

APRENDIZAJE COLABORATIVO DE LA FÍSICA

Javier Sierra Vázquez (1) y Jorge Barojas Weber (2)

- (1) Colegio Francés del Pedregal, A. C. Calle Colegio 330. Col. Jardines del Pedregal. C.P. 01900. México, D.F. , México. E-mail: javier.sierra@alexandria21.net
- (2) Departamento de Física, Facultad de Ciencias. UNAM. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. A.P. 70542. C.P. 04510. México, D.F., México. E-mail: jbw40104@servidor.unam.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta un ejemplo de cómo abordar de manera más creativa y eficiente los problemas educativos relacionados con el aprendizaje de la física, cuando se utilizan los desarrollos tecnológicos en procesos colaborativos. Primero describimos el contexto educativo en el que se ha desarrollado el proyecto que analizamos y luego presentamos unas rúbricas para analizar su evolución y consecuencias.

DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Teasley y Roschelle (1993) definen colaboración como un proceso en el que los individuos negocian y comparten significados relevantes en tareas de resolución de problemas. Según estos autores, la colaboración se da en un Espacio Colectivo del Problema, que es una estructura compartida que da soporte a las actividades necesarias para la resolución de problemas y que integra las metas, la descripción del problema, las posibles acciones para resolverlo; y las asociaciones entre estos tres elementos. Cabe señalar que se hace la distinción entre trabajo colaborativo y cooperativo. El trabajo cooperativo se lleva a cabo mediante una división de tareas entre los participantes, así cada persona es responsable de una parte de la solución del problema; por su parte, el trabajo colaborativo implica que los participantes se involucran en un esfuerzo coordinado por resolver juntos el problema.

El acceso universal a la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC) proporciona nuevas y promisorias oportunidades para repensar las funciones de las instituciones educativas y hacer más efectivos y eficientes sus objetivos y procedimientos (Laurillard, 1999) y (Harasim, et al., 1995). Para percibir el impacto de la TIC en los procesos de aprendizaje, conviene recordar los paradigmas más representativos que han estado asociados a las principales tendencias en las aplicaciones educativas de las computadoras, usualmente referidos por siglas tales como CAI que corresponde a Computer Assisted Instruction, CBI a Computer Based Instruction, CBL a Computer Based Learning, ITS a Intelligent Tutoring System, y en fechas más recientes, CALI a Computer Assisted Learning and Instruction y CSCL a Computer Supported Collaborative Learning, ver Koschmann (1996).

Las formas de concebir las aplicaciones educativas de las computadoras y sus conexiones en red van en la dirección de que tales dispositivos están jugando el papel de instrumentos para la construcción del conocimiento más que como herramientas para el manejo de información. Cuando en tales condiciones los aprendices adquieren destreza para comunicarse y colaborar contando con apoyos de la TIC, se dan cambios en sus actitudes y desarrollan nuevas habilidades. Esta circunstancia ha venido a demostrar que las explicaciones y negociaciones mediadas por el uso de lenguajes escritos proporcionan información de cómo evolucionan cognoscitiva y meta cognoscitivamente los estudiantes, lo cual a su vez aporta criterios de evaluación acerca de la adquisición de significados conceptuales y sus aplicaciones en la construcción de diálogos epistémicos (de Vries et al., 2002).

La investigación en las ciencias de la educación, sobre todo aquella que sigue la tradición anglo-americana, muchas veces está enfocada a explicar fenómenos psicológicos, sociológicos lingüísticos, filosóficos y tecnológicos relacionados con el ámbito educativo; sin embargo, en el aula se tienen situaciones de enseñanza y aprendizaje que no son planeadas a priori, sino que están motivadas por la necesidad de dar solución a problemas didácticos específicos y particulares. (Lijnse, 2000). En este trabajo presentamos un caso en que la problemática por investigar se ha derivado de problemas y posibilidades de resolverla experimentados directamente en el aula. Para ello consideramos un caso concreto de experiencias acumuladas en la enseñanza de la física en donde se ha ido incorporando paulatinamente el uso de tecnología a la par que se profundiza en la comprensión de modelos educativos.

Tradicionalmente la física es una asignatura difícil, con altos índices de reprobación. A menudo su enseñanza se reduce a la presentación de definiciones y ejemplos de tediosos cálculos matemáticos que producen poca comprensión y prácticamente ningún goce. Los cursos consisten en aplicaciones algebraicas y las actividades de laboratorio, cuando existen, se reducen a procedimientos de verificación de recetas. Según Stenhouse (1998), la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias, particularmente en el nivel medio superior, deben tener ciertas características que no necesariamente coinciden con lo que deben ser los objetivos de su enseñanza. En la Tabla I presentamos un resumen de dichas características (primera columna) y objetivos (segunda columna), referidas en especial a la física.

Tabla I. Características y objetivos en enseñanza de la física

CARACTERÍSTICAS REALES	OBJETIVOS IDEALES
<p>? La mayoría de los estudiantes cursan esta disciplina por última vez en su vida. Además, son muy necesarios cursos de regularización y actividades que motiven a los estudiantes y los capaciten para aprender mejor.</p> <p>? Muchos estudiantes tienen dificultades para razonar y visualizar situaciones físicas, así como para representar datos gráficamente y expresar relaciones en términos matemáticos.</p> <p>? A pesar de muy bajos rendimientos en exámenes y tareas, los estudiantes están ansiosos por aprender y experimentan diferentes maneras de hacerlo, por ejemplo, con la televisión, las computadoras, los teléfonos celulares y otros dispositivos modernos. Aún en los países en desarrollo los estudiantes reciben el impacto de la tecnología y de manera urgente deben prepararse para luchar y sobrevivir en tales circunstancias, sabiendo que las limitaciones económicas, sociales y culturales les presentarán retos más apremiantes. Sin embargo, es aquí donde la física les podría ser de utilidad, pero perciben su estudio como irrelevante, difícil y aburrido.</p> <p>? Los métodos de enseñanza casi siempre están orientados a la transferencia de información, en lugar de promover la comprensión accesible de situaciones reales, aún de manera sencilla. A menudo los maestros ignoran o desprecian los resultados de investigaciones en enseñanza y el potencial que representa el uso creativo de la tecnología. También suelen menospreciar el hecho que el aprendizaje de los conceptos requiere de tiempo y esfuerzo para madurar en la mente de los estudiantes.</p>	<p>? Motivar el interés de los estudiante acerca de los fenómenos físicos..</p> <p>? Entender cómo se aplican los fenómenos físicos en la tecnología y en la vida diaria.</p> <p>? Proporcionar ideas a los estudiantes de cómo las condiciones humanas dependen en buena medida de la forma como utilizamos la física y la tecnología.</p> <p>? Conectar con los intereses y la experiencia de los estudiantes.</p> <p>? Hacer ver que la comprensión de ciertos conceptos, fenómenos y relaciones fundamentales son condiciones previas necesarias para llegar a entender conceptos más complicados.</p> <p>? Promover que los estudiantes establezcan conexiones entre causas y efectos a partir de sus propias observaciones acerca de los fenómenos que estudian.</p> <p>? Plantear conclusiones que sirvan de base para formular relaciones de validez universal dentro del ámbito de la física.</p> <p>? Darle importancia al trabajo experimental.</p>

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO EDUCATIVO

En esta sección describimos las principales etapas en la evolución de la carrera de un profesor de física, en tanto antecedente para entender las presentes condiciones de funcionamiento del ambiente de TIC en que dicho profesor se desempeña, haciendo referencia al marco conceptual, los planes organizacionales, los materiales didácticos y la infraestructura. Finalmente analizamos un proyecto de investigación realizado durante los últimos dos años en que se ha trabajado en aprendizaje colaborativo con apoyo de TIC.

Construcción de la infraestructura

El caso que consideramos se basa en el trabajo de uno de los coautores de esta ponencia (Javier Sierra), quien durante treinta años como profesor de física en el Colegio Francés del Pedregal, ha hecho posible que en esta institución privada, incorporada al sistema de la ENP de la UNAM, las alumnas aprendan física colaborativamente. En este desarrollo se pueden distinguir cuatro etapas.

Como suele ocurrir, los primeros años de la práctica docente del coautor fueron una emulación de los profesores que dejaron más huella en él cuando era estudiante. El entusiasmo al llegar cada día al salón de clase y explicar hoja por hoja el libro de texto y resolver ordenadamente problemas tomados del final del capítulo, constituían los elementos fundamentales de la labor educativa de esa primera época. Así transcurrieron los primeros diez años (1972-1982), unas veces impartiendo la clase de cuarto año; otras, la de sexto y procurando impartir tanto la teoría como el laboratorio.

A partir de 1982 se inicia la segunda etapa con cambios cuyo punto de partida fue “la ruptura de esquemas de pensamiento”, que consistía en dar a las alumnas información nueva que no coincidía con sus creencias científicas; por ejemplo, que las llamadas fuerzas de contacto son debidas a las interacciones electromagnéticas, que el vidrio común no es en realidad un sólido, que existe la dilatación del tiempo, entre otros. Estas ideas servían para atraer la atención y promover el pensamiento científico; y con ello la clase de física comenzaba a tomar una forma poco convencional. El laboratorio se convirtió en la fuente de las ideas para discutir los aspectos teóricos y las aplicaciones. Además, la UNAM, a través de la ENP había comenzado a publicar “Guías de estudio” que informaban a los alumnos sobre los contenidos temáticos de las asignaturas y proporcionaban alguna orientación vocacional. Esto llevó a la creación de un documento breve que proporcionaba información importante para que las alumnas ubicaran el curso, exponía los objetivos del bachillerato de la UNAM, daba los objetivos generales de la asignatura, la bibliografía y la forma de evaluar; y terminaba con recomendaciones sobre la preparación de exámenes.

Hacia finales de la década de los ochenta y el principio de los noventa, el curso incluía nuevos elementos como la elaboración de tareas y exámenes impresos por computadora, la lectura de varios libros sobre temas afines a la física y su influencia en la sociedad; y un cuaderno editado ex profeso con lecturas complementarias. A partir de 1994 se contaba con actividades como las explicadas a continuación, para que las alumnas tuvieran mayor diversidad de acción:

- A. *Asignación libre*: Una vez por semestre, las alumnas tenían la oportunidad de demostrar su entendimiento de un concepto dado, usando el medio que ellas escogieran, por ejemplo: caricaturas, canciones, poesía o representación teatral. Este sistema permitía conocer la esencia de la personalidad artística de las alumnas, facilitaba la relación con ellas y al dar libertad para expresarse por métodos no tradicionales, alcanzaban la oportunidad de revelar la multidimensionalidad de su personalidad.
- B. *Artículo de alta calidad*: Las alumnas debían producir un artículo de alta calidad (MB) que contaba del 10 al 20 % de la calificación final. Si en un primer intento no obtenían MB, la alumna tenía dos semanas para rescribirlo. Si no era aceptado en el segundo intento, se le daba una tercera oportunidad

dos semanas después. Si el tercer intento fallaba, se le daba la cuarta oportunidad en un plazo de una semana. Si después de los cuatro intentos fallaba, se tomaba la calificación del segundo artículo.

- C. *Trabajo colectivo*: Se asignaba un tema de controversia a todo el grupo. La clase se dividía en grupos de cuatro. Individualmente dedicaban una semana a obtener información y escribir un borrador. Los grupos pequeños se reunían durante clase para comparar y modificar sus borradores y generar una lista de preguntas. Los grupos pequeños colectivamente escribían el primer párrafo del trabajo. Desarrollaban el trabajo y una semana después elaboraban colectivamente el último párrafo.
- D. *Recreación de una entrevista a un científico*: En esta estrategia las alumnas reconstruían una entrevista a algún científico importante. Se dividían en grupos de tres, una de las participantes actuaba como científico, otra como entrevistadora y otra como reportera y al final de la entrevista hacía un resumen oral de los aspectos más importantes de la discusión. La entrevista y el resumen duraban de 15 a 20 minutos. Al final, la entrevistadora hacía dos preguntas a la clase para entregarse en una semana.
- E. *Preguntas estudiantiles*: Una manera de concretar los procesos de pensamiento de las alumnas consistía en hacer que ellas elaboraran preguntas. Se pedía a cada estudiante que preparara cuatro preguntas «Por qué» o «Cómo» diferentes de las del libro, tareas y exámenes. Dos preguntas se contestaban en clase. En el examen semestral y final se incluían las preguntas y debían contestar dos en el formato de ensayo.
- F. *Estudio solidario*: Al final de cada periodo de calificaciones se identificaban los temas en los que las alumnas tuvieron más dificultad. La clase se dividía en grupos de tres, que incluían diferentes niveles de aprendizaje: muy bueno, bueno y pobre. Se daban a cada grupo seis preguntas «Cómo» o «Por qué». Las estudiantes debían discutir antes de contestar por escrito.
- G. *Proyecto largo*: Cada estudiante debía hacer un trabajo de un semestre de duración para explorar un concepto científico. Para preparar al estudiante a la universidad, el proyecto debía integrar el campo de interés de la alumna. Se debía desarrollar la creatividad, la expresión, la apreciación y la crítica. El trabajo podía ser individual o en parejas. El 50% de la calificación la asignaba el maestro y el 50% restante las alumnas del grupo.

En esta tercera etapa, además de la diversidad de actividades, las alumnas entregaban algunas tareas en disquete. Y entre 1994 y 1998, la lista de tareas y el material de apoyo para cada unidad se almacenaba en sobres que estaban disponibles en la biblioteca, para que cada alumna solicitara su juego de fotocopias.

Desde la perspectiva del desarrollo de un marco teórico para sustentar el trabajo docente, en esa época se elaboró un esquema empírico acerca de los elementos que participan en la enseñanza de las ciencias y se llegó a la estructura que se muestra en la Tabla II que se incluye en el Anexo 1, la cual resume la visión educativa alcanzada en ese momento.

En 1999 entró en operación una red local en las aulas de informática del Colegio Francés del Pedregal, que incluía seis computadoras ubicadas en la biblioteca, así como veinte computadoras más en una sala de cómputo y treinta en otra. Con este hecho se inició la cuarta etapa de este proceso de desarrollo. Ese año se usó un programa que permitía trabajar colaborativamente a través de la red local (Teamwave). Sin embargo, surgieron dificultades debidas a las limitaciones en cuanto al número de sesiones que se podían tener abiertas simultáneamente; no obstante, las tareas se entregaban por correo electrónico. Y en 2000 se comenzó a utilizar como recurso tecnológico, una página Web, lo cual permitió enfocar el problema desde la perspectiva del aprendizaje colaborativo. En lo que sigue nos concentramos únicamente en el trabajo comprendido en dos años lectivos, de agosto del 2001 a mayo del 2003. Los dos cursos fueron impartidos

a dos grupos, según las posibles orientaciones vocacionales de las alumnas: el grupo A para matemáticas, física, química e ingeniería, y el grupo B para biología y ciencias de la salud.

Descripción de un proyecto de aprendizaje colaborativo.

La organización de los cursos a los que se refiere esta parte del proyecto se apoyó en páginas Web preparadas por el profesor (primera edición: www.colegio-frances.edu.mx/fisica6 y segunda edición: www.alexandria21.net/fisica6), que presentan el contenido temático del curso para cada tipo de grupo, los correspondientes calendarios de actividades, notas complementarias elaboradas por el profesor, documentos para lectura complementaria, guías para el trabajo experimental y el desarrollo de proyectos, así como conexiones de interés para el desarrollo de tareas y la presentación de exámenes. Las siguientes consecuencias se han observado en el trabajo desarrollado por las alumnas (Barojas y Sierra, 2002):

- ? Entienden mucho mejor la importancia de pensar en términos físicos con el fin de expresar y poner a prueba sus propias ideas en relación con objetos, eventos, conceptos, modelos y teorías requeridas para resolver problemas de física.
- ? Mejoran su desempeño al explorar, desarrollar y aplicar sus puntos de vista respecto del mundo físico y comparten los productos que obtienen al leer, escribir, organizarse y participar colaborativamente en aprender y enseñar.
- ? Empiezan a funcionar como una comunidad de aprendizaje que trabaja colaborativamente con la página Web de su curso, implicando acceso a la Internet con propósitos de comunicación y elaboración de textos, así como el uso cada vez más eficiente del correo electrónico y los foros de discusión.

En particular nos ha interesado analizar cómo la productividad y creatividad individual de las alumnas evoluciona antes y después de que se les asignen tareas a ser desarrolladas colaborativamente en grupos de 3 ó 4 estudiantes. La evidencia acumulada y en proceso de análisis corresponde a documentos escritos enviados por correo electrónico o entregados en forma manuscrita y que comprenden ensayos, solución de problemas, desarrollo de proyectos, resultados de búsquedas e indagaciones, desarrollo de mapas conceptuales, aportaciones a foros de discusión y registro de comunicaciones de las alumnas con el profesor y entre ellas.

Para el diseño y posterior evaluación de los trabajos presentados y del proceso de aprendizaje colaborativo involucrado hemos preparado rúbricas organizadas en nueve categorías que corresponden a tres dimensiones: la cognoscitiva, la meta cognoscitiva y la colaborativa. Dichas rúbricas extienden a tres dimensiones las consideraciones de Wiggins y McTighe (1998), quienes distinguen la comprensión aparente de la verdadera; y para alcanzarla definen seis aspectos que deben considerarse desde el diseño educacional hasta la evaluación del aprendizaje: explicación, interpretación, aplicación, perspectiva, empatía y auto conocimiento. El significado de las componentes de estas dimensiones se explica en la primera columna de cada una de las tablas siguientes. Los números en las columnas segunda a quinta indican en cada caso los niveles de desempeño de las estudiantes:

Tabla III.A. Rúbrica de la dimensión cognoscitiva

COMPONENTES	1	2	3	4
<p>EXPLICACIÓN Tipo de comprensión que emerge de teorías bien desarrolladas que le dan sentido a los fenómenos, datos e ideas; y que permiten entender cómo y por qué funcionan las cosas y qué implican.</p>	Es descriptiva, fragmentaria y poco detallada.	Tiene argumentos y evidencias generales.	Establece conexiones ingeniosas, va más allá de lo obvio y presenta novedad.	Es completa, tiene inventiva, está bien sustentada, posee amplitud y profundidad.
<p>INTERPRETACIÓN Significado que se atribuye a los eventos y a la transformación de la comprensión y percepción de hechos particulares; revela la importancia de las ideas.</p>	Es superficial y es una traducción mecánica más que una interpretación.	Analiza la importancia y el significado, es útil y distingue diferentes niveles de interpretación.	Se hace con diferentes matices y la narrativa es significativa.	Es original, esclarecedora y profunda; usa la historia con visión prospectiva.
<p>APLICACIÓN El estudiante demuestra tener habilidad de usar efectivamente el conocimiento en situaciones nuevas y contextos diversos.</p>	Desempeño solamente con asesoría.	Buen desempeño en contextos simples.	Competencia para usar el conocimiento y habilidad para adaptar la comprensión en contextos diversos.	Uso eficiente del conocimiento y ajuste de la comprensión en contextos nuevos y difíciles.

Tabla III.B. Rúbrica de la dimensión meta cognoscitiva

COMPONENTES	1	2	3	4
<p>PERSPECTIVA Habilidad de comprensión crítica, desapasionada y desinteresada de los hechos desde diferentes puntos de vista; y revela la capacidad de hacer suposiciones y expresar claramente sus implicaciones.</p>	No se es consciente de la diversidad de puntos de vista. Los argumentos son personales.	Se conocen diversos puntos de vista y se puede presentar un punto de vista propio; la crítica es débil.	Se consideran puntos de vista críticos y reveladores. Se incluyen otras perspectivas diferentes de la propia.	Se consideran puntos de vista novedosos, críticos y sin apasionamiento. Se hacen comparaciones con reforzamiento de la perspectiva propia por contraste con otras.

<p>EMPATÍA Habilidad de penetrar en los sentimientos y la visión acerca del mundo, de otras personas, sociedades y culturas.</p>	<p>No hay empatía más allá de la conciencia intelectual de la existencia de los otros.</p>	<p>Se sabe que otros ven y sienten diferente. Hay dificultad para darle sentido a lo extraño o ajeno.</p>	<p>Hay disposición para ver y sentir lo que los otros ven y sienten. Hay apertura hacia lo que no es familiar.</p>	<p>Hay posibilidad de ver y sentir lo que los otros ven y sienten. Hay apertura para buscar lo extraño, ajeno o diferente.</p>
<p>AUTO CONOCIMIENTO Habilidad de conocer la ignorancia propia y cómo las creencias y los patrones de pensamiento y acción, forman y predisponen la comprensión.</p>	<p>No hay conciencia de las limitaciones individuales ni de la ignorancia propia.</p>	<p>Se tiene conciencia de qué se comprende y qué no se comprende.</p>	<p>Se tiene conciencia de la ignorancia propia y ajena. Se conocen las fortalezas y limitaciones de la comprensión propia.</p>	<p>Se tiene conciencia profunda de la frontera entre la comprensión propia y la de los otros. Hay capacidad de reconocer los prejuicios.</p>

Tabla III.C. Rúbrica de la dimensión colaborativa

COMPONENTES	1	2	3	4
<p>COMUNICACIÓN Habilidad para asignar roles de acuerdo a los talentos individuales y configurar el producto final con las aportaciones de los participantes</p>	<p>El producto final es creado por un estudiante trabajando más o menos solo, aunque haya recibido ayuda de los otros</p>	<p>Los estudiantes trabajan juntos con roles bien definidos. La mayoría se esfuerza por cumplir sus responsabilidades.</p>	<p>Hay un esfuerzo por asignar roles de acuerdo a las habilidades y talentos individuales.</p>	<p>Hay equilibrio en la división de responsabilidades. El producto final es configurado por todos los participantes.</p>
<p>NEGOCIACIÓN Habilidad para dialogar y llegar eficazmente a acuerdos de manera constructiva.</p>	<p>No hay negociación. Prevalece el punto de vista de un estudiante.</p>	<p>Algunos estudiantes discuten y defienden sus puntos de vista. Los desacuerdos se resuelven con sumisión y docilidad.</p>	<p>Los estudiantes discuten y dialogan para acercar sus puntos de vista.</p>	<p>Los estudiantes dialogan y llegan eficazmente a acuerdos. Los desacuerdos se resuelven de manera constructiva.</p>
<p>INTEGRACIÓN Habilidad para establecer y analizar las relaciones entre las aportaciones y argumentaciones individuales.</p>	<p>No existe una comprensión de las aportaciones de los otros.</p>	<p>Algunos estudiantes aportan y comparten las argumentaciones de otros.</p>	<p>Casi todos los estudiantes aportan argumentaciones. El producto final establece relaciones entre las aportaciones.</p>	<p>Todos los estudiantes aportan argumentaciones. El producto final analiza las relaciones entre todas las aportaciones.</p>

EVALUACIÓN DEL TRABAJO COLABORATIVO DE LAS ALUMNAS

De acuerdo con Tiberghien (2000) en todo sistema educativo deben establecerse relaciones estrechas entre las investigaciones en enseñanza de las ciencias y su enseñanza. Esta autora propone la consideración e integración de los siguientes tres elementos: el conocimiento que deberá ser enseñado a los estudiantes, la comprensión que de dicho conocimiento alcancen, y los correspondientes recursos didácticos que hagan posible dicho proceso de adquisición. Este conocimiento resulta de la interacción entre dos mundos: el mundo interno de los modelos y las teorías, y el mundo externo de los objetos y los eventos. Estas interacciones se presentan tanto en las experiencias de la vida cotidiana como en lo que ocurre en las aulas y laboratorios.

Por su parte, Linn y Hsi (2000) consideran que el aprendizaje de la física puede ser más eficiente con el apoyo de tecnología computacional y para ello desarrollan cuatro principios pedagógicos, referidos a que la ciencia debe ser accesible y el pensamiento visible, y que el aprendizaje debe durar toda la vida y los estudiantes aprender unos de otros. El proyecto de enseñanza constructivista que estas autoras han desarrollado es una demostración de lo formulado por Harasim et al. (1995) en el sentido de que las computadoras interconectadas en redes han introducido nuevas opciones para transformar tanto el aprendizaje como la enseñanza. Es por ello que Jonassen et al. (1999) consideran que la tecnología es un instrumento que ayuda en la creación y utilización de ambientes emergentes con las características de ser dinámicos, constructivos, intencionales, auténticos y colaborativos.

En una publicación previa (Barojas y Sierra, 2002), hemos propuesto un modelo conceptual para la interpretación de los resultados de nuestra investigación. Dicho modelo tiene tres componentes: (1) los procesos cognoscitivos según las descripciones de Tiberghien y de Linn y Hsi, (2) el uso de la TIC, en particular siguiendo el enfoque constructivista de Jonassen et al., y (3) el trabajo colaborativo en el sentido de CSCL. Nuestro propósito ha sido el de proporcionar una respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las fortalezas y las limitaciones del uso de TIC en la solución de problemas de física cuando dicha tarea se emprende en forma colaborativa?

La primera componente de nuestro modelo conceptual nos ha llevado a diseñar actividades de aprendizaje en las que intencionalmente se han incorporado los cuatro principios de Linn y Hsi y se ha trabajado la generación de significados a partir de las ideas de Tiberghien. Esto se ha logrado mediante secuencias de trabajo individual, trabajo colaborativo y nuevo trabajo individual. Las otras dos componentes del modelo se refieren al uso de la TIC y a la promoción del trabajo colaborativo utilizado como medio auxiliar la TIC, aún cuando no exploramos la dimensión de la educación a distancia. El proyecto está en una fase más tradicional en donde los cursos se imparten con interacción cara a cara, pero contando con apoyos telemáticos que actúan en dos direcciones: (a) La comunicación asincrónica que es posible con el correo electrónico y (b) la mediación del profesor en el diálogo colaborativo a través de foros de discusión. Los foros permiten extender el tiempo de interacción profesor-alumno, promueven la interacción alumno-alumno y proporcionan espacios y tiempos para la reflexión personal en la elaboración los textos para participar y las respuestas a las contribuciones de otros alumnos y del profesor.

Cabe la observación de que es justamente en este momento del proyecto que la aplicación de las rúbricas pasa de ser un instrumento auxiliar en el diseño de las actividades de aprendizaje colaborativo, para constituirse en una herramienta útil en la evaluación de todo el proceso. La estructura de las secuencias de dichas actividades está explícitamente orientada hacia el trabajo colaborativo. Ciertamente la interacción social en el trabajo colaborativo cumple con una función importante en el aprendizaje, sobre todo cuando es verdaderamente colaborativo y no solo cooperativo; sin embargo, los nuevos significados son personales y están relacionados con el conocimiento previo de cada alumno (Sousa, 2002). De lo anterior se desprende que el trabajo colaborativo aumenta su eficacia, si le antecede trabajo individual y culmina con la reflexión personal.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto PAPIIT No. IN 305901: "Creación de comunidades de aprendizaje con apoyos telemáticos", financiado por la Dirección General de Apoyos al Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barojas, J. y Sierra, J. (2002, Noviembre 2-6). Desarrollo de comunidades de aprendizaje con alumnas de física del Colegio Francés del Pedregal. *XVIII Simposio Internacional de Computación en la Educación*. SOMECE 2002. Zacatecas, Zac., México.
- de Vries, E., Lund, K. y Baker, M. (2002). Computer-mediated epistemic dialogue: Explanation and argumentation as vehicles for understanding scientific notions. *Journal of the Learning Sciences*, 11, 63-103.
- Harasim, L., Hiltz, S. R., Teles, L. y Turoff, M. (1995). *Learning Networks. A field guide to teaching and learning online*. Cambridge: MIT Press.
- Jonassen, D.H., Peck, K.L., Wilson, B.G. (1999). *Learning with technology: A constructivist Perspective*. USA: Merrill/Prentice Hall.
- Koschmann, T. (1996). Paradigm Shift and Instructional Technology: An Introduction. En: Koschmann T. (Ed.). *CSCL: Theory and Practice of an emerging Paradigm*. (pp. 1-23). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Laurillard, D. (1993) *Rethinking university teaching: A framework for the effective use of educational technology*. London: Routledge.
- Lijnse, P. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? En: Millar, R., Leach, J. y Osborne, J. (Eds.). *Improving Science Education. The contribution of research*. Philadelphia: Open University Press.
- Linn, M. C. y Hsi, S. (2000). *Computers, Teacher, Peers: Science learning partners*. USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sousa, D. (2002). *Cómo aprende el cerebro*. USA: Corwin Press.
- Stenhouse L. (1998). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid, España: Morata.
- Teasley, S.D. y Roschelle, J. (1993). *Computers as cognitive tools*. USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. En: Millar, R, Leach, J y Osborne, J. (Eds). *Improving Science Education. The contribution of research*. Philadelphia, USA: Open University Press.
- Wiggins, G. y McTighe, J. (1998). *Understanding by Design*. New Jersey: Merrill/Prentice Hall.

ANEXO 1

Tabla II: Elementos que participan en la enseñanza de las ciencias.

Contenidos	Cultura científica		
	Bases para estudios posteriores		
	Conocimientos relevantes		
	Actualizados		
Habilidades	Teóricas	Pensamiento lógico	Clasificar
			Comparar
			Inferir
			Deducir
			Identificar
	Lenguaje	Escucha	
		Lectura	
		Expresión oral	
		Expresión escrita	
		Matemáticas	
	Prácticas	Experimentación	Inglés
			Plantear hipótesis
			Observar
			Diseñar experimentos
			Obtener datos
		Emitir conclusiones	
Técnicas de trabajo		Trabajo en equipo	
		Técnicas de estudio	
		Búsqueda de información	
	Auto evaluación		
Aplicaciones	Auto regulación		
	En la vida cotidiana		
Actitudes y Valores	En la tecnología		
	Compromiso con el desarrollo		
	Honestidad		
	Responsabilidad		
	Espíritu de colaboración		
	Conciencia clara de necesidades nacionales y regionales		
	Compromiso de actuar como agente de cambio		
	Cultura de trabajo		
	Respeto a las personas y a la naturaleza		
	Innovación		
	Superación personal		

Título del Trabajo:

Aprendizaje colaborativo de la Física.

Autores:

Javier Sierra Vázquez.

Colegio Francés del Pedregal, A. C. Calle Colegio 330. Col. Jardines del Pedregal. C.P. 01900. México, D.F. , México. E-mail: javier.sierra@alexandria21.net

Jorge Barojas Weber.

Departamento de Física, Facultad de Ciencias. UNAM. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. A.P. 70542. C.P. 04510. México, D.F., México. E-mail: jbw40104@servidor.unam.mx

Equipo Audiovisual:

Computadora con Power Point y proyector para PC.

Curricula breve:

Francisco Javier Sierra Vázquez.

Físico por la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Grado de Maestría en Educación en la especialidad de Cognición en los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje por el ITESM.

Trabajó en el Centro de Instrumentos de la UNAM en instrumentación científica y didáctica durante 16 años (1972-1988).

Desde 1989, es Director de "Sistemas de Diseño Lógico, S.A. de C.V."

Coordina el departamento de Informática Educativa del Colegio Francés del Pedregal desde 1984.

Tiene Treinta años de práctica docente en el área de física y matemáticas en bachillerato.

Jorge Barojas.

Doctor en Física por la Universidad de París, Francia.

Profesor en la Facultad de Ciencias de la UNAM y en el Departamento de Física de la UAM Iztapalapa.

Senior Education Fellow de la American Physical Society, Secretario de la International Commission on Physics Education.

Director de Educación de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

Actualmente labora en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM.

Grupo de Trabajo:

4. Modelos.