

UN SOFTWARE EDUCATIVO COMO HERRAMIENTA
DE ENSEÑANZA DE LA FOTOSINTESIS

Marcela Daniele - Daniela B. Solivellas - Gladys Mori - Daniel Romero - Mauricio Pautasso
Sandra E. Angeli - Cecilia Greco - Edgardo Jofre - Sonia Fischer

Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad Cs. Exactas, Fco-Qcas y Naturales
Tel/Fax: (0358) 4676235
marcela@dc.exa.unrc.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta para el desarrollo de un Software Educativo que pueda ser usado como herramienta adicional para facilitar la enseñanza y comprensión de temas básicos relevantes de las ciencias biológicas, que por su alto nivel de abstracción resultan de difícil comprensión para el alumnado. Este software abordará el tema de manera amena, a través de distintas actividades que incluyan simulaciones, animaciones, preguntas y ejercicios. En esta primera propuesta, se trabajará en particular en el tema *Transferencia de energía en los seres vivos*, también conocido como *Fotosíntesis*, abordado en los primeros años de las carreras universitarias que incluyen la enseñanza de las ciencias biológicas. La utilización de elementos tecnológicos hará posible que nuevas estrategias didácticas enriquezcan los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Para el desarrollo de este proyecto, conformamos un equipo interdisciplinario que involucra a especialistas del área de las ciencias biológicas; desarrolladores de software; del área de la informática educativa; del área de la pedagogía y del área de diseño gráfico.

El presente trabajo se enmarca en un Proyecto (Mori, G y otros, 2004), presentado y aprobado en la Convocatoria TIC's, Tecnología de la Información y las Comunicaciones (Programa Convenio con el Ministerio de Educación, a través de la Secretaría de Ciencia y técnica de la Nación)

Palabras Claves: Software Educativo, Cs. Biológicas, Fotosíntesis, Enseñanza, Aprendizaje, Trabajo Interdisciplinario

Introducción

Este trabajo presenta un proyecto que parte del desafío de pensar nuevas formas de acceso al conocimiento, a la vez que intenta consolidar el uso de la informática en propuestas que planteen distintas concepciones sobre la enseñanza y sobre el rol del docente y el alumno en el contexto áulico.

En particular nuestra propuesta se aboca a área de las Ciencias Biológicas, que han progresado rápidamente, y este enorme crecimiento, junto con los cambios producidos, constituyen un reto para los docentes, que deben promover la apropiación de los conocimientos esenciales, y a su vez incluir los nuevos descubrimientos, sin llegar a transformar una asignatura en un agobio. Se hace necesario entonces reconsiderar lo que es esencial y el buscar el modo adecuado de presentarlo para su facilitar su comprensión, enriqueciendo el pensamiento del estudiante y cultivando en él habilidades y aptitudes para descubrir y aplicar los conocimientos biológicos en distintas situaciones. Perkins (1995) habla de la búsqueda de un *aprendizaje reflexivo*, en donde predomine el pensamiento y no sólo la memoria. *El aprendizaje es una consecuencia del pensamiento*. Sólo es posible retener, comprender y usar activamente el conocimiento mediante experiencias de aprendizaje en las que los alumnos reflexionan sobre lo que están aprendiendo y con lo que están aprendiendo (Perkins, 1995).

Teniendo en cuenta el avance de la tecnología y su inserción en los procesos de enseñanza y de aprendizaje es posible pensar en nuevas estrategias didácticas que enriquezcan dichos procesos.

Es así como surge la idea de desarrollar un **Software Educativo** que pueda constituirse en una herramienta auxiliar, tanto para el alumno como para el docente, y que permita abordar temas que son clásicamente difíciles para los alumnos. De esta manera, se espera que el alumno asuma un rol activo en el proceso de aprendizaje a partir de una exploración del tema mediada por el software, que proporcionará información, animaciones del proceso de fotosíntesis, planteará interrogantes y actividades permitiéndole al estudiante aproximarse al conocimiento de una manera más significativa.

Sustentan nuestra propuesta algunos resultados del estudio realizado por Kulik y Cohen (citados en Sanchez Ilabaca, J.,1992) en torno al empleo de programas educativos en el ámbito universitario, a partir de lo cual podemos decir que el uso de software educativo favorece el desarrollo de actitudes positivas de los alumnos tanto hacia el área de conocimiento específica como hacia el uso de las computadoras.

A continuación se presenta una descripción de la propuesta, los objetivos alcanzar, el marco teórico desde el cual se plantea la misma, la metodología de trabajo asumida, algunos avances realizados y conclusiones parciales.

Nuestra Propuesta

Tal como se mencionara anteriormente nuestra propuesta pretende desarrollar un software educativo para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de las Ciencias Biológicas, particularmente en el tema “Transferencia de energía en los seres vivos”.

Como una primera experiencia en el desarrollo del software educativo, se seleccionó este tema, fundamentando tal elección en que:

- ◆ Estos contenidos se estudian tanto en la escuela media como en diversas asignaturas (Biología General, Química Biológica, Fisiología Vegetal, Física) de carreras tales

como: Licenciatura en Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas, Técnico de Laboratorio, Microbiología, Agronomía, Veterinaria.

- ◆ Por lo general es un tema de difícil comprensión por su alto nivel de abstracción.

El tema elegido incluye los siguientes tópicos: concepto de energía, requisitos de energía por parte de los seres vivos, captación, transferencia, almacenamiento y uso de la energía, el sol como fuente primordial de energía, captación de la energía lumínica en el proceso de Fotosíntesis y conversión en energía química, respiración celular: conversión de la energía en formas más utilizables y flujo de energía en el ecosistema.

Así mismo con esta propuesta nos hemos planteado los siguientes objetivos:

- ◆ Favorecer la interacción entre docentes de diferentes áreas de conocimiento, en particular, de la Informática, de las Ciencias Biológicas y del área Pedagógico-Didáctica.
- ◆ Analizar las herramientas y estrategias tradicionalmente utilizadas para la enseñanza y el aprendizaje de la temática propuesta.
- ◆ Desarrollar y evaluar la incorporación de estrategias alternativas para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Biológicas en la educación media y superior.
- ◆ Promover el uso de herramientas informáticas para la enseñanza de las Ciencias Biológicas en nuestra Universidad.
- ◆ Propiciar situaciones de aprendizaje significativo en torno a temas de difícil comprensión en las Ciencias Biológicas.
- ◆ Analizar el impacto del uso de la metodología de desarrollo de software Proceso Unificado y el lenguaje de modelado UML, en el desarrollo de software educativo.
- ◆ Investigar y seleccionar herramientas de software de libre distribución apropiadas para desarrollar un software educativo.
- ◆ Favorecer la formación de recursos humanos en el área de Informática Educativa.

Marco Teórico

Muchas veces podemos observar que en el ámbito de las universidades la docencia es asumida desde una perspectiva de enseñanza *tradicional*, preocupándose principalmente en el desarrollo de los contenidos del programa a partir de clases expositivas, utilizando un lenguaje apropiado para lograr el entendimiento del tema por parte de los alumnos, entendiendo que el rol del docente implica *dar clase*, en definitiva, una *transmisión* de los conocimientos a un alumno que asume generalmente frente a esto un rol pasivo.

En el contexto de esta propuesta, comprendemos que el aprendizaje es un proceso que se construye en forma activa, donde están implicados recíprocamente un sujeto que conoce, un contenido a aprender y la intervención o andamiaje de agentes mediadores. Estos agentes son personas en el caso de docentes y compañeros de aula, las tecnologías de representación y comunicación como la computadora y sus distintas aplicaciones de software y hardware, entre otros. Pensando al aula como un espacio social es relevante señalar algunos aspectos relacionados con la comunicación educativa. En este sentido las nuevas corrientes pedagógicas proponen reemplazar la comunicación vertical emisor-docente/receptor-alumno, por alternativas en las cuales la información circule de receptores a emisores y viceversa y entre receptores. Esto mejoraría el

proceso de comunicación educativa permitiendo una mayor participación y retroalimentación por parte del alumno (Creel,1991).

La cuestión de los contenidos es compleja: por un lado, debe tenerse en cuenta el problema epistemológico y el proceso histórico del logro del conocimiento; por el otro, se debe meditar sobre la construcción individual que cada alumno va a realizar de ese conocimiento, cómo se acercará y elaborará, codificará e interpretará la información, y finalmente debe pensarse cómo concretar la organización de los contenidos. Por lo tanto, al abordaje del contenido de una disciplina debe realizarse sobre la estructura epistemológica de la misma, la estructura cognitiva del alumno y el contexto socio-histórico-cultural.

Es por eso que la guía docente debe ser tal que permita al estudiante construir los conocimientos en forma de red, relacionándolos sin dejar conceptos aislados, creando cada alumno su propia imagen integradora. Y aquí tocamos un tema de importancia en el estudio de la Biología: es imprescindible la formación de imágenes mentales, fundamentalmente en temas abstractos como los del mundo microscópico. La experiencia ha demostrado que cuando el alumno "no ve" ciertos conceptos, no logra interiorizarlos, y es por ello necesario "hacerlos concretos" de alguna manera.

Otra forma de facilitar la comprensión de algunos temas consiste en invitar a los alumnos a investigar los pasos dados por los científicos para resolver problemas de la Biología. Al seguir la "pista " desde los primeros estudios realizados, los alumnos van construyendo su conocimiento tal como lo hicieron los científicos. Conocen así cómo se elaboraron las explicaciones de los fenómenos observados en los distintos momentos. Hemos comprobado que la mayoría de los alumnos retiene así mejor el conocimiento que cuando sólo toma contacto con el estado actual del mismo, sin la reconstrucción histórica. De este modo conocen los problemas y los escollos encontrados en el camino de la investigación, los errores y accidentes y pueden comprender por qué en determinado momento predominaba un paradigma que hoy es "inconcebible" (Mori y Grosso, 1998).

Frente a esto debemos reflexionar sobre las implicancias de la incorporación de la tecnología informática en el ámbito educativo. En función de esto y coincidiendo con Sánchez Ilabaca (1992), creemos que "la educación en general necesita de un cambio. Un cambio educativo, reciclaje, renovación, repensamiento, rejuvenecimiento, reencantamiento o bien, metamorfosis. La educación de fines del siglo XX es una educación que carece de respuestas coherentes y constructivas a la demanda por poner al día los conocimientos, por adaptación, aceptación y participación activa al continuo cambio".

En este sentido, el presente proyecto intenta desarrollar un software educativo que permita poner en práctica nuevas estrategias de enseñanza y por esto se enmarca en el ámbito de la Informática Educativa, entendiendo a esta última como "una disciplina que se encarga de estudiar las posibles maneras de aplicar, desarrollar y evaluar recursos informáticos en la práctica educativa, incluyendo conceptos teóricos y prácticos referidos a las Cs. de la Educación y a la Informática, definiendo así una zona de interrelación entre ambas" (Angeli, S. y otros, 2003). Cabe aclarar que consideramos Software Educativo a todo programa para computadora que se desarrolla con la finalidad específica de ser utilizado como recurso didáctico en procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Si nos remitimos a la historia, los primeros intentos de desarrollo de software educativo se sitúan al final de la década del 60 con la aparición de los sistemas de instrucción programada, pero el verdadero auge se dio en la década del 80. En primera instancia con la producción de lenguajes para el aprendizaje, luego con el desarrollo de herramientas de autor para la producción de software educativo y ya más específicamente con la elaboración de programas tutoriales, de ejercitación y práctica, de cálculo, y de simulación.

Desde sus inicios y a través de los años se han ido incrementando las entidades encargadas del desarrollo de software educativo. En algunos casos, han sido editoriales de libros reconocidos las que han producido software de este tipo y en este último tiempo han ido surgiendo editoriales especializadas en el desarrollo de este tipo de productos. En la actualidad es posible encontrar en la Web, gran variedad de software educativo desarrollados por aficionados con algunos conocimientos en el área, siendo esta una producción menos profesional.

A su vez, es de destacar que siempre han existido instituciones financiadas por el sector público que se abocan a esta tarea, produciendo materiales más innovadores que podrían conseguirse a bajo costo pero que como carecen de publicidad, su distribución se reduce a pequeños grupos.

Actualmente existe en el mercado gran variedad de software educativo, por lo general de buena calidad técnica, pero que no explotan al máximo las capacidades de la computadora. Además, estos productos tienen muchas deficiencias en lo pedagógico puesto que son muy pocos los software educativos cuyo uso propicia el desarrollo de destrezas de orden superior para la elaboración, la comprobación de hipótesis y la resolución de problemas, entre otras.

En cuanto al proceso de desarrollo de software educativo en si mismo, muchos coinciden en que hasta este último tiempo se ha realizado de manera desorganizada y poco documentada, por lo que la bibliografía en relación a la temática no es mucha y por lo general se reduce al relato de experiencias aisladas. En este sentido y “desde una perspectiva disciplinar, se asume el estado del arte del área de desarrollo de software educativo como un campo en constitución” (Paoloni, P. y Solivellas, D. 2003).

Coincidiendo con Cataldi (2000), si consideramos el aumento exponencial que sufrirá el desarrollo de software educativo en los próximos años “surge la necesidad de lograr una metodología disciplinada para su desarrollo, mediante los métodos, procedimientos y herramientas, que provee la ingeniería de software para construir programas educativos de calidad.”

Metodología de Trabajo

Para el desarrollo de este proyecto, conformamos un equipo interdisciplinario, que involucra a especialistas: del área propia de conocimientos, en este caso provenientes de las ciencias biológicas; del área de informática específicamente dedicados al desarrollo de software; del área de la informática educativa; del área de la pedagogía y especialistas en el área de diseño gráfico. Se intenta de esta manera abarcar los aspectos pedagógicos, comunicacionales y tecnológicos implicados en todo proceso de desarrollo de aplicaciones educativas.

En cuanto a la metodología de desarrollo elegida para la elaboración del software educativo, en el marco de este proyecto se ha optado por el *Proceso Unificado* (Rational Unified Process, 2003), (Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson. 1999) que es el que nos permite definir los pasos a seguir para el desarrollo de un producto de software. Además, dado que es muy importante documentar todas las decisiones tomadas en cada una de las etapas del desarrollo del proyecto, se utiliza el lenguaje de modelado unificado, denominado UML (Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson. 1999), que permite lograr un entendimiento más preciso entre todos los integrantes del proyecto, acompañado de descripciones en lenguaje natural cuando fuere necesario.

El proceso de desarrollo elegido es iterativo e incremental, es decir sugiere dividir el trabajo completo en miniproyectos más pequeños. Para cada miniproyecto se realizan todas las iteraciones necesarias, pasando en cada una por los flujos de trabajo enunciados, y cuando está resuelto se

incrementa a los miniproyectos resueltos anteriormente, y de esta manera se procede al resultado final.

Avances en Desarrollo del Software Educativo

De acuerdo a los flujos de trabajo o pasos sugeridos por la metodología elegida, detallamos las actividades realizadas:

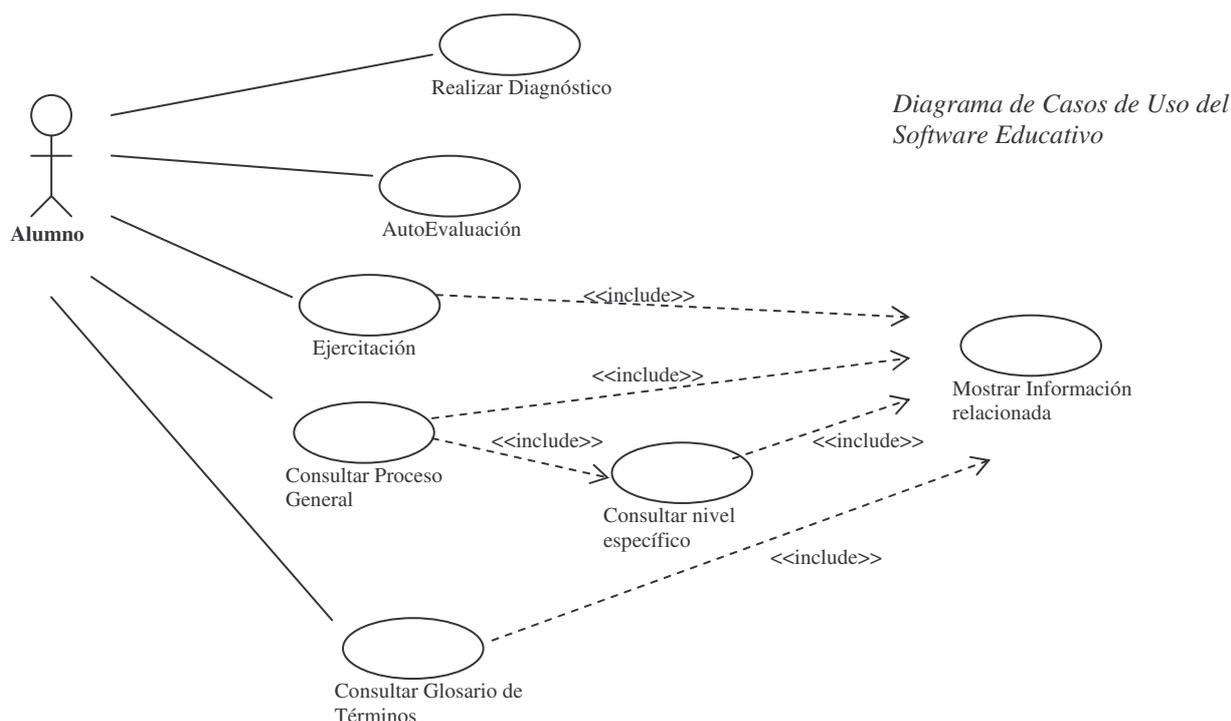
La Captura de Requerimientos es la primera etapa en el desarrollo de cualquier producto de software, donde se define y estudia el “QUE” del problema a resolver. En nuestro caso, el grupo de proyecto se reúne semanalmente y trabaja en conjunto la definición del problema. En primer lugar, los expertos en contenido comunican al resto del equipo, la metodología actualmente utilizada para abordar el tema *Fotosíntesis*. Además, se investigan y analizan las asignaturas de distintas carreras de nuestra Universidad en la que se dicta este tema.

Luego de que el tema es comprendido por todos, se procede a definir y estudiar las funcionalidades que debe contener el software educativo para satisfacer los requerimientos de los usuarios.

La definición de funcionalidades consiste en definir los Casos de Uso del sistema y los actores que interactuarán con él. Luego se dividen estas funcionalidades en pequeños grupos y se procede a los siguientes flujos de trabajo.

El Objetivo principal de ésta primera etapa es describir lo que el software hará y permitir a los desarrolladores y usuarios estar de acuerdo con dicha descripción. Se deben documentar los requerimientos de manera que todo el grupo de proyecto los entienda.

A continuación se muestra un diagrama general de casos de uso, en términos de UML, que incluye los principales casos de uso que el alumno podrá acceder en el software educativo en desarrollo y se describe brevemente cada caso de uso.



- ◆ Realizar Diagnóstico: permite al alumno explorar sus conocimientos previos.
- ◆ Consultar Proceso General: permite abordar de manera general el proceso de Fotosíntesis, combinando el uso de hipertexto y multimedia e incluyendo simulaciones del proceso con las que el alumno puede interactuar en distintos momentos. Este caso de uso incluye al caso de uso Consultar Nivel Específico que consiste en permitir al alumno navegar por las diferentes partes del proceso general llegando hasta la información más básica del proceso de Fotosíntesis.
- ◆ Ejercitación: ofrece situaciones donde el alumno puede reflexionar y aplicar lo aprendido en relación al tema.
- ◆ Autoevaluación: plantea situaciones que le permiten al alumno autoevaluarse y determinar su estado de avance en el proceso de aprendizaje.
- ◆ Consultar Glosario de Términos: facilita el acceso a la definición de los términos básicos y relevantes para la comprensión del tema. Desde cualquier caso de uso que el alumno acceda podrá ver los términos definidos en el glosario. Con el fin de no entorpecer la visualización del diagrama de casos de uso presentado, no se muestran dichas relaciones.
- ◆ Mostrar Información o Temas relacionados: permite acceder a temas vinculados al contenido que se está abordando en cada momento del proceso.

En particular, actualmente nos encontramos abocados al caso de uso Consultar Proceso General y para ello se identificaron y describieron los dos procesos generales que componen la Fotosíntesis, se modelaron con diagramas de actividad de UML, y a partir de ellos se consiguió una descripción detallada de cada proceso, explotando cada actividad al máximo detalle. Luego se definieron los principales elementos que intervienen en la fotosíntesis tanto a nivel general, como el sol (luz), la planta (tallos, raíz, hojas), el agua, el suelo (tierra), el oxígeno, como a nivel específico como fotón, clorofila, transportadores de electrones reducidos, electrón, ADP, protón, NADP, Niveles de Energía, etc.

Siguiendo con la metodología propuesta, una vez definido los requerimientos, la tarea consiste en refinar y estructurar los casos de uso de manera que faciliten el mantenimiento y ayuden a estructurar todo el sistema, utilizando el lenguaje del desarrollador. Se construye y documenta el Análisis y Diseño del sistema, dejando todo preparado para ser entregado al programador del software.

Se prevé que un grupo de personas designadas, algunas del equipo de trabajo y otras externas al proyecto, realicen pruebas al sistema asegurando que está correctamente diseñado e implementado. Para ello se definirá el plan de prueba con estrategias, recursos y planificación de la prueba, el tipo de pruebas y sus objetivos, el nivel de cobertura y el porcentaje que debería obtenerse con un resultado específico. Se definirán los casos de prueba, que especifican qué probar en el sistema y los procedimientos de prueba, que especifican cómo realizar los casos de prueba. También se realizará la evaluación de los resultados de los esfuerzos de prueba.

El área de programación del proyecto se encarga de analizar y determinar los requerimientos no funcionales, tales como el lenguaje de programación, administrador de base de datos, Sistema Operativo, componentes reutilizables, distribución y concurrencia, tecnologías de interface-usuario. En relación con esto, busca utilizar en este proyecto todas herramientas de libre distribución.

Para el desarrollo se utilizará el lenguaje de programación java en su versión 1.4, y cómo librería para la representación de escenas Aviatrix3D Toolkit en su versión 3 (no se descarta que con el avance del proyecto se utilicen otras herramientas).

Conclusiones y Trabajo Futuro

Partimos de la hipótesis de que el uso de un software educativo en la enseñanza de un tema específico de las Ciencias Biológicas, como la *transferencia de energía en los seres vivos* o *Fotosíntesis*, ofrece la posibilidad de mostrar fenómenos que no son normalmente observables aún utilizando modelos in vivo, brindando el entorno adecuado donde el alumno interactúe con el contenido en forma activa, construyendo así su propio conocimiento.

Creemos entonces que el software que se desarrolla puede impactar positivamente las prácticas educativas universitarias en el sentido expresado por Squires y McDougall (1997) quien sostiene que “se ha descubierto que, como consecuencia de muchas actividades emprendidas cuando se utiliza software educativo, los estudiantes pueden responsabilizarse más de su propio aprendizaje que en otros casos”. A su vez, se ha observado que la utilización de estos recursos tiene implicancias en el clima de la clase y “ayuda a crear ambientes enriquecidos de aprendizaje y favorece el aprendizaje significativo”. (Ruiz y Vallejo, 2004). Self (citado en Squires, D.; A. McDougall.1997) hace aportes en relación a las funciones que puede cumplir un software educativo en una situación de enseñanza y de aprendizaje, al expresar que promueven la motivación, aportan estímulos nuevos, activan la respuesta del alumno, proporcionan información, estimulan la práctica, establecen la sucesión de aprendizajes y proporcionan recursos.

Se prevé la finalización de una primera versión de nuestro producto, hacia fines del corriente año, y consideramos que este software resultará de particular interés para docentes que abordan el tema “Fotosíntesis” en su asignatura en el nivel superior.

La perspectiva futura de nuestro proyecto, es continuar con el desarrollo de software educativo, extendiendo el software educativo que actualmente está en desarrollo, con el objeto de cubrir otros temas básicos de difícil comprensión por el alumnado en el ámbito de las Ciencias.

Bibliografía

- Angeli, S.; D. Solivellas; E. Cerdá; A. Moyetta; G. Schwartz; J. Guazzone; A. Ferreira. (2003) Proyecto de Investigación: Modelos de aplicación de la Informática en los centros educativos. UNRC
- Cataldi, Z. (2000). Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. tesis de Magíster en Informática. Facultad de Informática. UNLP.
- Coll, C. (1990). Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento. Buenos Aires. Paidós.
- Creel, C. (1991). El salón de clases desde el punto de vista de la comunicación. Revista Perfiles Educativos . pp 36-46. CISE-UNAM. México
- Galoso, M; N. Vallejo. (2004) TIC en el aula: software educativos. N3M Formación y Multimedia. Sevilla. España
- Gibaja, R. (1982). Aprendizaje e instrucción. Desarrollos actuales de la psicología educacional. Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto, 2 (2): 165-196.

- Giroux, H. En: Castellis, M., Flecha, R., Freire, P, Giroux, H, Macedo, D., Willis, P. (1994). "Nuevas perspectivas críticas en Educación". Paidós, Ecuador.
- Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson. (1999). "The Unified Modeling Language". Addison Wesley.
- Ivar Jacobson, Grady Booch, James Rumbaugh. (1999). "The Unified Software Development Process". Addison Wesley.
- Mori G., C. Greco, D. Solivellas, M. Daniele, S. Angeli, D. Romero, S. Fischer, E. Jofre, A. Alija, N. Nusbaum. (2004). Desarrollo de un Software Educativo para Facilitar la Comprensión de Temas Básicos Relevantes de las Ciencias Biológicas. Proyecto Aprobado por Secretaría de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional de Río Cuarto. N° Res. 396/04 (15/06/2004)
- Mori, G. y Grosso, M. (1998). "El alumno y el docente universitarios del fin del milenio". Trabajo final de la Especialización en Docencia Universitaria.
- Paoloni, P.; D. Solivellas. (2003) Taller de construcción de software educativo: una propuesta de Innovación. Serie Cuadernos Virtuales. CD Número 1. Reflexiones y propuestas sobre la educación superior actual. Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Perkins, D. (1995). "La escuela inteligente". Barcelona. Gedisa.
- Purves, W., Sadava, D., Orians, G., Heller, C. (2001). Vida, La ciencia de la Biología. Sexta edición. Editorial Médica panamericana.
- Rational Unified Process (2003) <http://www.rational.com/rup/>
- Sanchez Ilabaca, J. (1992). Informática educativa. Editorial Universitaria. Chile.
- Solomon, E., Berg, L., Martin, D., Villee, C. (1998). "Biología de Ville". Cuarta edición. McGraw-Hill Interamericana.
- Squires, D.; A. McDougall. (1997) Cómo elegir y utilizar software educativo. Ediciones Morata. España.