



# Fundamentos para la elaboración de un libro electrónico de fisiología humana para estudiantes de medicina.

Antonio D'Alessandro-Martínez <sup>1</sup>.

Miriam Rivas Salazar <sup>2</sup>.

Noelia Hernández <sup>3</sup>.

Adelaida Crespo-Armas <sup>4</sup>.

Venezuela Azavache <sup>5</sup>.

María de Lew <sup>6</sup>.

Vladimir Peña <sup>7</sup>.

<sup>1</sup>Cátedra de Fisiología, Escuela de Medicina Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela y Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Sección de Biofísica y Bioingeniería. Unidad de Gestión de Tecnología en Salud (UGTS). Lab adaless@gmail.com

<sup>2</sup>Cátedra de Fisiología, Escuela de Medicina Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela

<sup>3</sup>Cátedra de Fisiología, Escuela de Medicina Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela

<sup>4</sup>Cátedra de Fisiología, Escuela de Medicina Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela

<sup>5</sup>Cátedra de Fisiología, Escuela de Medicina Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela

<sup>6</sup>Cátedra de Fisiología, Escuela de Medicina Luis Razetti, Facultad de Medicina, Universidad

<sup>7</sup>Escuela de Computación. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela

Correspondencia: Instituto de Medicina Tropical - Facultad de Medicina - Universidad Central de Venezuela.

Consignado el 04 de Marzo del 2012 a la Revista Vitae Academia Biomédica Digital.

## RESUMEN

En este trabajo se presentan los fundamentos para el diseño de un libro electrónico para la asignatura Fisiología Humana con el fin de que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo en ella, la cual constituye uno de los pilares de la formación médica; muchos de los elementos considerados son de aplicación general para elaborar libros electrónicos de cualquier asignatura. La propuesta de diseño del libro electrónico propuesto hace uso de diversas herramientas didácticas como organizadores previos, mapas de conceptos, simulaciones, animaciones, videos, enseñanza basada en resolución de problemas y casos clínicos. Se usó el modelo propuesto en el Proyecto ECOFIHES y las metodologías MeDDiSisBio para el diseño de sistemas en biomedicina y OOSE para el tratamiento digital de imágenes.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño instruccional, Libro electrónico, Medicina, Fisiología Humana

BASIS FOR DESIGNING AN ELECTRONIC BOOK OF HUMAN PHYSIOLOGY FOR MEDICAL STUDENTS

## SUMMARY

This paper presents the basis for designing an electronic book for the Human Physiology course so that students achieve meaningful learning in this subject which is one of the pillars of medical training, many of the elements considered are of general application to develop electronic books in any subject. The proposed electronic book makes use of various didactical tools such as advance organizers, concept maps, simulations, animations, videos, teaching based on problem solving and clinical cases. We used the model proposed in the Project ECOFIHES, MeDDiSisBio methodology for the design of systems in biomedicine and OOSE methodology for digital image processing.

**KEY WORDS:** Instructional design, Electronic book, Medicine, Human Physiology.

## FUNDAMENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN LIBRO ELECTRÓNICO DE FISIOLOGÍA HUMANA PARA ESTUDIANTES DE MEDICINA.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la Fisiología Humana es complejo debido a que integra conocimientos básicos de diferentes disciplinas científicas y requiere conocimientos de entrada pertenecientes al área de las ciencias básicas (biología, química, física y matemáticas) que no siempre son del dominio de los estudiantes<sup>(1)</sup>. Esta situación unida a la deficiente preparación de los alumnos en bachillerato, incrementa el esfuerzo que se debe hacer para alcanzar un aprendizaje significativo de la Asignatura<sup>(2,3,4)</sup>.

Tradicionalmente, los estudiantes han abordado el estudio de la Fisiología a través de la lectura de libros de texto y guías impresas, asistencia a clases magistrales y prácticas, y consultas con los profesores. Con el avance vertiginoso de la Informática en Venezuela<sup>(5)</sup>, surge la Informática Educativa y dentro de ella la Enseñanza Asistida por Computadora facilitando el desarrollo de un recurso complementario eficiente, al integrar herramientas de sistemas expertos, inteligencia artificial y realidad virtual, con herramientas pedagógicas<sup>(6)</sup>. De ahí que, el objetivo del presente trabajo es establecer una plataforma general para diseñar un libro electrónico sobre Fisiología Humana con formato de página Web, incorporando hipervínculos con Internet y facilidades multimedia.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se llevó a cabo en tres etapas: I. Diagnóstico de necesidades, II. Selección de herramientas didácticas y III. Propuesta de diseño del libro electrónico.

I. *Diagnóstico de necesidades*: se evaluó la situación existente en la Cátedra de Fisiología de la Escuela Luis Razetti (ELR) de la Facultad de Medicina (FM) de la Universidad Central de Venezuela (UCV). En esta Cátedra se imparte anualmente el curso de Fisiología, utilizando diversas estrategias metodológicas, entre otras: clases magistrales, prácticas de laboratorio<sup>(7)</sup>, seminarios, clases de integración, y actividades especiales virtuales<sup>(8)</sup> y de vinculación con la clínica, horas de consulta y tutorías para estudiantes repitentes. No obstante, el gran esfuerzo que ha significado para la Cátedra, el diseño e instrumentación de estas estrategias metodológicas, además de la elaboración de materiales didácticos e instrumentos de evaluación, la nota promedio anual de los aprobados, varía entre 10 y 12 puntos en los últimos 30 años (Estadísticas del Rendimiento Estudiantil de la Cátedra de Fisiología, 2012); asimismo, el aprendizaje significativo no ha sido completamente satisfactorio. Entre las posibles causas de esta situación están la inadecuada preparación académica previa (pre-requisitos no cubiertos o cubiertos pero no disponibles), fallas de lecto-escritura y de comprensión<sup>(9)</sup> y el poco interés de los estudiantes por el estudio de la Fisiología. Las estrategias metodológicas tradicionales y los instrumentos de evaluación utilizados parecen generar un aprendizaje orientado a la memorización reforzando la percepción previa de muchos estudiantes sobre el cómo se debe estudiar fisiología<sup>(10)</sup>. Por estas razones, se hace necesario explorar otros instrumentos, en especial los relacionados con las tecnologías de la información, que motiven al educando a estudiar Fisiología, para incrementar el aprendizaje significativo y el rendimiento estudiantil. Uno de estos instrumentos es el libro electrónico el cual debe incorporar ciertas estrategias instruccionales para cumplir con los objetivos antes señalados. Diversos autores se han referido a la necesidad de que los libros electrónicos, cursos en línea, multimedia, etc., estén enmarcados dentro de una teoría del aprendizaje, por ejemplo, conductista, cognitivista o constructivista<sup>(4,11)</sup>. Más aún, algunos autores han colocado a la teoría constructivista como una de las primeras a considerar para lograr un aprendizaje significativo. Diversos investigadores colocan a la teoría conductista (por ejemplo, instrucción programada, máquinas de enseñanza, etc.) en el nivel más bajo para lograr dicho aprendizaje e incluso ha sido severamente cuestionada<sup>(12,13)</sup>. En nuestro caso, dado que los diversos temas son

desarrollados por diferentes profesores, cada uno de ellos adoptó las metodologías más convenientes de acuerdo con su experiencia pedagógica y de la preparación de los estudiantes, independientemente de que ellas puedan ser enmarcadas dentro de una o varias teorías del aprendizaje<sup>(14)</sup>. Aun cuando en el mercado informático existen algunos libros electrónicos de Fisiología Humana, éstos adolecen de fallas importantes desde el punto de vista didáctico, entre ellas la presentación rígida y tradicional de los contenidos de una forma similar a la que presentan los libros impresos de la asignatura, sin incorporar herramientas didácticas adecuadas, que operando de forma sinérgica permitan al estudiante alcanzar un adecuado aprendizaje significativo. Muy pocos de estos libros presentan simulaciones computacionales interactivas y menos aún usan la enseñanza basada en problemas que suministra valores de diversos parámetros fisiológicos medibles directamente en forma invasiva o no, que pueden ser interpretados en sí mismos y/o obtener a partir de ellos magnitudes fisiológicas que permiten determinar el funcionamiento normal o no, de un sistema orgánico en particular y de todo el organismo. También se debe mencionar que muchos libros denominados electrónicos, son realmente versiones digitales de las versiones impresas del libro sólo que en formatos que presentan algún tipo de interactividad con el usuario y vínculos con la web<sup>(15,16)</sup>.

## *II. Selección de herramientas didácticas:*

Las herramientas didácticas propuestas para la elaboración del libro electrónico fueron:

*1. Enseñanza por Objetivos:* una vez que sustituyó a la enseñanza basada en contenidos se ha mantenido a pesar de la intensa crítica a la cual se le ha sometido. La enseñanza por objetivos conductuales tiene entre sus pilares fundamentales los trabajos de Mager y Gagné<sup>(17)</sup> y Bloom<sup>(18)</sup> (1981). En muchos textos de Fisiología se incorporan objetivos específicos conductuales al inicio de los temas, y autoevaluaciones basados en ellos al finalizar los temas<sup>(19,20)</sup>.

*2. Analogías:* estas estimulan la formación de distintas representaciones del conocimiento al permitir abordar la solución de un problema desde diferentes marcos conceptuales<sup>(13)</sup>.

*3. Organizador previo:* el aprendizaje significativo se facilita con el uso de los organizadores previos, definidos como conceptos o ideas presentados al inicio de la discusión de un tema que actúan como marcos de referencia de los nuevos conceptos y de sus relaciones<sup>(21)</sup>. Un ejemplo de esta estrategia, es utilizar un enfoque basado en teoría de sistemas y sistemas de control, para comprender desde el principio de un curso de Fisiología Humana, el carácter sistémico de todo el organismo<sup>(3,22,23,24)</sup>.

*4. Mapas de conceptos y redes conceptuales:* son herramientas útiles para lograr que los estudiantes adquieran un aprendizaje significativo sin necesidad de recurrir a la memorización. Un mapa conceptual (diagrama de bloque o de flujo) es un recurso esquemático para presentar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones ordenados de manera jerárquica o no<sup>(25,26)</sup>, que pueden ser implícitas o explícitas<sup>(21,27)</sup>.

5. *Mapas mentales*: herramienta que permite organizar un material instruccional siguiendo una secuencia lógica obteniéndose lecciones y presentaciones más espontáneas, creativas y placenteras, y despierten automáticamente el interés de los estudiantes, haciéndolos más receptivos y cooperativos. El mapa es una estructura flexible y adaptable que a diferencia del texto lineal, presenta los hechos y sus relaciones, proporcionando una comprensión más profunda del tema<sup>(28,29)</sup>.

6. *Preguntas intercaladas en los textos*: mantienen la atención del estudiante y lo inducen a que reestructure su organización cognitiva; también se pueden intercalar en las exposiciones orales. En Fisiología se usan para motivar, mantener la atención y lograr que el estudiante integre las funciones de los diversos sistemas orgánicos<sup>(30)</sup>.

7. *Ilustraciones*: usadas adecuadamente constituyen una herramienta poderosa para que los estudiantes logren un aprendizaje significativo. Se tiene, entre otras, la modalidad, icónica (ej. un dibujo del sistema renal o cardiovascular), lógica-matemática (ej. relación entre la presión y el volumen en un pulmón), y algorítmica (respuesta del sistema cardiovascular ante una hemorragia<sup>(31)</sup>).

8. *Animaciones*: facilitan la comprensión de los temas ya que permiten al usuario visualizar los procesos en secuencias<sup>(31,32)</sup>.

9. *Fotografías y Videos*: permiten la ilustración del contenido mediante el uso de microscopías ópticas y electrónicas, fotografías de disecciones, etc.; y videos de eventos fisiológicos.

10. *Simulaciones*: el usuario puede introducir parámetros de entrada, cuyas salidas le permiten hacer observaciones y obtener conclusiones, en función del cambio de valores de dichos parámetros<sup>(31,33)</sup>. Las simulaciones constituyen una metodología alternativa, que permite reducir al mínimo el uso de animales utilizados en los trabajos prácticos.<sup>(34)</sup>.

11. *Enseñanza basada en resolución de problemas*: consiste en presentar situaciones fisiológicas en forma de problemas numéricos que involucran el uso de fórmulas y razonamiento lógico, posteriormente se interpretan los resultados<sup>(35,36,37)</sup>.

12. *Enseñanza basada en la discusión de casos clínicos*: se basa en abordar a la enseñanza de la fisiología humana a través de la presentación de casos clínicos donde el estudiante pueda aplicar el conocimiento fisiológico de un sistema a una determinada patología o síndrome o integrar el conocimiento de varios sistemas<sup>(19,35,38,39)</sup>.

13. *Autoevaluación*: constituyen una ayuda para el estudiante ya que puede estimar el grado de conocimiento que él ha adquirido al estudiar un tema en particular. Consiste para cada tema de un cuestionario de 25 preguntas de múltiple escogencia (PME) con una sola respuesta correcta y otro con 5 preguntas de desarrollo corto (PDC). El cuestionario basado en las PME permite rectificar la respuesta al avisar cuando esta es incorrecta. También tiene incorporado un reloj para determinar el tiempo total usado para responder al cuestionario PME. En el caso del cuestionario PDC al finalizar el mismo el estudiante tiene la opción de ver las respuestas correctas<sup>(19)</sup>.

*III. Propuesta de diseño del libro electrónico:* se utilizó la metodología (MeDDiSisBio) aplicada al diseño de sistemas en el área de la biomedicina<sup>(40)</sup>, según la cual se hace un análisis de requerimientos y de factibilidad para la construcción del sistema, y se determinan herramientas de diseño e implementación, bajo diferentes abstracciones.

## RESULTADOS

### Una solución factible

El estudio del problema requiere de la construcción de una herramienta para ayudar en la enseñanza de algunas áreas de la Fisiología Humana, que utilice recursos modernos y dinámicos de enseñanza y les confiera confianza e independencia a los usuarios. La herramienta computacional elaborada es un libro electrónico. El resultado de la investigación condujo al Proyecto ECOFIHES<sup>(41)</sup>, cuyo objetivo es elaborar un libro electrónico sobre Fisiología Humana, con formato de página Web, que integre hipervínculos con Internet y facilidades multimedia. Los contenidos se organizan por temas, estructurados en tres niveles: Básico, Intermedio y Avanzado, utilizándose dos diseños: instruccional y gráfico. El conjunto de datos incluye textos, figuras, fotografías, sonidos y videos, bajo una comunicación usuario-computadora sencilla, agradable y motivadora; se incorpora también la simulación de procesos fisiológicos e instrumentos de evaluación y retroalimentación.

### Investigación Preliminar

Permite, entre otros aspectos, caracterizar a los usuarios y los dispositivos requeridos. Los usuarios de ECOFIHES son personas vinculadas a los estudios fisiológicos (estudiantes, docentes e investigadores en el área). El conjunto de datos (textos, figuras, fotografías, sonidos y videos), se presentan de forma sencilla y altamente interactiva. Las expectativas de brindar herramientas de simulación, han exigido a los desarrolladores de ECOFIHES prevenir el manejo "inteligente" de información imprecisa, suministrada por los usuarios o generada por el sistema. Durante la construcción de estos sistemas es deseable contar con un dispositivo de captura de imágenes y un ambiente digitalizador.

A continuación se describen las abstracciones 1 y 2 realizadas en el desarrollo de este proyecto, según el método MeDDiSisBio.

*primera abstracción: Nivel 1*

Evaluación de la pertinencia de la ejecución del proyecto ECOFIHES, respondiendo a las preguntas: ¿puede ser útil?, ¿es factible?, ¿dará buen resultado? ¿Cómo generar un producto de calidad?

**¿Puede ser útil?**

Sí. El análisis del Diagrama de Criterios de Utilidad del ecofihes (Figura 1) evidencia que el sistema ayuda sin competir, cubre una necesidad y cuenta con la motivación del gremio experto.

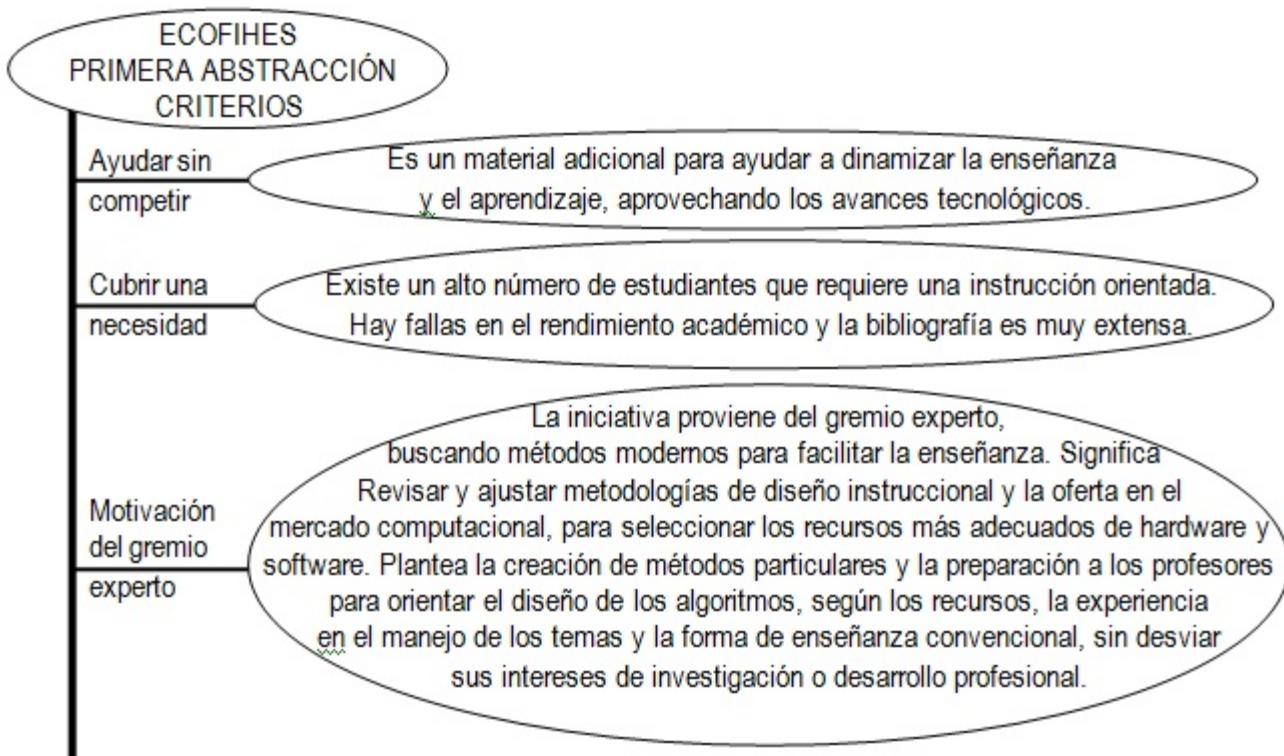


Figura 1. Diagrama de Criterios de Utilidad de ecofihes

#### ¿Es factible?

Sí. Existe cierta experiencia en el desarrollo previo de algunos tópicos del área Fisiología, con un objetivo similar. Se plantea la adquisición de los recursos necesarios, para lo cual se dispone de financiamiento institucional (Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico - CDCH-, UCV). Aunque no hay garantía real de la factibilidad operativa, el proyecto puede desarrollarse (Figura 2).

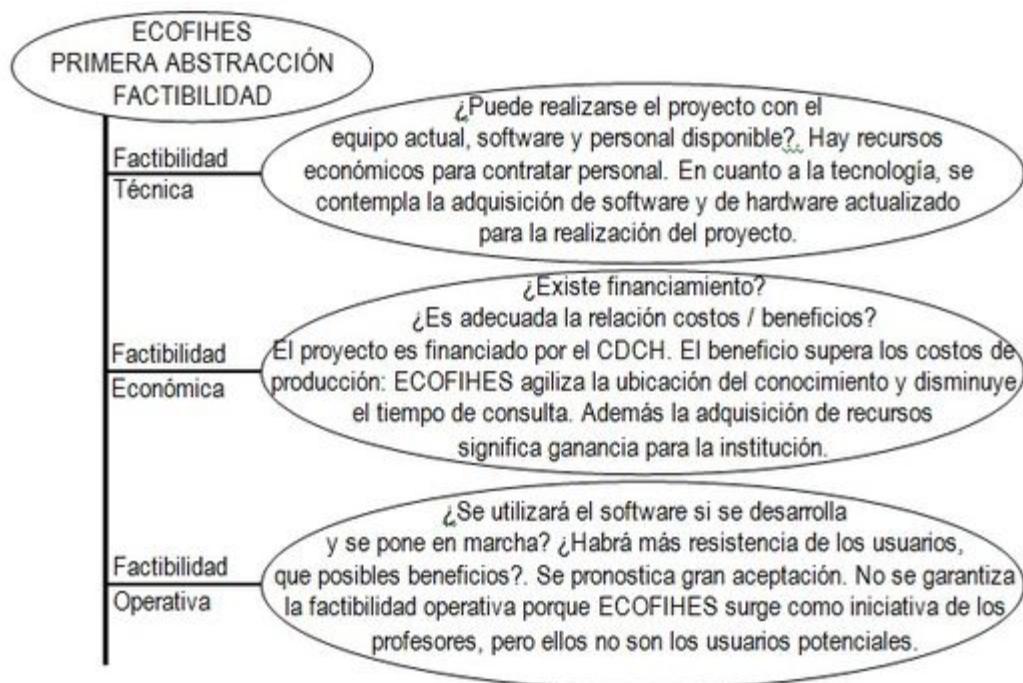


Figura 2. Diagrama de Factibilidad para el proyecto ECOFIHES

## ¿DARÍ BUEN RESULTADO?

El análisis del Diagrama de Evaluación de ecofihes (Figura 3) sugiere el buen resultado del proyecto.

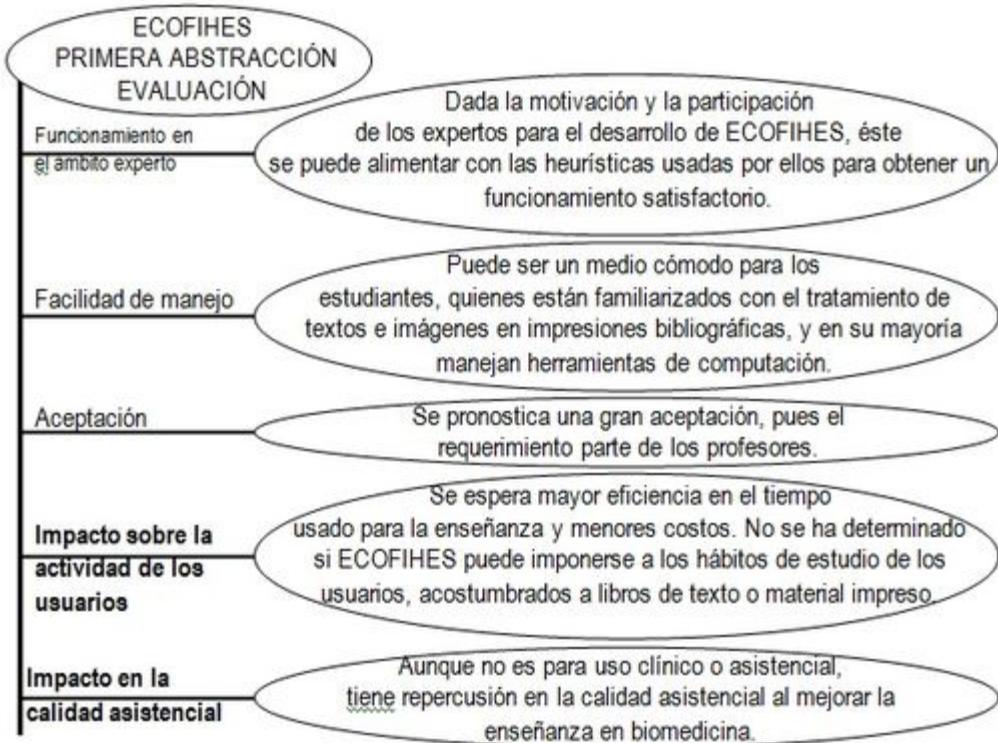
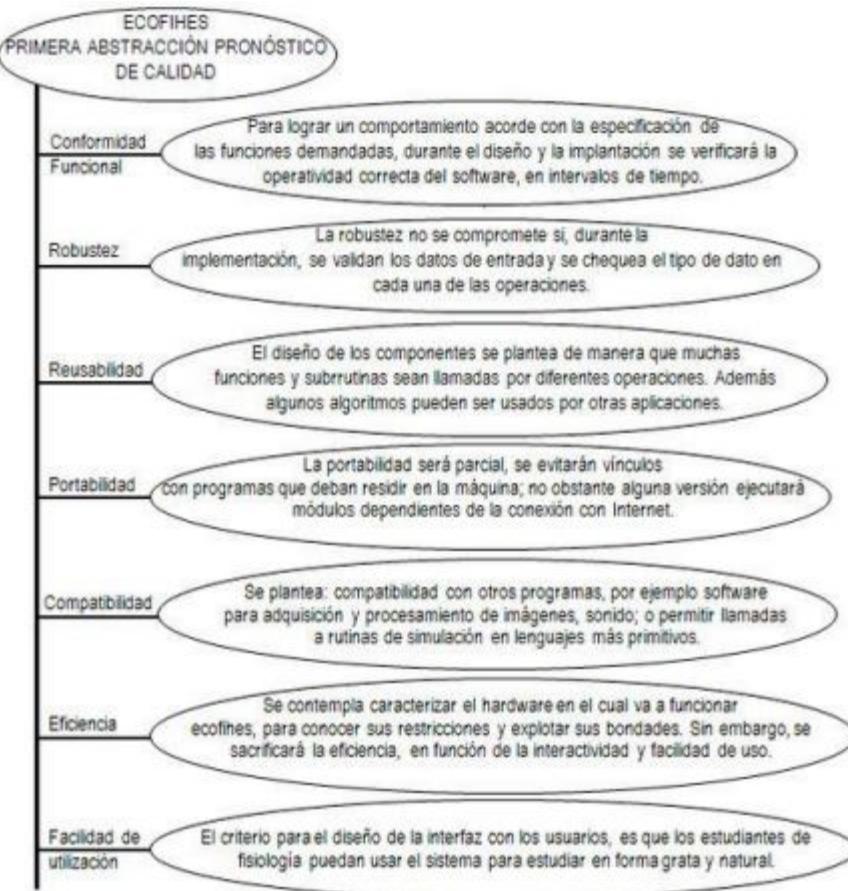


Figura 3. Diagrama de evaluación del Proyecto ECOFIHES

## ¿Cómo generar un producto de calidad?

La Figura 4 muestra el Diagrama de Pronóstico de Calidad de ecofihes.



**Figura 4.** Pronóstico de calidad del software para ECOFIRES

#### aclarar el planteamiento

La Figura 5 presenta el Diagrama de Especificación Informal de Requerimientos a partir del cual se obtuvo el Esquema del Planteamiento de ecofihes.

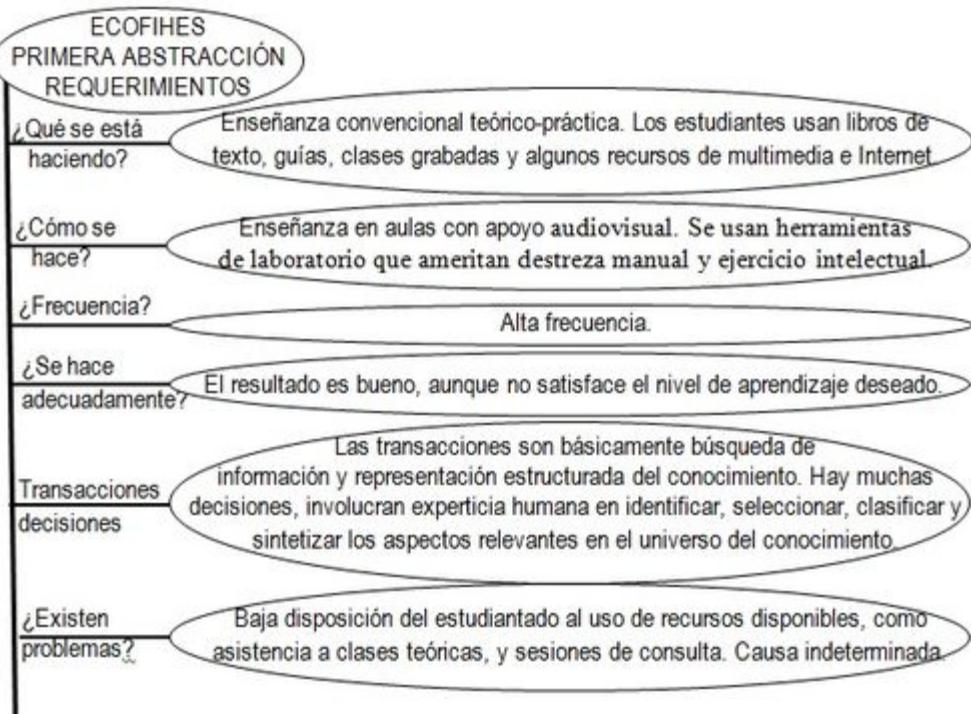


Figura 5. Diagrama de Especificación Informal de Requerimientos de ECOFIHES.

### estudio de factibilidad

No se encontraron elementos adicionales a los reflejados en el Diagrama de Factibilidad construido previamente (Figura 6).

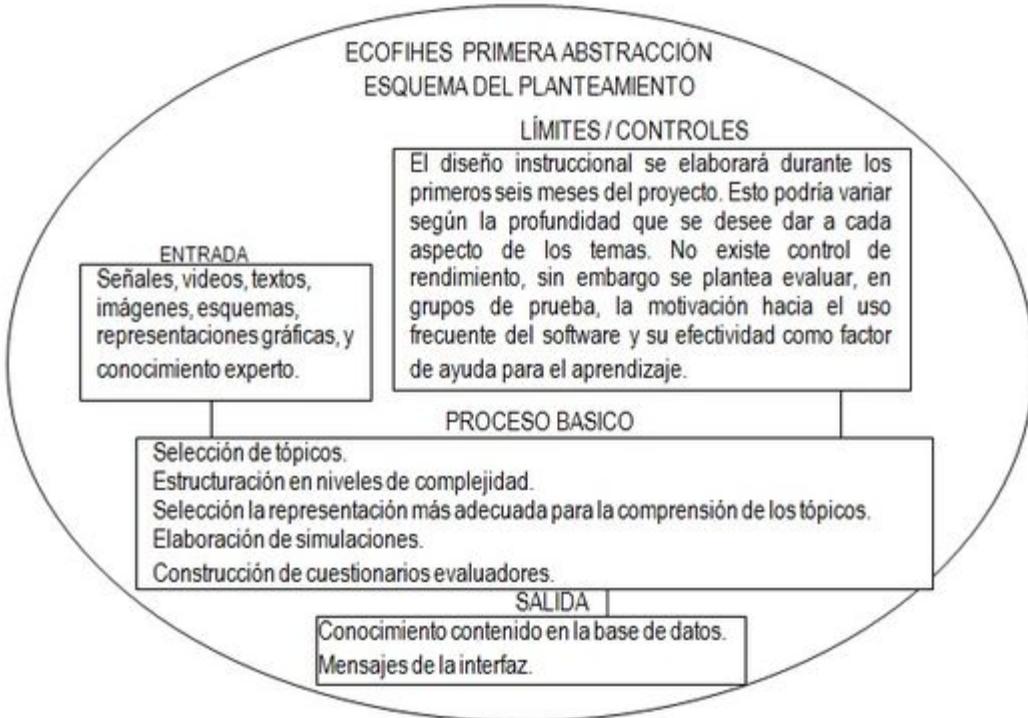


Figura 6. Esquema del planteamiento de ECOFIHES

### modelo conceptual de ecofihes

Para satisfacer los requerimientos el modelo conceptual de ecofihes, se contemplan tres módulos: **Interacción, Procesos y base de Datos**.

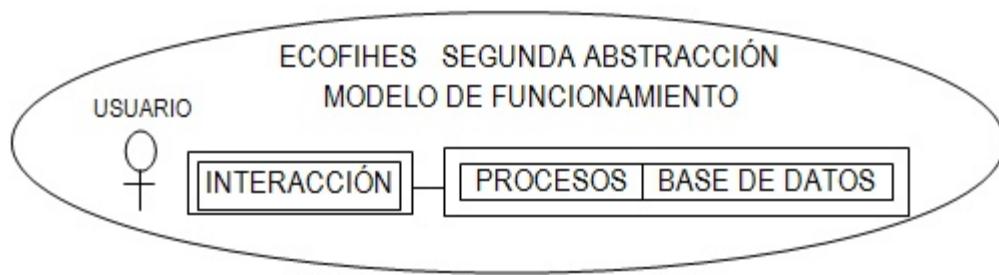
**Interacción:** ecofihes debe amoldarse a la dinámica natural de los estudiantes, usuarios terminales del sistema, proporcionando un manejo sencillo y rápido de las facilidades que ofrece el sistema, permitiendo seleccionar rutinas, suministrar parámetros, deshacer procedimientos y también informar sobre fallas de ejecución de procesos y sus posibles correcciones. Contempla un ambiente adecuado para presentar el contenido de la instrucción, el cual tiene carácter dinámico.

**Procesos:** Reúne los algoritmos y controles para la ejecución del sistema.

**Base de DATOS:** Contiene imágenes (de video o estáticas), textos, sonidos, números, y algoritmos para procesos de simulación. También alberga los elementos requeridos para la representación y conversión de formatos.

### modelo de funcionamiento

En su versión más sencilla, se refleja el acceso de información desde la base de conocimientos, mediante un mecanismo de **interacción** para manejo y suministro de parámetros, y emisión de mensajes, para la retroalimentación con los usuarios. Sobre **interacción** recae la visión global del funcionamiento del sistema, los accesos a la base de conocimientos se pueden realizar mediante los algoritmos residentes en el módulo de procesos y también desde el módulo **interacción** (Figura 7).



**Figura 7.** Representación del modelo de funcionamiento de ECOFIHES.

El modelo se satisface con una computadora digital y un ambiente para la interfaz con el operador que sea fácil, agradable, interactiva, centrada en el estudiante<sup>(42)</sup>. Los datos pueden ser almacenados en disco o en cualquier dispositivo periférico.

### visión modular de ecofihes

La visión modular del Ecofihes se esquematiza en la Figura 8. La planificación estructural de cada módulo es descendente y funcional. El diseño se basa en el análisis de los problemas detectados y las estrategias de solución para las características particulares de esta aplicación.

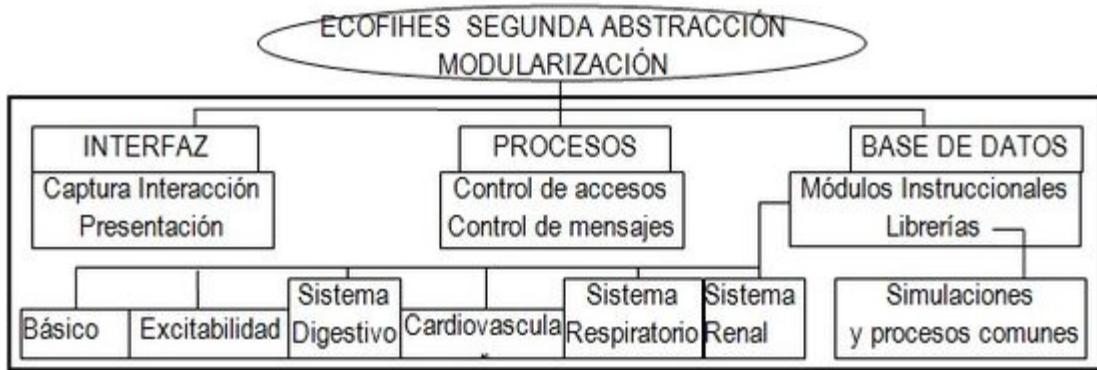


Figura 8. Representación modular de ECOFIHES.

Cada módulo amerita elaborar el diseño instruccional del tema; elaborar el diseño gráfico; incorporar el contenido; incorporar facilidades didácticas tales como figuras, fotografías, sonidos y videos; diseñar una interfase usuario-computador sencilla, agradable y motivadora; incorporar instrumentos de evaluación que permitan retroalimentación y simulaciones computacionales.

#### Levantamiento de información con los usuarios y/o clientes

Se establece la estructura modular, se entrevista a los responsables de los módulos, y las actividades del proyecto se organizan en tres etapas:

- 1) Definición de la estructura del libro y determinación de los contenidos a incluir.
- 2) Incorporación de imágenes y sonidos de apoyo didáctico.
- 3) Incorporación de otro tipo de elementos de apoyo como videos, gráficos, animaciones y simulaciones.

#### HERRAMIENTAS REQUERIDAS

**HARDWARE:** computadoras para facilitar el acceso a Internet y descargar: códigos fuentes, imágenes, gráficos y otros.

**SOFTWARE:** lenguaje de programación HTML, para organizar la información de manera lógica, respecto a texto, imágenes, gráficos, tablas, "applets" y diversos enlaces que permiten acceder a la información almacenada en forma de páginas Web<sup>(33)</sup>. Los usuarios visualizan la información mediante una aplicación conocida como Browser (Explorador) la cual está incluida en todas las versiones de Windows, pueden usarse otras aplicaciones para el mismo fin. El explorador muestra en pantalla, páginas que contienen texto, imágenes, sonidos y animaciones relativas al área o tema que ha sido seleccionado. Mediante el Mouse el usuario puede desplazarse por diversas páginas del libro electrónico Java, FrontPage, Flash y Adobe PhotoShop<sup>(43)</sup>.

#### MODELO DE DISEÑO:

Se aplicó la metodología OOSE sobre Tratamiento Digital de Imágenes<sup>(44)</sup> para facilitar la visión preliminar de la estructura del sistema.

Las interfaces principales del sistema son: Presentación General, Contenido, Agradecimiento, Introducción, Tema, Operación (simulación, videos, gráficos, sonidos, animaciones), Glosario y Bibliografía.

#### **Presentación General:**

La primera interfaz que visualiza el usuario es la "Presentación General", aquí se da inicio al Libro Electrónico. Dispone del enlace "Ver Tabla de Contenido", que permite al usuario tener acceso a la interfaz "Tabla de Contenido".

#### **Tabla de Contenido:**

Muestra al usuario una lista de los temas con sus operaciones asociadas. Esta interfaz dispone de cuatro enlaces: "Agradecimiento", "Introducción", "Glosario" y "Bibliografía".

Los enlaces "Temas y operaciones 1, 2, ..., N", llevan al usuario hasta los distintos temas y a la interfaz operación. El enlace "Ver Página Anterior" permite al usuario retroceder a la página anterior. "Ver Página Siguiente" le permite avanzar hasta la siguiente página. "Ver Página Final" permitirá al usuario llegar a la interfaz "Bibliografía".

El enlace "Ver Glosario" permitirá al usuario llegar a la interfaz "Glosario".

#### **Agradecimiento:**

Se hace reconocimiento a todas aquellas personas que colaboraron en el desarrollo del Libro Electrónico.

Esta interfaz dispone de cinco enlaces: "Ver Página Inicial" (permite al usuario llegar a la interfaz "Presentación General"), "Ver Página Final", "Ver Página Anterior", "Ver Página Siguiente" y "Ver Tabla de Contenidos" (permite al usuario llegar hasta la interfaz "Tabla de Contenidos").

#### **Introducción:**

Se provee la información preliminar que presenta el Libro Electrónico, con cinco enlaces: "Ver Página Inicial", "Ver Página Final", "Ver Página Anterior", "Ver Página Siguiente" y "Ver Tabla de Contenidos".

#### **Tema:**

Se muestra el contenido del tema seleccionado por el usuario. Esta interfaz dispone de cinco enlaces. Adicionalmente, dentro del texto del tema, hay un enlace "Ver Referencia" que permite al usuario ver la información de una o más referencias citadas en el texto del tema.

#### **Interfaz Glosario:**

Ofrece un diccionario de términos sobre Fisiología Humana.

#### **Interfaz Bibliografía:**

Contiene las referencias que se recomiendan en el Libro Electrónico.

## Interfaz Operación:

Permite al usuario ver la ejecución de una simulación, video o animación, gráficos y sonidos, asociados con un tema en particular del Libro Electrónico.

Este modelo de interfaz es aplicable a todas las áreas que componen el libro electrónico sobre Fisiología Humana, y la estructuración por niveles se puede realizar a nivel de presentación o a nivel de índice. Además, estas interfaces están enlazadas entre si, por vínculos que permiten al usuario desplazarse a través del libro electrónico para ubicar los temas de interés.

En la Figura 9 se presenta, como ejemplo, el esquema de las interfaces Presentación General e Introducción.



**Figura 9.** Representación de las interfaces Presentación General e Introducción respectivamente.

## CONCLUSIONES

La elaboración de un libro electrónico sobre Fisiología Humana a nivel de Educación Superior, incluye diversas herramientas pedagógicas y computacionales, tales como simulaciones de los sistemas fisiológicos, aplicación de modelos físico-analógicos, de la telemática, de Internet, de los multimedia y la autoevaluación formativa. Este recurso se complementará con el uso de charlas informativas, cursos de complementación o reforzamiento, elaboración de monografías soportadas con bibliografía actualizada, participación de los estudiantes en proyectos de investigación, lectura crítica de artículos científicos, la resolución de problemas numéricos y la interpretación fisiológica de sus resultados, y la discusión de casos clínicos que integren el funcionamiento de los diversos sistemas fisiológicos. Estas herramientas pueden contribuir a vencer la crisis que actualmente presenta la enseñanza de la Fisiología Humana.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al CDCH por el financiamiento del Proyecto de Grupo No. 09.10.4366/99 Etapa 1, que sirvió de base para la elaboración del presente artículo, y al Lic. Luis Silva por la colaboración prestada al inicio de este proyecto.

## REFERENCIAS

1. Michael, J (2007). What makes physiology hard for students to learn? Results of a faculty survey. *Adv Physiol Educ* 31,34-40.
2. Ausubel D, Novak J y Hanesian H (1989). *Psicología Educativa*. Interamericana. Trillas. México.
3. Novak, J. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Alianza. España.
4. Méndez, P (2000). Evaluación de Multimedia Aplicados a la Educación. *Revista de Pedagogía*. Vol. XXI, 62, 363-374.
5. Plaz, I. (1993). *La informática en la sociedad venezolana*. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas.
6. Viana G, Zambrano J y Soler R. (1989). *Informática en el desarrollo nacional (Experiencias y/ propuestas para Venezuela)*. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. Caracas.
7. D"TM Alessandro-Martínez, A. (Ed), Rivas M, Villalobos J, Díaz E, Romero A, García A, Hassan W, Bracamonte W, Blanco A, Arzola J. (2012). *Manual de Prácticas de Fisiología Normal*. Año Académico 2012-13. Ediciones de la Cátedra de Fisiología. Escuela Luis Razetti. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela.
8. Zao P, Stabler Th, Smith L, Peterson G, Gibson M, Zanetti N y Lokuta A (2009). *PhysioExTM 8.0 for A & P. Laboratory Simulations in Physiology*.
9. Howe M (2000). *Psicología del Aprendizaje*. Oxford University Press. Harla. México.
10. Lujan H y DiCarlo S. (2006). Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Adv Physiol Educ* 30:17-22.
11. Pérez, M. (1995). Metodología para la elaboración de software educativo (En red). Disponible en <http://blues.uab.es/home/material/programes/T023151/uabisof.htm>.
12. Schank R. y Jones M (1991). Empowering the student: new perspectivas on the design of teaching systems. *Journal of the Learning Sciences*. 1(1):7-35.
13. Stojanovic de Casas, L. (2002). El paradigma constructivista en el diseño de actividades y productos informáticos "on line". *Revista de Pedagogía*. Vol. XXIII, 66, 73-97.
14. Bergel M. (1998). *Instructional design and learning theory*. Traducción y anotaciones: Dr. Juan Pérez González (2009). Facultad de Medicina. UCV.
15. <http://www.ucm.es/BUCM/blogs/blogmed/5909.php>. Constanzo,L.4taedición.2011.Elsevier.E-bookReddy.
16. [http://www.medgapet.es/2011/02/libro\\_de\\_fisiologia\\_medica\\_int.html](http://www.medgapet.es/2011/02/libro_de_fisiologia_medica_int.html). Libro interactivo de fisiología médica de Ganong.

17. Dillman C y Rahmlow H. (1979). *Como redactar objetivos de instrucción*. Trillas. México.
18. Bloom, B (1981). *Taxonomía de los objetivos de la educación*. El Ateneo Argentina.
19. Barret K, Barman S, Boitano S, Brooks H (2010). *Ganong Fisiología Médica*. McGraw-Hill. China.
20. Eaton DC y Pooler JP. (2009). *Vander™s Renal Physiology*. Seventh edition. McGraw-Hill. Singapore.
21. Ontoria A, Ballesteros A, Cuevas C, Giraldo L, Martín I, Molina A, Rodríguez A y Vélez U. (2001). *Mapas Conceptuales. Una técnica para aprender*. Narcea. España.
22. Michinel, J; D™Alessandro-Martinez A y Ortega H. (1992). *Energía y sistemas: conceptos relevantes en un programa para aprender Física dirigido a estudiantes de ciencias de la salud*. Revista Brasileira de Ensino de Física. 14(1) 9-15.
23. D™Alessandro-Martínez A., Michinel JL y Ortega H. (2002). *Introducción a la Biofísica*. Cap.1: *Teoría de sistemas y sistemas de control aplicado a los sistemas fisiológicos*. EBUC. Universidad Central de Venezuela.
24. Romero M (2004). *In the beginning, there was the cell: cellular homeostasis*. *Advan Physiol Educ.* 28, 135-138.
25. Sánchez-Quevedo M, Cubero M, Alaminos M, Crespo P y Campos A. (2006). *El mapa conceptual. Un instrumento educativo polivalente para las ciencias de la salud. Su aplicación en histología*. *Educación Médica* 9(2): 51-58.
26. Patiño M (2006). *Modelo socio-cognitivo: Teoría educativa y de diseño curricular*. *Med Interna (Caracas)* 22 (1):17-40.
27. Galagovsky L y Ciliberti N (1994). *Redes Conceptuales: su aplicación como instrumento didáctico en temas de física*. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (3), 338-349.
28. Buzan T y Buzan B (1996). *El libro de los mapas mentales*. Urano. España.
29. Ontoria A, Gómez J, y de Luque A. (2008). *Mapas Mentales. Una técnica para pensar y estudiar*. Narcea. España.
30. Balluerka N. (1995). *Como mejorar el estudio y aprendizaje de textos de carácter científico*. Amaru. España.
31. Alessi S y Trollip S. (1991). *Computer-based instruction. Methods and Development*. Prentice-Hall. EUA.
32. Tversky B, Morrison J y Betrancourt M. (2002). *Animation: can it facilitate?* *Int. J Human-Computer Studies*. 57: 247-262.
33. Azavache V, Crespo-Armas A, D™Alessandro A, de Lew M, Hernández N, Peña V, Rivas M y Silva L. (2003). *Prototipo de un libro electrónico sobre Fisiología Humana*. *Jornadas Científicas "Francisco de Venanzi"*. Instituto de Medicina Experimental. Facultad de Medicina. Universidad

Central de Venezuela.

34. Van der Valk J, Dewhurst D y Hughe (1999). Alternatives to the use of animals in higher education. ATLA 27,39-52.
35. Constanzo L (2011). Fisiología (Cuarta Edición). Elsevier. España.
36. Krueger P, Neutens J, Bienstock J, Cox S, Erickson S, Goepfert A, Hammoud M, Hartmann D, Puscheck E, Metheny W.(2004). To the point: Reviews in medical education teaching techniques. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 191:408-11.
37. Abraham R, Vinod P, Kamath M, Asha K y Ramnarayan K. (2008). Learning approaches of undergraduate medical students to physiology in a non-PBL- and partially PBL-oriented curriculum. Adv Physiol Educ 32: 35-37.
38. Engelberg J (1992). Complex medical case histories as portals to medical practice and integrative, scientific thought. Am. J. Physiol. (Adv. Physiol. Educ. 8) 545-554.
39. Koeppen B y Stanton B. Berne y Levy Fisiología. (2009). Elsevier. España.
40. Rivas, M. (2006). Sistema de Visión Artificial: una Aplicación en Biomedicina. Tesis Doctoral Ciencias de la Computación Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Computación. Caracas. Pág. 153-163.
41. D'Alessandro-Martínez A, Rivas Salazar M; Hernández N; Crespo-Armas A; Azavache V; de Lew M y Peña V. (2005). ECOFIHES. Informe Final Proyecto de Grupo No. 09.10.4366/99 Etapa 1. CDCH "UCV.
42. Montaño, N; Michinel, JL y Soriano, A. (2005) Lo significativo en la Interacción Humano-Computador: una perspectiva educativa del diseño de software. Revista de Pedagogía. Vol. XXVI, 77, 375-395.
43. Azavache V, Crespo-Armas A, D'Alessandro A, de Lew M, Hernández N, Peña V, Rivas M y Silva L. (2003b). Algunas funcionalidades de un prototipo de libro electrónico sobre Fisiología Humana. Jornadas Científicas "Francisco de Venanzi". Instituto de Medicina Experimental. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela.
44. Peña S., Vladimir A., Silva B., Luis A. (2001).Tratamiento Digital de Imágenese Interfaz (TDI). <http://www.geocities.com/tdivenezuela/tdi.htm>