ciencias Médicas #2. Santiago de Cuba.

<sup>3</sup> Especialista de I Grado en Administración de Salud, Profesor Instructor Dpto. de Salud Pública Facultad de Ciencias Médicas

enseñanza, que tienden a provocar determinadas acciones y modificaciones en los estudiantes.<sup>1</sup>

El rápido desarrollo de la Revolución Científico Técnica hace necesario contar con especialistas que muestren una actitud productiva, creadora e independiente<sup>1-3</sup>, lo que se logra en gran medida a través de la enseñanza problémica que estrecha la relación del proceso docente con el proceso investigativo<sup>1</sup>, y donde la situación problémica es lo desconocido, lo nuevo<sup>4</sup>. De este modo, la enseñanza problémica se reduce al proceso de preparación (por el profesor) y solución (por el profesor) y los estudiantes de las situaciones problémicas.<sup>5,6</sup>

Una de las más tempranas aplicaciones de la computación en el campo de la educación fueron los sistemas educacionales basados en computadoras o Computer Based Education System (CBE), que comenzaron en la década del 60 con el desarrollo de la tecnología electrónica.

Aunque la aplicación de las técnicas de computación en el proceso de enseñanza-aprendizaje ha tenido un lento crecimiento en nuestro país debido fundamentalmente a las limitaciones económicas presentadas, se ha hecho un gran

esfuerzo para impulsar esta tarea en todas las esferas de la enseñanza, y una muestra de ello lo constituye la creación de los denominados laboratorios automatizados para la enseñanza, que son las aulas equipadas con microcomputadoras que posibilitan el aprendizaje de algunas asignaturas y el adiestramiento de los alumnos en la utilización de las técnicas computacionales.<sup>7</sup>

Las computadoras son utilizadas como magníficos medios auxiliares del proceso educativo<sup>8-10</sup>, al permitir comprobar el cumplimiento de los objetivos de la clase y realizar evaluaciones masivas, al facilitar la actividad creadora de los alumnos y permitirle al profesor profundizar en los aspectos básicos de la evaluación, así como darle al profesor la posibilidad de utilizar la retroalimentación como mecanismo para reforzar los conocimientos adquiridos por los alumnos.

No queremos plantear que la máquina constituya la sustitución del profesor en el proceso docente, sino tan sólo insistir en que es una eficiente herramienta en el logro de resultados positivos en dicho proceso.

Es por todo lo anteriormente planteado que hemos decidido crear un procedimiento de

enseñanza-aprendizaje, evaluación y entretenimiento apoyados en los métodos activos de enseñanza y mediante el uso de computadoras, para aplicarlo en el tema "Respiración Celular" de la asignatura Bioquímica, dada la complejidad, extensión y trascendencia de dicho tema desde el punto de vista científico-docente para el alumno.

Por ello, en este trabajo nos propusimos los siguientes objetivos: De modo general, crear procedimientos de enseñanza-aprendizaje, evaluación y entretenimiento en Bioquímica apoyados en el desarrollo de métodos activos y mediante el uso de computadoras.

Y, específicamente: Crear un curso (tutorial) en lenguaje LPOD para la enseñanza aprendizaje de los contenidos fundamentales del tema "Respiración Celular", crear y poner a punto un paquete de ficheros capaces de alimentar CRUCIB y a partir del cual se generan crucigramas con palabras técnicas correspondientes al tema seleccionado, que promuevan el autoaprendizaje de conceptos y de contenidos de forma amena, confeccionar y poner a punto un banco de 50 ficheros compatibles con ABCMJ y MATCHB que propicie la ejercitación y autoevaluación de los estudiantes en el tema en cuestión mediante la formulación

de preguntas y retroalimentaciones, y crear un programa (software) en lenguaje LPOD que simule en forma problemática las diversas situaciones que el alumno deberá enfrentar al concurrir al laboratorio de Bioquímica para realizar la práctica correspondiente al tema, y que a la vez permita su aprendizaje y evaluación.

## MATERIAL Y METODO

Los programas educativos (softwares) que se presentan como resultados de este trabajo fueron elaborados aprovechando las ventajas que en este sentido brinda el SOD (Sistema Computacional Orientado a la Docencia), el cual a su vez está integrado por LPOD, GOD, ABCMJ, CRUCIB, MATCHB, DOCRUCI, GENANIM y ANIMER, que funcionan independientemente, pero que, al enlazarse estos módulos de manera armónica, se convierten en un poderoso instrumento capaz de acometer de manera exitosa múltiples tareas emanadas del proceso de enseñanza-aprendizaje, y es particularmente valioso en la elaboración de simulaciones de todo tipo y en la visualización de documentos acompañados de gráficos y animaciones.

LPOD brinda las siguientes opciones en el menú principal:

1. Disco: Para cargar un fichero determinado o una variedad de ellos según las especificaciones a partir de cualquier torre y desarrollar la corrida de un programa.
2. Configuración: Permite elegir el color y el fondo en que se mostrarán los textos en pantalla, así como el color auxiliar en que se destacarán los títulos y aspectos de interés. Opcionalmente puede grabar en memoria el recorrido realizado por el estudiante en el desarrollo de una simulación sin que éste tenga conocimiento de ello. Puede trazar el programa, es decir, seguirlo paso a paso para descubrir errores en su confección. Además, tiene una llave que limita el acceso a las disponibilidades del sistema.
3. Ayuda: Incluye un programa de programación sencillo y fácil de utilizar por profesores con poca o ninguna experiencia de trabajo en computación. Muestra las palabras reservadas con tal fin e ilustra su sintaxis y modo de empleo mediante ejemplos.
4. Terminar: Salida al sistema operativo.

GOD: Es un sistema graficador para tarjeta VGA de baja resolución, con capacidad para dar tratamiento de color a partir de 256 patrones. Entre otras opciones, permite:

1. Configurar: Esta incluye la posibilidad de elegir el color del trazo, el color del relleno, así como siete patrones con los cuales efectuar el mismo. También, se da la opción de trabajar con el menú inactivo, es decir, a pantalla completa, si así lo desea el usuario.
2. Trazar: Esta opción incluye "activar" y "desactivar" el trazado, "suavizar", mediante la cual se suavizan o moderan los ángulos abruptos de un trazado previo, y "borrados" para eliminar los trazos indeseados, así como una lupa y matriz para facilitar la opción de dibujar.
3. Rellenar: Permite rellenar una figura o un fondo según el patrón y el color previamente elegido.
4. Tridimensional: Para la elaboración de figuras en el espacio.
5. Borrar: Para borrar toda la pantalla o una zona de ésta previamente seleccionada.

6. Elipse: Para trazar elipses o círculos de diferentes tamaños, sombreados o no.
  7. Trazo móvil: Para el trazado de figuras, utilizando líneas que se pueden manipular antes de fijar su posición definitiva.
  8. Lupa: Para duplicar o reducir el tamaño de una figura o una porción de ella previamente elegida.
  9. Cortar: Permite realizar cortes regulares o irregulares con el fin de copiar o mover una zona seleccionada de la pantalla.
  10. Rotar: Permite la rotación de figuras o porciones de ellas en torno a los ejes X, Y ó Z, según un ángulo seleccionado, así como la presentación de rotaciones sucesivas.
  11. Texto: Permite elegir el tipo y tamaño de letra que se utilizará, así como la profundidad del sombreado, a gusto del usuario.
  12. Librería: Permite el acceso a la librería de dibujos previamente archivados.
  13. Cambio de color: Permite el cambio de un color a otro en una zona de la pantalla.
  14. Disco: Permite salvar parcial o totalmente un dibujo, así como cargar uno ya existente.
  15. Animación: Permite la realización de animaciones, cargarlas, salvarlas o modificarlas, con la posibilidad de acceso a todas las opciones del menú.
  16. Impresión: Permite sacar por la impresora el dibujo realizado.
  17. Terminar: Salida del sistema operativo.
- ABCMJ, MATCHB y CRUCIB son programas que constituyen ejercitación del nivel de conocimientos que se han alcanzado sobre los conceptos y contenidos fundamentales de uno o más temas de la asignatura, a la vez que desarrollan el proceso de autoaprendizaje de forma amena.
- DOCRUCI.EXE: Trabaja a partir de un banco de palabras existentes en un fichero .TEX con el cual, de un modo interactivo, el profesor va generando los crucigramas con un alto grado de entrecruzamiento entre las palabras. Al terminar, rinde un fichero .CRU con el crucigrama confeccionado y otro fichero .TXT con la matriz numérica, las palabras y la codificación necesaria para el funcionamiento de CRUCIB. EXE.

GENAMIN.EXE. Permite crear, modificar, ejecutar, compilar y trazar animaciones a partir de un banco de gráficos previamente elaborado utilizando GOD.EXE, así como la musicalización de la animación, y tiene como ventaja el reunir todos los gráficos de una animación con un paquete compilado que ocupa mucho menos espacio en el disco. Por su parte, ANIMER.EXE permite la corrida de las animaciones. ANM realizadas en GOD.EXE según el tiempo fijado por el usuario entre una imagen gráfica y la siguiente, así como el número de veces que esto deberá realizarse.

FW.EXE es un procesador de texto que, además, permite la realización de cálculos y gráficos. En este trabajo sólo se utilizó las facilidades que brinda para la escritura de los programas y su exportación en formato ASCII.

## **ANALISIS Y DISCUSION**

### **CURSO (TUTORIAL) SFOB1.CPL.**

SFOB1.CPL. Es un programa (software) de 1144 líneas de compilación, escrito en lenguaje LPOD que funciona como un curso (tutorial) correspondiente al tema "Respiración Celular", que permite el estudio de los principales contenidos de esta parte de la asignatura Biología Celular y Molecular que incluye: el ciclo de

Kreba, el transporte electrónico y la fosforilación oxidativa, los cuales se presentan organizados en 17 registros o secciones.

El primer registro presenta el tema, y mediante opciones permite elegir uno de los procesos anteriormente mencionados; además, se puede ver el esquema general de la "Respiración Celular" o si se desea abandonar el sistema.

Para abordar el aspecto referente al ciclo de Krebs se sigue una orientación pedagógica que parte del concepto y función de esta vía metabólica y de las diferentes reacciones que la constituyen, así como de su regulación y balance energético. Cabe destacar que, en el caso de las reacciones del ciclo de Krebs, se brinda la posibilidad al estudiante de seleccionar la reacción que desee; una vez que la elige, sale en pantalla una explicación de cómo ocurre dicha reacción y a continuación una animación gráfica que permite ver en pantalla cómo ocurre dicha reacción. En el caso de la reacción del complejo multienzimático alfa-cetolutárico deshidrogenasa se brinda inicialmente la animación gráfica que representa dicha reacción de forma global, para posteriormente dar la posibilidad de seleccionar por separado la acción de cada enzima en específico.

Para profundizar en lo anteriormente señalado se dispone, además de los textos, de diez animaciones gráficas.

El transporte electrónico se aborda a partir de su definición, y a continuación se permite, a voluntad, estudiar: las características de los compuestos que intervienen en el transporte electrónico, los componentes y el funcionamiento de los diferentes complejos de la cadena respiratoria y los inhibidores de dicho proceso. Para todo ello se dispone, además de los textos correspondientes, del apoyo de nueve animaciones gráficas.

El estudio de la fosforilación oxidativa comprende una sección general que la define, y donde se brinda la oportunidad de profundizar en los aspectos siguientes: características y funciones del complejo ATP sintetasa mitocondrial, mecanismo íntimo de la fosforilación oxidativa, inhibidores de la fosforilación oxidativa y desacopladores. Para todo lo anterior se cuenta con los textos y tres animaciones gráficas.

El SFOB1.CPL. ocupa 9745 bytes, en tanto que las animaciones que lo apoyan necesitan alrededor de 1038441 bytes (1.01 Mbytes) para su almacenamiento.

El flujograma de las interrelaciones entre registros que se dan en SFOB1.CPL están recogidas en el anexo 1.

#### **SIMULACION SPOB2.CPL.**

SPOB2.CPL. es un programa (software) de 2214 líneas compiladas, redactado en lenguaje LPOD, que funciona como un paquete de simulaciones de la práctica de laboratorio "Actividad Oxidativa en extractos celulares". Este programa está organizado en 81 registros o secciones.

El primer registro corresponde a la presentación; en el segundo se presentan los créditos y mediante opciones se permite elegir una de las cinco combinaciones de muestra, cada una de las cuales equivale a la realización de la práctica.

Después de ser seleccionada la combinación deseada se pasa a un registro mediante el cual se brindan opciones acerca de cómo determinar la presencia de sustratos oxidables. Si la elección efectuada es la adecuada, se muestra una pantalla donde el usuario puede elegir qué sustancia en específico es capaz de cambiar de color; una elección no válida es retroalimentada; si se vuelve a equivocar se le envía a la sección final.

Si elige la sustancia adecuada se le muestra una pantalla que presenta los resultados correspondientes a ese ensayo clínico tal como lo obtendría en el laboratorio. Si el usuario efectúa una elección no válida es retroalimentado; si se vuelve a equivocar se le envía a la sección final.

Es conveniente destacar que no se le informa si el resultado es positivo o no; el estudiante deberá interpretar lo que ve y sacar sus propias conclusiones, las cuales decidirán la conducta a seguir en la próxima sección.

Trabajando en dichos registros (records) él puede seleccionar cuál tubo o tubos contiene sustratos oxidables. Si selecciona los tubos con sustratos oxidables tiene la posibilidad, dentro de este mismo registro, de ir a determinar en cuál de ellos está presente el succinato. Si elige los tubos sin sustratos oxidables se le da una retroalimentación que explica el por qué del error y se le da otra oportunidad; si se vuelve a equivocar se le envía a la sección final.

Así, en la sección siguiente podrá seleccionar la sustancia correcta o no para determinar la presencia de succinato. Si elige la sustancia adecuada se le muestra una pantalla que presenta los

resultados correspondientes a ese ensayo clínico tal como lo obtendría en el laboratorio. Si efectúa una elección no válida es retroalimentado; si se vuelve a equivocar, se le envía a la sección final.

Es conveniente destacar que no se informa si el resultado del ensayo clínico es positivo o no, ya que el estudiante debe sacar conclusiones de lo que observa.

Al trabajar en la próxima sección, el usuario puede seleccionar cuál tubo contiene succinato. Si selecciona el tubo, o los tubos, con succinato, tiene la posibilidad, dentro de este mismo registro, de terminar.

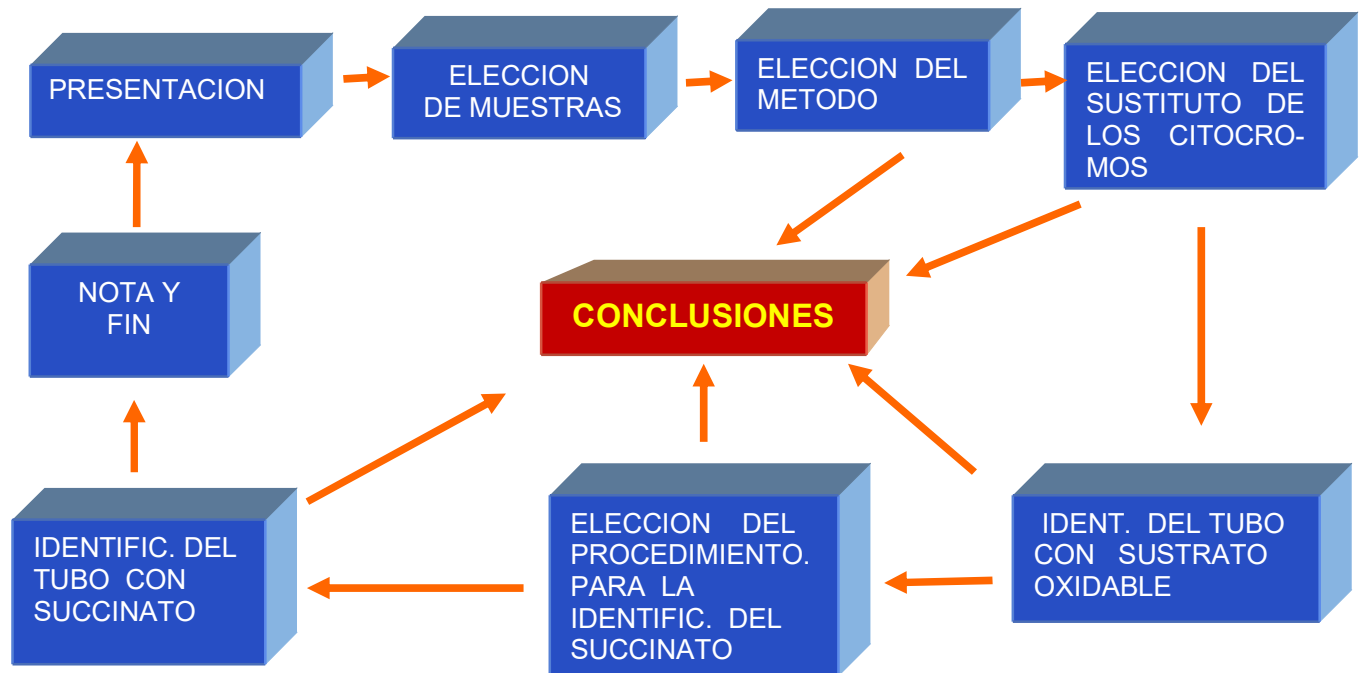
Si elige los tubos sin succinato es retroalimentado; si se equivoca de nuevo se le envía a la sección final.

Es necesario destacar que cada uno de los pasos o decisiones que emprenda el estudiante son calificados por el programa, por lo que al final de su trabajo recibirá una evaluación del mismo. No podemos dejar de mencionar que también se incluyen alarmas sonoras posteriores a cada error cometido con vistas a orientar al docente de la sala sobre la marcha del trabajo de los alumnos con problemas. Además de los textos, esta simulación se apoya en seis gráficos.



A continuación se muestra la estructura general de trabajo de SPOB2.CPL y un flujograma de una de las combinaciones de muestras,

que ilustran la interrelación entre registros que se da en este programa cuando se elige una de ellas (ver esquema).



## EJERCITADORES

Para la ejercitación y autoevaluación de los estudiantes se elaboran 50 preguntas del tema "Respiración Celular" de la asignatura Biología Celular y Molecular, para lo cual se tuvo en cuenta el sistema de objetivos del plan de estudio, luego se transformaron en ficheros .TEX compatibles con los requisitos de ABCMJ y MATCHB.

En este caso, 44 corresponden a preguntas que exploraron conceptos y contenidos de forma

libre y seis a preguntas de selección, única o múltiple.

Con estas preguntas la comprobación de los conocimientos se realiza previa elección del tema por los estudiantes lo que da lugar a que se generen las mismas aleatoriamente y sin repeticiones, por lo que deben ser contestadas libremente utilizando el teclado, y la respuesta dada será un reflejo de un nivel de asimilación superior al conocer (familiarización) y podrá corresponderse con el saber (reproductivo) o saber hacer (aplicación), en dependencia del tipo de preguntas que haya sido

seleccionada por el programa y que en ese momento se le presente al estudiante.

En el caso de ABCMJ, simultáneamente aparece un gráfico dinámico que refleja el estado de preparación del estudiante sobre la base de los errores que cometa en MATCHB, que es un juego entre dos, aparecen en pantalla dos ventanillas con el nombre de los dos jugadores, donde se reflejan los puntos que van acumulando y el número de ellos que quedan por responder.

Es de señalar que en los ficheros que alimentan estos ejercitadores se encuentran, además de las preguntas y códigos de manipulación de éstos y las respuestas, todo un conjunto de retroalimentaciones que permiten ampliar, profundizar, esclarecer y orientar al alumno sobre los contenidos correspondientes de modo diferenciado, que abarcan desde la respuesta totalmente correcta, hasta la que da el estudiante que desconoce el asunto en cuestión. También se incluye la bibliografía de textos y consulta para ampliar conocimientos al respecto.

Ambos ejercitadores dan la opción de responder contra reloj, es decir contra un tiempo fijo que sufre conteo regresivo en la

pantalla y que una vez agotado supone que lo respondido es incorrecto.

Por su parte, los crucigramas son generados aleatoriamente por CRUCIB y pueden ser resueltos por los estudiantes en pantalla, ya que al ubicar el cursor en una casilla se le muestran las preguntas horizontales y las verticales correspondientes. Una vez terminado, el estudiante tiene la opción de ver cómo debió llenar correctamente el mismo, con sólo apretar una tecla así como recibir la calificación correspondiente.

También se le permite dejar un trabajo inconcluso mediante la opción *salvar* y continuarlo cuando lo desee.

## CONCLUSIONES

1. El curso (tutorial) sobre el tema "Respiración Celular" (SFOB1.CPL), considerado como un todo, lo que incluye partes o elementos que en él están presentes, constituye un poderoso medio de enseñanza para la asignatura Biología Celular y Molecular que complementa la labor del profesor y puede contribuir a enriquecer en la práctica el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la ayuda que brindan las computadoras.

2. El banco de preguntas, retroalimentaciones y crucigramas correspondientes al tema "Respiración Celular" posibilita que, a través ABCMJ, MATCHB y CRUCIB los estudiantes dispongan de un mecanismo para reforzar sus conocimientos en el mismo, hacer correcciones o eliminar posibles errores conceptuales de modo que éstos no se repitan en futuras evaluaciones o exámenes.
3. SPOB2.CPL es un conjunto de simulaciones que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que refleja las vivencias que se experimentarían en el

laboratorio al trabajar, a la vez que retroalimenta los errores y aciertos, y evalúa la labor de cada estudiante.

## RECOMENDACIONES

1. Extender el uso de dichos programas (softwares) a todos los estudiantes cuyos programas de estudio así lo permitan.
2. Exhortar a los profesores de otras asignaturas a utilizar estos poderosos medios de enseñanza en el proceso docente educativo correspondiente a sus disciplinas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Salas Perea, R et al. Los objetivos educacionales, el diseño curricular, los métodos de enseñanza, el estudiante y el profesor. Educación Médica Superior 1987; 1 (1-2): 37-51.
2. Rossié R. Los métodos activos de enseñanza. Rev Cub Educ Sup 1981:1(4).
3. Ivanov R. Problemas del contenido de la enseñanza universitaria. Rev Educ Sup Contemporánea 1980; 29(1):63.
4. Martínez Llantada, Martha. La enseñanza problémica: Sistema o principio. 1ra y 2da parte. Rev Científica Metodológica (Varona) VI 12, 1984; 13: 71, 40.
5. Garunov M.G. La enseñanza problémica como medio de desarrollo en los estudiantes, de la experiencia del trabajo individual. La Educación Superior Contemporánea 1984; 3(47):149-161,.
6. Arotanov M. . La enseñanza problémica en el proceso docente de los C.E.S. La Educación Superior Contemporánea 1980; 30(92):145,
7. Colonga Salazar Carlos y otros. Manual Metodológico para la elaboración de evaluaciones de objetivos. ISCM-CH, CECAM. 1987.
8. Colonga Salazar Carlos y otros. La computadora como medio de enseñanza en las Ciencias Médicas. Educación Médica Superior 1987; (1-2):191-2000.

9. Ivanov M V. Vías para perfeccionar los métodos de enseñanza en la Educación Superior. *La Educación Superior Contemporánea* 1982; 38(2):129.
10. González Medina Hilda. Las microcomputadoras como medios de enseñanza en *Química General*. *Rev Cub Educ Sup VI*, 1986; (1):61-65.