

CB 35**AVANCES EN LA ELABORACIÓN DEL SOFTWARE EDUCATIVO PARA LA RESOLUCIÓN NUMÉRICA Y GRÁFICA DE INTEGRALES****María Eva Ascheri, Rubén Pizarro, Gustavo Astudillo, Pablo García & Eugenia Culla****Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de la Pampa
Uruguay N° 151 - Santa Rosa - La Pampa - 02954-425166
mavacheri@gmail.com, rubenpizarro71@gmail.com****Palabras Clave:** software educativo, integración numérica, cálculo numérico.**RESUMEN**

Teniendo como base, fundamentalmente, los resultados obtenidos en un Proyecto de Investigación anterior en el cual se ha elaborado un software educativo, se planea ampliar las opciones del mismo para lograr una integración curricular de los distintos contenidos temáticos que abarca el curso de Cálculo Numérico y para alcanzar los siguientes objetivos:

1. Generar el contexto educativo adecuado a los contenidos a desarrollar y a los objetivos propuestos en la asignatura.
2. Proporcionar una herramienta tecnológica para afianzar los conceptos teóricos y la aplicación de los métodos numéricos a través de la visualización gráfica del funcionamiento de los mismos.
3. Poner a disposición de los estudiantes una herramienta de acceso libre y disponible a través de la Web.

Este recurso pedagógico se aplicará, esencialmente, para la enseñanza y el aprendizaje del tema: *Resolución numérica y gráfica de integrales*, incluido en el curso de Cálculo Numérico que se dicta para las carreras de Profesorado en Matemática (3° Año), Licenciatura en Física (3° Año) e Ingeniería Civil (2° Año) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de La Pampa.

En este trabajo se presentan los avances producidos en el software educativo para la *resolución numérica y gráfica de integrales*.

INTRODUCCIÓN

La experiencia obtenida a partir de la estrategia metodológica empleada en un Proyecto de Investigación anterior, motiva a que se continúe con el desarrollo de software educativo que incluya otras temáticas de Cálculo Numérico para lograr una integración curricular y complementar los resultados obtenidos hasta el momento. Esta herramienta tiene como funcionalidad pretendida, guiar el aprendizaje como apoyatura a la explicación del profesor. Se aplicará, fundamentalmente, para la enseñanza y el aprendizaje del tema: *Resolución numérica y gráfica de integrales*, incluido en el curso de Cálculo Numérico que se dicta para las carreras de Profesorado en Matemática (3° Año), Licenciatura en Física (3° Año) e Ingeniería Civil (2° Año).

En este trabajo se muestran los avances producidos en la elaboración del software educativo para la *resolución numérica y gráfica de integrales*.

El grupo de investigación trabaja en este nuevo Proyecto que se enmarca en la línea de Informática Educativa teniendo en cuenta los lineamientos de las Ciencias de la Educación. De aquí que centra la atención en la influencia que tiene el uso de la tecnología computacional en procesos de enseñanza y de aprendizaje, es decir, en el valor de dicha tecnología desde lo pedagógico y lo didáctico.

Según Rivera Porto (1997), el diseño de material de este tipo es más que un “software” y debe presentar ventajas respecto a otros medios instruccionales, y esto debe quedar muy claro al autor y a los sujetos del curso que, de esta manera, estarán más motivados a estudiar bajo esta modalidad que por aquella que sólo utiliza los medios tradicionales. Por ello es que se dispone ampliar el software educativo incorporándole nuevos contenidos temáticos de la asignatura “Cálculo Numérico”, teniendo como base la experiencia recabada hasta el momento.

La variedad de carreras a la que está dirigida esta asignatura, requiere que se muestren aplicaciones específicas de los temas que se desarrollan. Cada estudiante tiene sus propias necesidades, motivaciones, deseos, aspiraciones, las cuales dependen de su estructura cognitiva y varían por medio del aprendizaje. Se logrará una mayor receptividad por parte de los estudiantes al presentarles los temas a través de situaciones que les resulten cotidianas, con la incorporación de un software educativo como una herramienta que respalde el proceso de enseñanza y de aprendizaje. No sólo se pretende que sea un apoyo didáctico para el desarrollo de los contenidos teóricos de la materia, de la guía de trabajos prácticos y de una serie de problemas y de actividades complementarias, sino que además se pretende que en el futuro les brinde a los estudiantes herramientas que les permitan palear algunas de las dificultades que se enfrentarán en la actividad como profesionales.

La realización de ejercicios y prácticas es una de las modalidades más aplicadas en Matemática, debido a la naturaleza misma de la materia. Según Galvis Panqueva (1992), esta modalidad permite reforzar las etapas de aplicación y retroinformación, utilizando la técnica de repetición. El uso de este software permitirá orientar las clases presenciales de los estudiantes de forma tal que se impartan los contenidos haciendo especial hincapié en los aspectos más conceptuales y más difíciles de entender. De esta manera, el estudiante podrá desarrollar las actividades prácticas en una forma mucho más dinámica, interactuando fácilmente y teniendo una rápida respuesta a sus inquietudes. Para que esta modalidad realmente sea efectiva, previo al uso de un software de este tipo, el estudiante ha debido adquirir los conocimientos de conceptos y destrezas que va a practicar (Ascheri y Pizarro, 2007; Chapra y Canale, 2007 a y b; Mathews y Fink, 2000).

También el rol docente se verá afectado con su implementación. Con la inclusión de herramientas informáticas en las clases, la actividad del docente cambiará del tradicional rol de informante a la del facilitador o guía (Cataldi *et al*, 1999).

Se modificará además, la planificación de las clases teóricas, prácticas y evaluaciones parciales, las que deberán incluir herramientas tecnológicas en las actividades a efectuar, tales como el uso del software a desarrollar.

En la actualidad, en el curso de Cálculo Numérico se desarrollan una amplia variedad de problemas y de actividades afines a cada una de las carreras antes citadas, con el complemento de la informática.

Entre las actividades planificadas en esta asignatura, se encuentran aquellas en donde los estudiantes deben elaborar los programas correspondientes a los diferentes métodos numéricos desarrollados en las clases teóricas, complementando, de esta forma, las actividades de cálculo manual por medio de las cuales se obtienen los resultados una vez que se aplican dichos métodos. Los programas que diseñan e implementan los estudiantes les permiten, en cada ejecución, ingresar los datos y obtener la solución de la situación problemática planteada.

Adicionalmente, hay actividades en donde los estudiantes deben utilizar el software desarrollado hasta la actualidad. La aplicación se encuentra disponible en el sitio <http://secanu.exactas.unlpam.edu.ar/> dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

De acuerdo a la experiencia recabada, se cree que aquel estudiante que esté desarrollando algunas de las actividades propuestas bajo este nuevo software educativo y pueda disponer de los contenidos conceptuales necesarios, y consecuentemente obtener una clara y rápida explicación a sus inquietudes, el tiempo de ejecución de sus labores se verá altamente disminuido. Por otro lado, la cátedra podrá abreviar el tiempo de dictado al apoyarse en esta herramienta educativa, en donde estará concentrada toda la información temática requerida. Esta disminución de los tiempos de trabajos de estudiantes y docentes redundará en la posibilidad de profundizar y extender el tratamiento de ciertos temas de difícil comprensión y/o dedicar tiempo a tareas remediales.

En síntesis, se considera que la combinación de estas dos herramientas tecnológicas ha permitido desarrollar un software educativo que se encuentra disponible para todos los usuarios de la Web. Actualmente, se planea ampliarlo teniendo en cuenta los objetivos propuestos para la enseñanza y el aprendizaje de temas de Cálculo Numérico.

PROBLEMA CIENTÍFICO. HIPÓTESIS

Muchos problemas que se presentan en la práctica carecen de solución dentro del campo analítico, es decir, de la matemática pura.

Como una rama particular de las matemáticas surge lo que actualmente se ha dado en llamar Matemática Numérica o Cálculo Numérico o Análisis Numérico, en donde se trata de establecer las conexiones con otras ramas de la matemática como el Análisis Matemático y el Álgebra.

El Análisis Numérico es una rama de las matemáticas aplicadas particularmente importante, puesto que surge debido al desarrollo de algoritmos numéricos diseñados para resolver problemas científicos y tecnológicos.

La preocupación frente a la dificultad en la comprensión de los distintos contenidos temáticos que incluye el curso de Cálculo Numérico, los escasos recursos informáticos que poseen los estudiantes que se matriculan en este curso y el creciente cúmulo de conocimientos técnicos y científicos producidos en la actualidad, ha inducido a la búsqueda de nuevos recursos metodológicos. El desafío es, entonces, enseñar los conceptos involucrados en el curso de Cálculo Numérico y preparar a los estudiantes que utilizarán las técnicas de esta rama de las matemáticas aplicadas, como una herramienta en su futuro desempeño profesional.

Nuestra hipótesis sostiene que la implementación de este software educativo elaborado con fines didácticos y pedagógicos, ayudaría al docente en su tarea de enseñar la temática: *Resolución numérica y gráfica de integrales*, y permitiría que los estudiantes adquieran habilidad y competencia en el manejo de los métodos numéricos involucrados en estos temas. Con la utilización de este software educativo como apoyo a la docencia, se logrará un beneficio notorio tanto en el desenvolvimiento de las actividades específicas de la cátedra, como en el desarrollo de las actividades curriculares de los estudiantes. El software pondrá al alcance del docente los medios que le permitirán generar prácticas educativas de calidad, no como respuesta tecnicista a los problemas que se plantean en el aula, sino como respuesta pedagógica. Además, se convertirá en una herramienta a la que se tendrá acceso por medio de la Web y que será de apoyo para aquellos estudiantes que necesiten un ámbito en el cual desarrollar ejercitación o ejemplos complementarios. Esto es, el sitio Web de la asignatura “Cálculo Numérico” dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam se convertirá en un ambiente en el cual docentes y estudiantes, además de disponer

de una fuente de recursos como, por ejemplo, algunos contenidos teóricos, guía de trabajos prácticos, cuadernillo sobre el programa matemático a utilizar, programa analítico, cronograma, entre otros, tendrán acceso al software educativo.

Se debe tener en claro que la tecnología educativa es un elemento importante para generar cambios en los procesos de enseñanza y aprendizaje, pero no constituye la solución de todos los problemas educativos. Además, la mejora de estos procesos no depende de la utilización de un software educativo, sino de su adecuada integración curricular, es decir, del entorno educativo diseñado por el profesor según sus expectativas docentes. En este sentido es importante pensar en poner la tecnología al servicio de un mejor aprendizaje. Se buscará que este software educativo sea atractivo para que el estudiante se sienta motivado a utilizarlo, y relevante porque encuentra contenidos que le interesan debido a que le son útiles. A través de la resolución de problemas y la utilización del software, se desea que el estudiante lleve a cabo un proceso investigativo que incluya la reflexión y el análisis.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar software educativo, utilizando tecnología Web (HTML y PHP), para la enseñanza y el aprendizaje del tema: *Resolución numérica y gráfica de integrales*.

Este objetivo involucra la construcción de una herramienta educativa, promoviendo el protagonismo del sujeto y facilitando el trabajo que, para estudiante y profesor, supone la tarea de formación. Si bien en esta instancia se aborda el tema antes mencionado, el desarrollo de esta estrategia metodológica de elaboración propia tiene como meta final lograr una integración curricular de todos los contenidos temáticos de Cálculo Numérico. En una etapa anterior, se ha desarrollado el software correspondiente a los temas: *Resolución numérica de ecuaciones no lineales, interpolación y aproximación polinomial y ajuste de curvas por mínimos cuadrados* (Ascheri *et al*, 2014 a).

Objetivos Específicos

Los objetivos planteados por el grupo de investigación son:

- Indagar, analizar y describir los software educativos existentes para la enseñanza y el aprendizaje de temas relacionados con la resolución numérica y gráfica de integrales.
- Diseñar y elaborar un software educativo con herramientas libres para la enseñanza y el aprendizaje de temas relacionados con la resolución numérica y gráfica de integrales.
- Incluir el software educativo en las actividades de enseñanza y aprendizaje de la asignatura Cálculo Numérico y analizar los resultados obtenidos.
- Proporcionar una nueva herramienta, disponible en línea, para la enseñanza y el aprendizaje de los temas de resolución numérica y gráfica de integrales.
- Difundir las estrategias didácticas aprendidas de manera de propiciar el uso de las TIC en la comunidad educativa.
- Explicitar los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto a través de presentaciones y publicaciones.

A partir del uso de este software se espera que el estudiante pueda:

- Afianzar los conceptos teóricos y los procedimientos utilizados relativos a estos contenidos temáticos, adquiridos en el aula.
- Adquirir habilidad y destreza en el manejo de los métodos numéricos involucrados, a través de la visualización gráfica del funcionamiento de los mismos.

- Comprobar la eficiencia de los distintos métodos numéricos en la resolución de problemas que a menudo son imposibles de resolver analíticamente.
- Tener la suficiente información para aprovechar satisfactoriamente una amplia variedad de problemas que se relacionan con la temática implicada.
- Dominar las distintas técnicas, valore su confiabilidad y esté capacitado para escoger el mejor método (o métodos) para cualquier problema que involucre estos temas, vinculados con otras disciplinas.
- Ejecutar todos los pasos del procesamiento de los métodos numéricos, no limitándose a la primera etapa de simple construcción de diagramas de flujo, pseudocódigos y programas de los algoritmos correspondientes a los ejercicios prácticos. De esta manera se enfrentará a dificultades tales como la selección de parámetros iniciales, la ejecución de las corridas y el posterior análisis de los resultados obtenidos.
- Comprender y valorar la importancia de utilizar la computadora como una herramienta para la resolución de problemas vinculados con esta temática.
- Explorar las peculiaridades de un algoritmo, probando interactivamente distintos ejemplos.
- Desarrollar habilidad y destreza en el procesamiento de información científica.

Así mismo, el uso de este software no sólo modificará el aprendizaje de los estudiantes sino que también afectará el rol docente y su desempeño en las clases.

METODOLOGÍA, MODELOS Y TÉCNICAS

Para el desarrollo del software educativo correspondiente a la *resolución numérica y gráfica de integrales*, se planea:

1. Hacer una búsqueda y análisis preliminar de elementos existentes en el campo de la Ingeniería de Software y en el de las Ciencias de la Educación.
2. Utilizar estos elementos, incorporándoles aspectos educativos relativos a las temáticas involucradas.
3. Desarrollar el software educativo diseñando las etapas necesarias para lograr el producto, para la *resolución numérica y gráfica de integrales*.
4. Experimentar y hacer un análisis y validación de este software.
5. Actualizar, según los resultados obtenidos, el sitio Web de la asignatura "Cálculo Numérico" dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

Se trabajará desde una metodología de investigación en la cual se incorporarán características de tipo cualitativa y de tipo cuantitativa.

Según Erickson (1999), la metodología cualitativa centra su atención en la enseñanza en el aula. Sus preguntas claves son:

- ¿Qué está sucediendo aquí específicamente?
- ¿Qué significan estos acontecimientos para las personas que participan de ellos?

La metodología cualitativa recibe diferentes denominaciones tales como estudio de casos, etnografía, observación participante, entre otros. Según Rinaudo *et al* (1996), se pueden indicar las siguientes características:

- La investigación cualitativa es empírica. El investigador recoge datos sensoriales sobre el fenómeno en estudio y trabaja sobre ellos de diferentes maneras.
- La investigación cualitativa estudia cualidades. Lo que más diferencia a la investigación cualitativa de otro tipo de investigación, es la creencia de que los

ambientes físicos, históricos y sociales en los que viven las personas influyen en sus pensamientos, creencias y acciones. Por lo que el rol del contexto se vuelve esencial.

- El investigador debe situarse personalmente en el ambiente natural en el que se desarrollan los hechos y estudiar su objeto de interés durante un tiempo prolongado. El investigador debe experimentar la realidad de los sujetos estudiados. Se requiere un tiempo prolongado de observación y de permanencia en el campo.
- Los métodos cualitativos no se formalizan en procedimientos generales estandarizados. Los escenarios sociales son tan complejos que es muy difícil definir las variables más importantes y cuáles son los mejores medios para medirlas.
- En los métodos cualitativos todas las perspectivas son valiosas y todos los escenarios y personas son dignos de estudio. Uno de los propósitos de la investigación cualitativa es comprender las perspectivas de las personas que participan en las situaciones o problemas estudiados.
- El investigador cualitativo suspende o aparta sus propias creencias, perspectivas y predisposiciones.

Para obtener los datos que permitirán realizar un análisis del software educativo elaborado y obtener conclusiones, se utilizarán principalmente la observación, las encuestas y los resultados obtenidos por los alumnos en las diferentes evaluaciones parciales. Estos resultados constituirán el aporte de una metodología de investigación cuantitativa.

Se desarrollará una estrategia de triangulación que permitirá la coexistencia de la investigación cuantitativa y de la cualitativa. Esta estrategia definida como la combinación de metodologías para el estudio de un mismo fenómeno, considera a los métodos cuantitativos y cualitativos como campos complementarios. Por medio de esta combinación de metodologías, se espera balancear las debilidades de cada uno de los métodos numéricos utilizados y poder fortalecer sus ventajas. También, se espera encontrar, con la misma metodología, posibles falencias o detectar contradicciones que no se puedan identificar por algunas de las herramientas (observación, encuestas, datos y demás) en forma aislada. En muchos casos, son necesarios ambos tipos de datos (cualitativos y cuantitativos), para una mutua verificación y de forma suplementaria (Vasilachis de Gialdino, 2006).

Según Alemán de Sánchez (1999), es importante que el software contemple no solamente las prácticas, sino que proporcione al estudiante ayuda en la solución de los problemas y brinde una retroinformación completa, sin limitarse a indicar que se ha cometido un error, sino brindando información acerca del tipo de error. Este y otros aspectos serán considerados e implementados en los diversos ejemplos que se desarrollaran en el software.

Un software educativo debe poner énfasis en lograr aprendizajes significativos, brindando posibilidades de vincular los nuevos conceptos con los que se tienen adquiridos y estableciendo relaciones no arbitrarias entre ellos. Debe tener en cuenta los objetivos de las unidades, además de los contenidos y sus relaciones. Debe mejorar las herramientas existentes para facilitar la comprensión de las temáticas involucradas. Debe lograr un incremento de la motivación y facilitar el desarrollo de las destrezas. También, debe brindar mecanismos de evaluación, tanto para el estudiante como para el docente.

Nuestra propuesta sugiere la utilización del modelo de aprendizaje significativo y de mapas conceptuales (Ausubel *et al*, 1997 y Ontoria *et al*, 1997).

Para la elaboración del software educativo se utilizarán distintas técnicas, tales como el uso de gráficas por computadoras y animación interactiva para ilustrar y presentar procesos y algoritmos (Alemán de Sánchez, 1999; Cataldi, 2000; Cuevas Vallejos, 2000; Di Battista *et al*, 1999; Galvis Panqueva, 1992; Marquès, 1996; Nakamura, 1997; Price *et al*, 1998; Rivera Porto, 1997, entre otros).

La visualización de la conducta dinámica de los algoritmos presenta importantes beneficios educativos:

- Logran un incremento de la motivación.
- Facilitan el desarrollo de destrezas.
- Asisten en el desarrollo de habilidades analíticas.
- Ofrecen un buen soporte al docente.
- Permiten la exploración de las peculiaridades de un algoritmo, jugando interactivamente.

Etapa inicial y estado actual

En una etapa inicial, se realizaron las tareas enunciadas en los puntos 1 y 2 señalados anteriormente (Ascheri *et al*, 2014 b). Actualmente, se está trabajando en el punto 3, esto es, se ha comenzado con el diseño del software educativo para la *resolución numérica y gráfica de integrales*.

Para esta situación, el método a aplicar dependerá fundamentalmente de los siguientes interrogantes que el usuario debe hacerse:

- ¿Se conoce la expresión analítica de la función?
- ¿Las abscisas son equidistantes?
- ¿Qué datos se deben ingresar?

Por ello, resulta evidente que el usuario debe tener los conocimientos básicos relativos a esta temática. No obstante ello, el software educativo contendrá los contenidos elementales relativos a esta temática (ayuda).

Se está trabajando en la implementación de los métodos del trapecio y de Simpson, los cuales serán puestos a prueba durante el segundo cuatrimestre del presente ciclo lectivo que se cursa Cálculo Numérico. La captura de dos pantallas del software educativo en su estado actual se muestra en las Figuras 1 y 2.

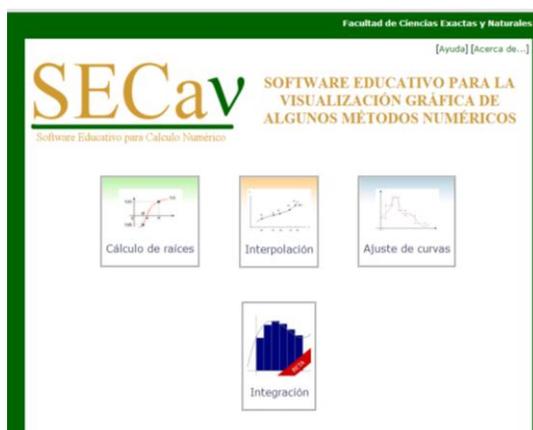


Figura 1: Software educativo para la visualización gráfica de algunos métodos numéricos.



Figura 2: Software educativo para la integración numérica.

CONSIDERACIONES FINALES

Se presentarán, bajo un claro enfoque explicativo, actividades propuestas en el ámbito de las ciencias experimentales para los estudiantes de Cálculo Numérico de las carreras de Profesorado en Matemática, Licenciatura en Física e Ingeniería Civil, induciendo al uso de este software como una herramienta para que facilite su comprensión y resolución.

Se abordarán en forma integrada y didáctica cuestiones de Álgebra, Análisis, Física, Ingeniería, modelizando aplicaciones científicas y tecnológicas presentadas con una amplia y variada cantidad de situaciones problemáticas. Las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías adaptadas a las necesidades educativas, permitirán disponer de un material didáctico elaborado específicamente para su empleo.

Con este Proyecto se espera, desde el punto de vista de la transferencia tecnológica:

- Brindar una metodología adecuada para la generación de herramientas educativas.
- Proporcionar un nuevo software educativo para la cátedra de Cálculo Numérico, para otras cátedras afines y para otros niveles educativos.

Y desde el punto de vista de formación de recursos humanos:

- Motivar a los integrantes a participar de jornadas y eventos científicos.
- Contribuir al desarrollo de capacidades y habilidades intelectuales en jóvenes estudiantes que participen o se relacionen con el Proyecto.
- Interesar a otros docentes y estudiantes en participar en actividades de investigación.
- Formar un grupo de trabajo que continúe con esta línea de investigación.

REFERENCIAS

- Ausubel, D., Novak J. & Hanesian H. (1997). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitiva*. México: Trillas.
- Alemán De Sánchez, A. (1999). La enseñanza de la matemática asistida por computadora. En <http://www.utp.ac.pa/articulos/enseñarmatematica.html>. Accedido el 08 de Agosto de 2013.
- Ascheri, M. E. & Pizarro, R. (2007). *Libro de Texto para Estudiantes Universitarios: CÁLCULO NUMÉRICO*. Santa Rosa: EdUNLPam.
- Ascheri, M. E., Pizarro, R. A., Astudillo, G., García, P. & Culla, M. E. (2014a). Software educativo en línea para la enseñanza y el aprendizaje de temas de Cálculo Numérico. *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, Vol 14, No 2. En <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/revistamatematica/>.
- Ascheri, M. E., Pizarro, R. A., Astudillo, G. & García, P., (2014b). *Análisis Preliminar de Software Disponible para la Enseñanza de Temas de Cálculo Numérico: Integración Numérica*. Memorias del XVIII EMCI NACIONAL y X EMCI INTERNACIONAL (Educación Matemática en Carreras de Ingeniería), pp. 1-8. Facultad de Ingeniería, UNMDP.
- Cataldi, Z., Lage, F., Pessacq, R. & García Martínez, R. (1999). Revisión de Marcos Teóricos Educativos para el Diseño y Uso de Programas Didácticos. En www.itba.edu.ar/capis/webcapis/RGMITBA/comunicacionesrgm/c-icie99-revisionde%20marcosteoriciseducativos.pdf. Accedido el 02 de Marzo de 2013.
- Cataldi, Z. (2000). Una Metodología para el Diseño, Desarrollo y Evaluación de Software Educativo. En <http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/cataldi-tesisdemagistereninformatica.pdf>. Accedido el 10 de Julio de 2013.
- Chapra, S. & Canale, R. (2007a). *Applied Numerical Methods with MATLAB*. Mc Graw Hill/Interamericana de España, S. A. U.
- Chapra, S. & Canale, R. (2007b). *Métodos Numéricos para Ingenieros*. Mc Graw Hill/Interamericana de España, S. A. U.
- Cuevas Vallejos, C. (2000). ¿Qué es Software Educativo o Software para la Enseñanza? En <http://www.matedu.cinvestav.mx/~ccuevas/SoftwareEducativo.htm>. Accedido el 18 de Julio de 2013.

- Di Battista, P., Eades, G., Tamassia, R. & Tollis, I. (1999). *Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs*. Prentice Hall.
- Erickson, F. (1999). *Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza*. Paidós.
- Galvis Panqueva, A. (1992). *Ingeniería de software educativo*. Ediciones Unidades.
- Mathews, J. & Fink, K. 2000. *Métodos Numéricos con MATLAB*. Prentice.
- Marquès, P. (1996). El software educativo. En http://www.lmi.ub.es/te/any96/marques_software. Accedido el 29 de abril de 2013.
- Nakamura, S. (1997). *Análisis Numérico y Visualización Gráfica con MATLAB*. Pearson Educación.
- Ontoria, A., Ballesteros, A., Cuevas, C., Giraldo, L., Martín, I., Molina A., Rodríguez A. & Vellez, U. (1997). *Mapas Conceptuales: Una Técnica para Aprender*. Narcea. 7º Ed.
- Price, B., Beacker, R. & Small, I. (1998). *An Introduction to Software Visualization, Software Visualization*. MIT Press.
- Rinaudo, M. C., Lafourcade, P. & Prieto Castillo, D. (1996). *Investigación educativa en la Universidad*. En Especialización en Docencia Universitaria; Módulo 4: La Pedagogía Universitaria, EDIUC. Argentina.
- Rivera Porto, E. (1997). Aprendizaje asistido por computadora, diseño y realización. <http://www.face.uc.edu.ve/~hrosario/CEM/AAC/index.html>. Accedido el 15 de Enero de 2013.
- Vasilachis De Gialdino, I. (2006). *Estrategias de Investigación Cualitativa*. Gedisa, S. A.