

Desarrollo de comunidades de aprendizaje con alumnas de física del Colegio Francés del Pedregal

Jorge Barojas Weber.
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM.

Fco. Javier Sierra Vázquez.
Sistemas de Diseño Lógico, S.A. de C.V.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo conceptual y su aplicación a través de Internet, tomando como elemento estratégico la resolución de problemas de Física. Para definir tal modelo hemos partido de cuatro principios básicos para la enseñanza de la ciencia y de la necesidad de establecer actividades de aprendizaje que fomenten el trabajo colaborativo. Además, hemos utilizado la Telemática como elemento clave para la formación de una comunidad de estudiantes que junto con el profesor comparten los roles de enseñar, aprender y organizar; todo lo cual constituye el núcleo funcional de dicha comunidad de aprendizaje

En este trabajo se consideran las categorías de análisis requeridas para interpretar aspectos significativos de los discursos que se dan en las discusiones tendientes a resolver problemas, tanto mediante la interacción presencial, como a través de medios telemáticos. Para ello nos centramos en el concepto de energía y los problemas asociados a ella que se tratan durante un curso del 6º año del bachillerato y que corresponden a las ramas clásicas de la física (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo y Óptica).

DIFICULTADES PARA APRENDER FÍSICA Y RESOLVER PROBLEMAS

Muchos estudiantes consideran la física como una materia difícil y la mayoría de los cursos consisten en aplicaciones del álgebra en donde las leyes de la física son como axiomas a partir de los cuales se deducen sus consecuencias mediante la resolución de ejercicios numéricos. Además, el laboratorio es el escenario donde se comprueban ecuaciones más que plantear hipótesis y realizar investigaciones acerca del comportamiento de fenómenos. Por otra parte, la solución de problemas, rara vez son oportunidades para desarrollar y aplicar conocimientos y poner a prueba la inventiva y la capacidad de colaboración de los alumnos, pues se reducen a ejercicios rutinarios con propósitos de ilustración y evaluación. Dos buenos ejemplos de trabajos que describen la situación de la enseñanza de la física en nuestro país son la tesis de maestría de Jiménez (1998) y la tesis doctoral de Segarra (2000).

En el contexto internacional, trabajos como los de Maloney y Siegler (1993) y Maloney (1994) tratan de diversas estrategias de resolución de problemas en la enseñanza de la física y de los avances que se han dado en este campo de investigación. A continuación mencionamos otras aportaciones que presentan enfoques más creativos y eficientes acerca de la cuestión de solución de problemas.

Para Frye (1996) la resolución de problemas se lleva a cabo mediante una espiral convergente en la que primero se mira cuidadosamente el problema y se redefine para evitar desviaciones, luego se identifican sus límites y se especifica la solución deseada, después se realiza una lluvia de ideas y analizan alternativas para seleccionar a la mejor solución potencial y, finalmente se desarrolla la alternativa seleccionada y se analiza si alcanzó o no la solución.

En el modelo de Koschmann (1996), denominado Computer Supported Collaborative Learning (CSCL), el autor menciona los seis principios básicos del aprendizaje colaborativo basado en la resolución de problemas y que se refieren a lo siguiente:

- a) *Multiplicidad*: realización de representaciones múltiples que permiten una variedad de perspectivas para analizar, identificar y resolver un problema.
- b) *Activación*: se da al colocar al estudiante en el centro de control del aprendizaje y promover su participación.
- c) *Acomodación y adaptación*: permite descubrir concepciones equivocadas, hace consciente al alumno del conocimiento inadecuado o del razonamiento inapropiado, le permite reorientar su aprendizaje y le facilita la adaptación.
- d) *Autenticidad*: ayuda a que los alumnos atiendan problemas complejos –típicos en la práctica profesional– con contextos reales, en los cuales falta estructura, hay datos incompletos o erróneos y con representaciones poco usuales.
- e) *Articulación*: involucra el acto de relacionar el conocimiento nuevo con el previo.
- f) *Eternidad*: compromete al estudiante con el aprendizaje durante toda la vida, puesto que el conocimiento cambia constantemente.

Por su parte, Teasley y Roschelle (1993) definen la colaboración como un proceso en el que los individuos negocian y comparten significados relevantes en tareas de resolución de problemas. Es una actividad coordinada y sincrónica que resulta de construir y mantener una concepción compartida del problema que se pretende resolver; se distingue de la cooperación, la cual se reduce a la simple división del trabajo por hacer entre varios participantes. Para estos autores, la colaboración se da en un *espacio colectivo del problema*, en tanto estructura compartida que soporta las actividades necesarias para su resolución y permite la integración de metas, descripciones del problema y conscientización acerca de posibles acciones para resolverlo, así como las asociaciones entre estos tres elementos.

Con un enfoque un tanto más amplio, el aprendizaje basado en proyectos de Thomas (2000), es una extensión del aprendizaje basado en problemas, puesto que los proyectos son actividades complejas derivadas del planteamiento de cuestiones desafiantes que involucran a los estudiantes en el diseño, la búsqueda de metodologías de solución, la toma de decisiones, el desarrollo de actividades de investigación durante un periodo largo de tiempo y, finalmente, la presentación de productos realistas. Este enfoque se caracteriza porque los contenidos y la evaluación son auténticos y el maestro es facilitador y no instructor que favorece el trabajo colaborativo y propicia la reflexión.

EL MODELO CONCEPTUAL Y LAS CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

El presente trabajo propone una metodología de diseño, análisis e interpretación de la solución de problemas dentro de una perspectiva constructivista (Jonassen, Peck y Wilson, 1999). Para desarrollar tal enfoque construimos primero nuestro modelo conceptual, luego formulamos los elementos que permiten definir la comunidad de aprendizaje en donde se desarrollará el proyecto y finalmente planteamos las categorías de análisis que se utilizarán en el estudio.

Nuestro modelo conceptual tiene como referencia las investigaciones de Linn y Hsi (2000) acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y la tecnología, mismas que se apoyan en justificaciones y

aplicaciones de cuatro principios prácticos que establecen lo que el maestro debe hacer con sus estudiantes:

- a) Ciencia accesible: animarles a construir sobre sus propias ideas científicas conforme desarrollan principios científicos cada vez más poderosos y útiles.
- b) Pensamiento visible: ayudarles a que expliquen sus ideas científicas y proporcionarles representaciones múltiples para que las visualicen, proponiendo actividades de aprendizaje que sirvan de modelo del proceso científico cuando consideren explicaciones alternas y diagnostiquen errores.
- c) Aprender de los otros: apoyarles para que aprendan de sus compañeros, los maestros y los expertos mediante la interacción social.
- d) Aprendizaje a lo largo de la vida: estimularles para que alcancen el aprendizaje autónomo y establezcan procesos de cuestionamiento que se expresen de manera útil en proyectos de participación.

A partir de esas ideas hemos elaborado un modelo conceptual (Barojas y Sierra, 2002) en que se establecen los elementos para estudiar una comunidad de aprendizaje orientada a trabajar en solución de problemas (Barojas y Pérez y Pérez, 2001). El modelo está basado en tres elementos: la Comunidad, el Sistema Cognoscitivo y la Tecnología. La parte correspondiente a la Comunidad comprende tres funciones básicas que se supone realizan los miembros de éstas: enseñanza, aprendizaje y organización, funciones que a su vez se apoyan en otras dos: lectura y escritura. El Sistema Cognoscitivo se asocia a los procesos que ocurren en el aprendizaje y que conectamos, por una parte con el trabajo de Niedderer y Schecker (1992), quienes analizan la relación entre pensar y aprender en física, y por otra con el modelo de Tiberghien (2000), quien propone que el conocimiento se da mediante la interacción de dos mundos, uno constituido por las teorías y los modelos y el otro, por las cosas (los objetos y los eventos). En cuanto a la tecnología, esta sirve de soporte a las otras componentes, tanto en la creación de ambientes de aprendizaje como en la utilización de instrumentos tecnológicos, tal como se indica en la Fig. 1.

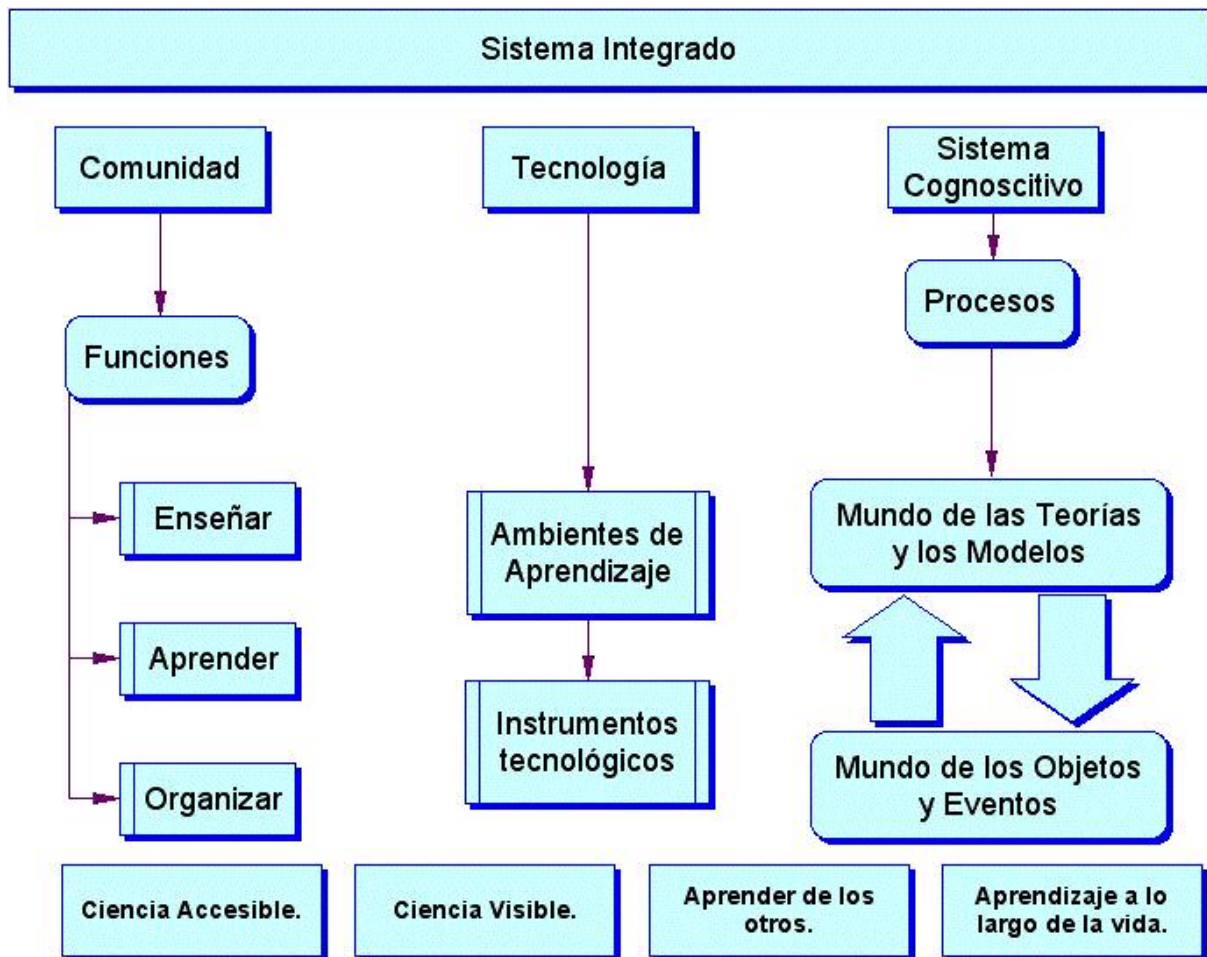


Figura 1
Modelo Conceptual

Como siguiente elemento en el planteamiento del proyecto nos apoyamos en la ya citada obra de Jonassen, Peck y Wilson (1999), quienes formulan la creación de comunidades de aprendizaje soportadas tecnológicamente a partir de las siguientes hipótesis:

- Los constructivistas creen que el conocimiento es construido, no transmitido.
- La construcción del conocimiento resulta de la actividad.
- El conocimiento está anclado al contexto en el que ocurren las actividades de aprendizaje.
- El significado está en la mente del aprendiz.
- Por lo tanto, existen múltiples perspectivas en el mundo.
- La generación de significados es inducida por un problema, una pregunta, una confusión, un desacuerdo o un deseo de conocer e implica una apropiación de ese problema.
- La construcción del conocimiento requiere articulación, expresión o representación de lo que es aprendido.

- h) El significado puede ser compartido con otros, así que la construcción del significado puede ser el resultado de la conversación.
- i) La construcción del significado y el pensamiento son distribuidos por los instrumentos, la cultura y las comunidades.
- j) No todos los significados son creados de la misma manera.

Finalmente, las categorías de análisis que se han propuesto se indican en el siguiente cuadro en donde la primera columna contiene las seis categorías consideradas, divididas en dos grupos, mientras que la segunda columna las describe en términos de las maneras cómo se utilizarán para estudiar los documentos e instrumentos generados en el proyecto:

CATEGORÍAS		DESCRIPCIÓN
Comunidad	Conocimiento Físico	Estructuras propias de la Física que permiten expresar situaciones específicas relacionadas con el mundo de las teorías y los modelos.
	Conocimiento Empírico	Comprensión de situaciones cotidianas relacionadas con el mundo de los objetos y eventos.
	Conocimiento Técnico	Familiaridad y manejo de recursos y procedimientos asociados al uso de la tecnología informática.
Individuo	Visualización y Formación de Conceptos	Representaciones de las relaciones entre el mundo de las teorías y los modelos y el mundo de los objetos y los eventos.
	Conocimiento Matemático	Comprensión de expresiones matemáticas que sirven para representar situaciones físicas y ayudan a plantear y resolver problemas.
	Meta conocimiento	Reflexión acerca de lo que hacen los estudiantes y lo que dicen que hacen.

Tomando en cuenta lo antes expuesto, el análisis de la comunidad de aprendizaje se llevará a cabo a partir de la observación directa del desempeño de las alumnas y del estudio de los documentos generados por ellas durante el curso. La observación directa durante la clase estará centrada en la interacción de las alumnas entre sí y con los materiales, tanto los impresos como aquellos publicados en Internet. Para el análisis de los productos elaborados durante el curso se utiliza la técnica denominada Problem Based Learning (PBL) desarrollada por Thomas (2000), así como los ensayos elaborados por las alumnas.

ALUMNAS QUE APRENDEN FÍSICA CON APOYOS TELEMÁTICOS

La comunidad de aprendizaje en estudio consiste en dos grupos de alumnas del bachillerato del Colegio Francés del Pedregal, comprendiendo, respectivamente, 22 y 14 alumnas. Los cursos comprenden 4 horas por semana, durante dos semestres de 14 semanas cada uno y el trabajo se realiza en el laboratorio y en la biblioteca de la escuela, la cual ha sido acondicionada para que las alumnas tengan acceso a material impreso tradicional (libros y revistas) así como a información contenida en la red, permitiéndoles también comunicarse vía la red interna de la escuela (Barojas y Sierra, 2002).

La parte medular del curso se encuentra descrita en una página Web (www.colegio-frances.edu.mx/fisica6), preparada por el instructor del curso e investigador del proyecto (J. Sierra). La página permite construir un espacio de aprendizajes en donde las alumnas obtienen y generan información que comparten y discuten en equipos y con la clase entera, dejando testimonios escritos de sus diversas contribuciones en forma de tareas, proyectos, consultas al maestro, comunicaciones de diversos tipos y participación en foros de discusión.

En este proyecto nos interesa analizar las actividades y actitudes de las alumnas durante su trabajo en la página web, tanto en lo relativo a su distribución del tiempo como al uso de los recursos telemáticos y la organización de sus espacios de aprendizaje colaborativo (Teasley y Roschelle, 1993). El proyecto se concentra específicamente en la solución de problemas y el desarrollo de proyectos en el tema de la energía, un tópico esencial en la física que se trabaja a lo largo de todo el curso. Este análisis reflejará dos dimensiones de la interacción ser humano – máquina en sus aspectos presenciales y a distancia: la dimensión asociada con los procesos de comunicación y colaboración entre las alumnas y con el maestro y lo que son capaces de aprender y demostrar por medio del aprendizaje electrónico (e-learning), y la dimensión del maestro-investigador en su triple tarea de preparar y adaptar materiales, hacer que el sistema escolar funcione y analizar los resultados y las consecuencias del proyecto. Como parte de este proyecto también se han desarrollado las siguientes actividades:

Foro de discusión

Un Foro de discusión fue planeado con una duración de tres semanas, para lo cual el grupo fue dividido en tres equipos y a cada uno se le asignó un tema diferente. Los temas asignados fueron: la distribución de la energía eléctrica en México, el desarrollo y uso de los rayos LASER y el uso de las ondas electromagnéticas en telecomunicaciones. Además, se solicitó que al final de ese período cada equipo hiciera una presentación de las conclusiones de la discusión. La dirección electrónica del foro correspondió a: <http://www.alexandria21.net/HyperNews/get/fisicaCFP.html>.

La participación durante las tres semanas del foro no fue homogénea. Algunas alumnas hicieron contribuciones más ricas y frecuentes que otras; incluso hubo quien no participó. La mayor parte de las aportaciones daban información pero no establecían explícitamente la conexión con las preguntas; además, muchas réplicas no justificaban su acuerdo o desacuerdo. Las conclusiones fueron más un resumen que el resultado de un análisis crítico.

Uso de la página Web

Durante el segundo semestre del ciclo escolar 2001-2002 (enero-mayo) se incluyeron actividades con un grado creciente de dificultad en la Página Web del curso de física. Se usó la técnica PBL y de esta manera se tuvo la oportunidad de recoger descripciones de los procesos de pensamiento que las alumnas desarrollaron para alcanzar la solución de los problemas planteados. No obstante, se pudo apreciar que algunas alumnas buscan la manera de evitar el proceso completo que las llevaría de la representación del problema al diseño de la solución; y encuentran la forma de identificar el problema con una situación parecida en el libro de texto o reconocen las ecuaciones involucradas a través de la naturaleza de los datos. Sin embargo, más de la mitad de las alumnas sí procuran tener un entendimiento conceptual de los fenómenos involucrados y luego buscan los caminos de solución.

Juego didáctico

Hacia el final del año escolar se llevó a cabo la aplicación de un juego didáctico para la enseñanza de la física desarrollado por profesores del nivel bachillerato que participaron en un programa de actualización de la UNAM. (ver contribución de Villarreal, Barojas y Pérez en este Simposio). La aplicación del juego en el tema de ondas sirvió como elemento de evaluación de conocimientos y permitió introducir algunos aspectos de tratamiento computacional en la dinámica del juego.

Encuesta de caracterización de la comunidad

Se elaboró una encuesta para caracterizar la comunidad de aprendizaje respecto de los siguientes rubros: datos generales, uso de tecnología, disponibilidad de recursos telemáticos y opinión sobre el uso de la telemática. Esta información nos ha servido para establecer puntos de comparación con otras comunidades de aprendizaje y además, para apreciar todo el trabajo de preparación que requiere el establecimiento de las condiciones de operación que se han ido construyendo durante más de 15 años en la escuela en consideración.

A continuación resumimos los principales resultados observados a la fecha, haciendo referencia a distintos elementos del modelo conceptual antes descrito en la Fig. 1:

(1) Las alumnas muestran progresos en sus aprendizajes, tanto para explorar, desarrollar y aplicar conceptos en la solución de problemas, como para utilizar la tecnología para mejorar su participación y hacer más eficientes sus comunicaciones y colaboraciones. Sin embargo, todavía tienden a “enchufar” ecuaciones para sustituir datos y despejar incógnitas, en lugar de pensar físicamente acerca del uso de modelos y teorías en la solución de los problemas y el desarrollo de proyectos.

(2) La página Web funciona de la manera tradicional proporcionando información previa a la clase y de lo que tienen que hacer las alumnas día con día para cumplir con el temario del curso y resolver tareas y exámenes. Además, este recurso se está convirtiendo en un espacio de exploración y aprendizaje que lleva a las alumnas a apreciar la importancia de usar la física para explicar fenómenos naturales y distinguir lo que significa entender, precisamente porque se razona en lugar de memorizar definiciones y propiedades. Aunque la comunidad está en proceso de poner en práctica los cuatro principios pedagógicos del aprendizaje de la ciencia que son el sustrato de nuestro modelo conceptual, todavía falta bastante camino por recorrer para lograr su aplicación continua y sistemática. Esto se desprende de un primer análisis basado en las seis categorías antes descritas, aplicado a los documentos producidos durante el pasado curso (tareas, exámenes y contribuciones a la página Web).

(3) El trabajo colaborativo todavía es una área de oportunidad que requiere de mayor atención para cambiar la actitud de aquellas alumnas para quienes trabajar dentro de una comunidad de aprendizaje es fuente de decepciones y frustraciones debido a las dificultades que presenta su funcionamiento. Comparado con métodos más convencionales que solicitan menores compromisos y dedicación, el trabajo colaborativo mediatizado por la interacción virtual que hace posible el uso de la tecnología confronta a las alumnas con la necesidad de integrar tareas tales como enseñar, aprender y organizar. Esta triple función no es más responsabilidad de una sola persona, sino que debe ser compartida por todos los miembros de la comunidad.

(4) A diferencia de los modos presenciales de aprender, en la comunicación y colaboración a través de los espacios virtuales son muy críticos factores tales como la participación activa, la actitud proactiva y no reactiva, así como el pensar, leer y escribir con claridad y precisión. A su vez esto requiere de un dominio básico de las herramientas y procedimientos tecnológicos tales como el acceso a Internet, la edición de textos, el correo electrónico, los foros de discusión y el uso de paquetes computacionales tales como hojas de cálculo, procesamiento de imágenes y manejo de animaciones y simulaciones. Evidentemente el alcanzar cierta maestría en tales dominios requiere de un tiempo de aprendizaje que usualmente entra en conflicto con los demás requerimientos de la escuela tradicional.

La actividad desarrollada hasta ahora por las alumnas, tiene como una de sus características que ellas se conocen desde antes de comenzar el curso, porque han estado inscritas en el mismo colegio. Sin embargo, consideramos que es importante hacer el análisis de la evolución de la comunidad de aprendizaje, cuando participan alumnos de otras instituciones que no conocen previamente a las alumnas. De aquí se desprende que deberemos extender el estudio en este sentido.

CONCLUSIONES

Se han presentado los primeros resultados de un proyecto de investigación que comenzó como un cambio en la forma de enseñar física para que fuera más accesible, y que se ha convertido en un proyecto de investigación para estudiar la formación de comunidades de aprendizaje en esta disciplina. Se llegó a la formulación de un modelo que considera las funciones de los miembros de la comunidad, el sistema cognoscitivo del aprendizaje de la física y el soporte tecnológico que brinda la telemática. No se trata de un sistema de educación a distancia, sino de la incorporación de los recursos tecnológicos de la era digital, como apoyo en el aula para fomentar el aprendizaje con un enfoque constructivista, en un ambiente de colaboración y con el ánimo de que los estudiantes promuevan el aprendizaje autónomo en su futuro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto PAPIIT No. IN 305901: “Desarrollo de comunidades de aprendizaje con apoyos telemáticos”, financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barojas, J, and Pérez y Pérez, R. (2001). Physics and Creativity: Problem Solving and Learning Contexts. *Industry and Higher Education*. **15** (6), 431-439.

Barojas, J. y Sierra, J. (2002, Mayo 20-22). Teachers as architects of knowledge in e-learning. En Santana G. y Uskov, V. (Eds.), *Computers and Advanced Technology in Education*. (pp. 186-190). IASTED International Conference, Cancún, México.

Frye, E. (1996). *Engineering Problem Solving for Mathematics, Science and Technology Education*. USA: Dartmouth College.

Jiménez, E. (1998). *Diagnóstico y análisis de la enseñanza de la física en el Colegio de Bachilleres (1992-1995)*. Tesis de Maestría en Enseñanza Superior. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, UNAM. México.

Jonassen, D.H., Peck, K.L., Wilson, B.G.(1999) *Learning with technology: A constructivist Perspective*. USA: Merrill/Prentice Hall.

Koshmann, T. (1996) *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*. USA: Lawrence Erlbaum.

Linn, M.C. and Hsi, S. (2000) *Computers, Teacher, Peers: Science learning partners*. USA: Lawrence Erlbaum Associates.

Maloney D. y Siegler R. (1993). Conceptual competition in physics learning. *International Journal os Science Education*. **15**, 283-295.

Maloney, D.P. (1994). Research on problem solving: physics. En Gadel, D.L. (Ed). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp 327-354). New York, USA: Macmillan.

Niedderer, H., Schecker, H. (1992). Towards an Explicit Description of Cognitive Systems for Research in Learning Physics. In R. Duit, F. Goldberg, H. Niedderer (eds.), *Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 74-98), Proceedings of an International Workshop in

Bremen, Kiel: IPN. Disponible en:http://www.physik.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/personal.pages/niedderer/pubs_files/1992_HNHS.pdf.

Segarra, P. (2000). La formación y profesionalización del profesorado de física en el nivel bachillerato. Tesis de doctorado en Educación. Universidad La Salle. México.

Teasley, S.D., and Roschelle, J. (1993). Computers as cognitive tools. USA: Lawrence Erlbaum.

Thomas, J.W. (2000). A review of research on Project-Based Learning. USA: Autodesk Foundation. [Available in Internet: <http://www.autodesk.com/foundation>].

Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school in Millar, R, Leach, J and Osborne, J. (Eds). Improving Science Education. The contribution of research, (pp 27-47). Philadelphia, USA: Open University Press.