



Formación conjunta de profesores de matemática, física y química, desde la didáctica de las ciencias

Luz María De Guadalupe **González Álvarez**

Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

México

luzmagpe@prodigy.net.mx

Resumen

La intención que se persigue en esta participación, es mostrar los resultados que se han obtenido, en una experiencia en la que se realizó la formación conjunta de profesores de matemáticas, física y química, en el enfoque de la didáctica de las ciencias. Para ello, primero se presenta el objetivo general de dicho enfoque, seguido de un resumen de los argumentos que se presentan en relación con las diferentes posturas en debate, acerca de la conveniencia de utilizar diferentes grados de integración de las disciplinas científicas en los niveles de educación básica y universitaria. Posteriormente se describen los elementos fundamentales de la experiencia de formación de profesores que se presenta en este documento, analizada desde sus ventajas, desventajas, límites y oportunidades. Para concluir, se presenta la valoración final de la experiencia, seguida de la proyección que se espera dar a la misma, en un futuro cercano.

Palabras clave: formación de profesores, matemáticas, física, química, proyecto conjunto, didáctica de las ciencias.

Introducción

El problema básico que se plantea la didáctica de las ciencias es enseñar ciencias significativamente, es decir, cómo promover que la cultura científica generada a través de los siglos pueda ser comprendida por la población, se sepa aplicar y se pueda continuar generando (Sanmartí, 2002). Si admitimos que las fronteras entre diferentes disciplinas no se fijan de una

vez para siempre, podría decirse que es indispensable reorganizar los ámbitos del saber por medio de una cooperación entre disciplinas que permita su progresiva construcción y mejora. El nivel de cooperación que se requiere para resolver problemas cercanos a la realidad, puede ser: pluridisciplinar, en el cual varias ciencias colaboran pero cada una conserva su especificidad; transdisciplinar, situada en un nivel de abstracción elevado, utiliza teorías y conceptos comunes a todas las ciencias; e interdisciplinar, que implica confrontación, intercambio de métodos, conceptos y puntos de vista. Así pues, los contactos interdisciplinarios son enriquecedores en la

medida en que cada una de las ciencias pueda beneficiar a las otras de ciertos conceptos, de dimensiones, que, utilizadas en un marco nuevo, permitan plantear nuevas cuestiones.

La primera etapa de una colaboración útil consiste, para cada ciencia, en conocer el servicio que las otras pueden proporcionarle y en saber plantear sus problemas en términos accesibles para los otros. En la práctica, la mejor forma de conseguirlo es trabajar en común lo más a menudo posible, ya que un marco interdisciplinario no se conforma con yuxtaponer puntos de vista sino que se ve obligado a integrarlos (García & Santos, 2000). Ante esto, se han generado proyectos educativos con diferente grado de integración de las diferentes disciplinas científicas, desde la no integración (ciencias separadas) hasta su total integración (ciencia integrada), pasando por categorías intermedias como la ciencia asociada, la ciencia combinada o la ciencia coordinada. La ciencia integrada y combinada se considera un enfoque adecuado para la enseñanza de las ciencias a nivel de enseñanza primaria y en los primeros cursos de secundaria (12-14 años), donde los fenómenos investigados y las estructuras conceptuales necesarias son relativamente más sencillas. A medida que se avanza en los cursos de Secundaria (14-16), hay un debate, con opiniones diversas, desde aquellos que han estado a favor de un enfoque integrado o combinado, hasta los que prefieren respetar la estructura interna de cada ciencia (Caamaño, 1991).

Actualmente existen propuestas que se dirigen a resolver el dilema de qué es más importante en estudios superiores; que los estudiantes aprendan el modo de ver el mundo propio de la ciencia que estudian, o la resolución de problemas complejos con diferente nivel de integración de las diferentes disciplinas científicas. Una de estas propuestas es la inclusión en la curricula de una disciplina integradora, la cual debe interrelacionar todos los contenidos recibidos de las diferentes disciplinas del plan de estudio y posibilitar que el estudiante se apropie del objeto de su trabajo mediante la solución de problemas de la práctica social. En ella están presentes no sólo el estudio como exponente de lo académico y el trabajo como representación de lo laboral, sino también el método de la investigación científica, por eso su nivel de asimilación parte desde lo productivo hasta lo creativo (Gheisa, 2004). Otra propuesta consiste en construir la interdisciplinariedad enriqueciendo cada disciplina por medio de nexos entre las diferentes asignaturas, de manera que se refleje una acertada concepción científica del mundo; lo cual demuestra cómo los fenómenos no existen por separado al interrelacionarlos por medio del contenido. Esta consiste en un trabajo común teniendo presente la interacción de las disciplinas científicas, de sus conceptos, directrices, de su metodología, de sus procedimientos, de sus datos (Pérez, 2010).

En el caso de la matemática, se cuenta además con la teoría de la Matemática en el contexto de las ciencias. El supuesto filosófico educativo de esta teoría es que el estudiante esté capacitado para hacer la transferencia del conocimiento de la matemática a las áreas que la requieren y con ello las competencias profesionales y laborales se vean favorecidas. Para ello, se contempla un proceso metodológico para el desarrollo de las competencias profesionales referidas a la resolución de eventos contextualizados, con la cual se fomenta el desarrollo de las habilidades para la transferencia del conocimiento, éste incluye tres etapas: 1. Presentar la estrategia didáctica de la *Matemática en Contexto* en el ambiente de aprendizaje. 2. Implantar cursos extracurriculares en donde se lleven a cabo actividades para el desarrollo de habilidades del pensamiento, habilidades metacognitivas y habilidades para aplicar heurísticas al resolver problemas, así como actividades para bloquear creencias negativas. 3. Instrumentar un taller integral e interdisciplinario en los últimos semestres de los estudios del alumno, en donde se

resuelvan eventos reales de la industria (Camarena, 2008). Como se puede observar, esta teoría resuelve el problema con elementos que tomaron una u otra de las propuestas mencionadas. Se incrementa paulatinamente el grado de integración, de manera que los estudiantes transiten desde la ciencia separada, hasta la ciencia integrada, de manera que se aprovechen las ventajas de cada una de estas opciones, avanzando en complejidad, al ir enfrentando problemas cada vez más cercanos a la realidad profesional con la que se han de enfrentar en un futuro cercano.

La propuesta de formación docente y su evaluación

Se diseñó una propuesta de formación docente que partió de la idea de que los profesores requieren vivir la experiencia formativa en el mismo enfoque, con los mismos métodos, técnicas y recursos que se espera ellos utilicen en su práctica docente futura (Tiberghien, Jossem & Barojas, 1998). Uno de los cambios que se espera de ellos, es que logren un nivel intermedio de integración con otras disciplinas, para que se favorezca el desarrollo de competencias en los estudiantes. Un antecedente importante de este proceso, es una investigación que desembocó en el diseño de una *especialidad en docencia de la ingeniería matemática en electrónica*, en donde las asignaturas de matemáticas se muestran vinculadas con otras disciplinas propias de la electrónica y sus ramas afines (Camarena, 1990). Posteriormente se diseñó un *diplomado en didáctica de las ciencias*, para formar a un grupo de profesores de química, física y matemáticas, de bachillerato y primer año de universidad; cuyo objetivo era la elaboración, aplicación y evaluación de unidades de aprendizaje. En este proceso los profesores de las diferentes asignaturas interactuaron para enriquecer mutuamente sus proyectos educativos (González, 2003). El grupo analizado está formado por profesores en servicio y estudiantes que se preparan para ser profesores (preservicio).

Para el diseño del diplomado se toma en cuenta un diagnóstico previo de los posibles candidatos a ingresar al diplomado, con lo cual se establecen las debilidades y fortalezas de los docentes que van a ser fortalecidas y retomadas para el diseño de las unidades didácticas del diplomado.

Uno de los ejes de desarrollo del diplomado era que los docentes pudieran diseñar unidades didácticas, con elementos para la integración entre disciplinas.

Otro eje de desarrollo del diplomado en cuestión fue la utilización de la metodología de investigación-acción, para hacer los ajustes curriculares necesarios durante el desarrollo del diplomado.

La evaluación del diplomado se llevó a cabo a través de los criterios de evaluación consensuados con el grupo de profesores-alumnos, los cuales se van monitoreando constantemente y afinando para contar con criterios que permiten un mejor análisis de la evolución del diplomado (González, 2004).

La evaluación de cada profesor-alumno se lleva a cabo como estudio de casos, para lo cual se utilizaron como instrumentos para recoger datos: los productos obtenidos al realizar las actividades de aprendizaje y el trabajo final, así como las grabaciones en video del trabajo que realizaron con sus estudiantes durante el diplomado, en el que fueron incorporando paulatinamente algunos elementos aprendidos en el mismo. El trabajo final que elaboraron, fue una unidad didáctica para la asignatura que imparten, en el enfoque de ciencia coordinada, integrando aportaciones de las otras dos asignaturas impartidas por los demás participantes. Un elemento fundamental de dicha actividad, fue la serie de actividades de aprendizaje que

diseñaron, las cuales se aplicaban al grupo para que los demás profesores-alumnos, desarrollando el rol de estudiantes, las resolvieran individualmente y las discutieran en grupo. Con esto se validaron las actividades diseñadas por cada uno, antes de que las utilizaran con sus estudiantes; y además se logró involucrarlos con los contenidos de las demás asignaturas, para favorecer la integración paulatina de contenidos de diferentes ciencias. A continuación se presenta el análisis del proceso, desde sus ventajas, desventajas, límites y oportunidades.

Ventajas

La diversidad de formas de ver, una oportunidad de enriquecimiento mutuo

Una de las actividades realizadas constó de una simulación para observar la flotación de cuerpos en fluidos, aprovechando el hecho de que los sólidos granulados en movimiento se comportan de manera similar a los fluidos en reposo. Para ello se utilizó un recipiente lleno hasta la mitad con lentejas; en el cual se colocaron, sin que se percataran los profesores-alumnos, dos capsulitas de plástico: una llena de aire (color rosa), en el fondo del recipiente; y otra llena de monedas (color ocre), sobre la superficie de las lentejas. El grupo solamente pudo observar el recipiente con lentejas y la capsulita ocre sobre su superficie, se colocó una tapa en el recipiente y se agitó de manera oscilatoria. Después del movimiento, lo que se observó fue el recipiente con lentejas y la capsulita rosa sobre su superficie. Se les solicitó a los profesores-estudiantes que de manera individual elaboraran una descripción y una explicación de lo que observaron y posteriormente se realizó un debate para construir un consenso al respecto. Las explicaciones más representativas que se obtuvieron se presentan en la tabla 1. Se usa el término “reconstruido”, para los casos en los cuales no se pudo obtener la respuesta por escrito, de manera que ésta fue escrita por la instructora, después del debate:

Tabla 1

Respuestas más representativas de los profesores-alumnos al problema de capsulitas en lentejas

Perfil del profesor-alumno	Respuesta	Interpretación
Química, en servicio, (reconstruido).	La maestra colocó un objeto color ocre sobre las lentejas que estaban contenidas en un recipiente, al agitar el mismo, el objeto cambió de color, al rosa. Esto se debe probablemente a que está barnizado con alguna sal metálica muy sensible a los cambios de temperatura, la cual cambia de color al incrementarse ésta, debido al movimiento.	Se puede observar que la relación causa-efecto está centrada en la constitución de la materia, por ello se presupone que solamente está presente una capsulita.
Física, en servicio, (reconstruido).	En un recipiente con lentejas, se colocó una pelotita color ocre, al agitar el recipiente, ésta se hundió y salió a flote una pelotita color rosa. Esto se debe a que es más pesada la pelotita color ocre que la rosa, probablemente por el relleno que contienen.	En este caso, la relación causa-efecto está centrada en el proceso de flotación, por ello se intuye que están presentes dos capsulitas.
Matemática, preservicio.	El recipiente que contiene a las lentejas al estar en reposo actúan como un sólido y es por esa razón que el huevo se mantiene encima de las lentejas, pero al poner en movimiento el recipiente	Esta respuesta está centrada en el proceso del cambio de comportamiento del medio, pero no toma en cuenta

	podemos percatarnos que el huevo se hunde, es decir, que ahora las lentejas se comportaron como si fueran un líquido.	más que a una de las capsulitas, de la otra parece no haberse percatado.
--	---	--

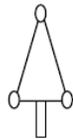
De la tabla 1 se puede observar que los profesores-alumnos participantes muestran tener una visión del mundo coherente con su profesión. Esto favoreció que en el momento del debate para construir el consenso, se diera un enriquecimiento mutuo, de acuerdo con el sentir de los participantes, quienes al inicio mostraron dificultad para comprender el punto de vista de los colegas de las otras disciplinas, lo cual se fue reduciendo mediante la realización de actividades seguidas de debate.

Uso de diferentes heurísticas

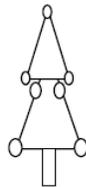
Se resolvió la actividad que se presenta en la figura 1, para identificar las heurísticas utilizadas por los profesores de cada disciplina.

Ya se acerca la Navidad, tenemos que preparar con tiempo suficiente los adornos. ¡Vamos a hacer unos árboles navideños de foamy color verde, y le pondremos unas cuentas fluorescentes para simular las luces! Hay que comprar el material, lo primero es saber cuántas cuentas requerimos, para ello tenemos varios modelos:

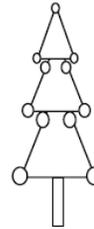
1. ¿Cuántas luces tiene cada pino de la siguiente figura?



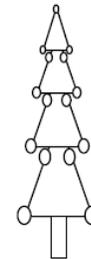
Pino 1



Pino 2



Pino 3



Pino 4

2. ¿Cuántas luces tendría el pino 7?

3. ¿Cuántas luces tendría el pino 10?

4. ¿Cuántas luces tendría el pino 50?

Explica el procedimiento que seguiste en cada caso.

Figura 1. Problema de pinos con luces (Alsina, 1996)

Las respuestas más representativas se presentan en la tabla 2, de la que se puede observar el uso de las diferentes heurísticas para resolver un problema más o menos cotidiano. Es notable que también este aspecto varíe de acuerdo con la profesión de los profesores-alumnos.

Tabla 2.

Respuestas más representativas de los profesores al problema de pinos con luces.

Perfil del profesor-alumno	Descripción de la respuesta	Interpretación
Química, en servicio.	Elaboró un dibujo para cada caso, y contó las pequeñas elipses que representaban las luces. Planteó una regla de tres directa para el pino 50.	Usó la heurística más concreta para los casos en que resulta viable. Para el caso en que el dibujo resultaría demasiado grande, utilizó la regla de tres, como si se tratara de una relación lineal que parte del origen de los ejes cartesianos.
Física, en servicio.	Planteó la ecuación de una recta con ordenada al origen y extrapoló.	Utilizó una heurística más abstracta, con base en la geometría analítica.
Matemáticas, en servicio.	Elaboró un procedimiento para resolver series.	Utilizó la heurística más abstracta, con base en el álgebra.

Uso de diferentes formas de representación

Para analizar el uso de la representación gráfica, se presentan los resultados de dos actividades. En la primera se proyectó una cápsula de video en la que se veía la trayectoria de un balón, desde el momento de que fue lanzado al aire, hasta que cayó. A partir de ello, los participantes debían dibujar una gráfica de posición – tiempo y otra de velocidad – tiempo, que ilustrara el proceso. La mayoría de los profesores-alumnos no pudieron elaborar la gráfica, debido a que no contaban con datos numéricos. En las figuras 2 y 3, se muestra la respuesta más interesante.

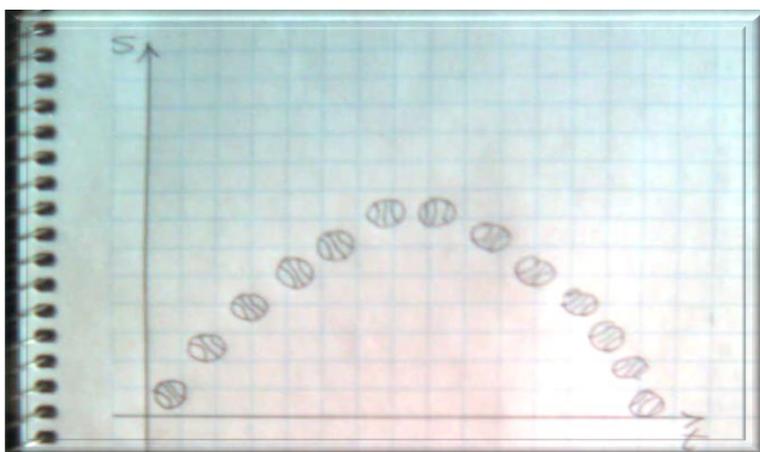


Figura 2. Gráfica posición - tiempo para ilustrar la trayectoria de un balón lanzado al aire, elaborada por un profesor de física en servicio

En la figura 2, se muestra el resultado que elaboró el profesor-alumno de física, en servicio, para representar el movimiento del balón en una gráfica de posición-tiempo. Se puede

ver que la representación es muy concreta, puesto que en lugar de marcar los puntos que representarían los datos, o bien la curva solamente, puesto que no había datos, se representa el balón en diferentes posiciones.

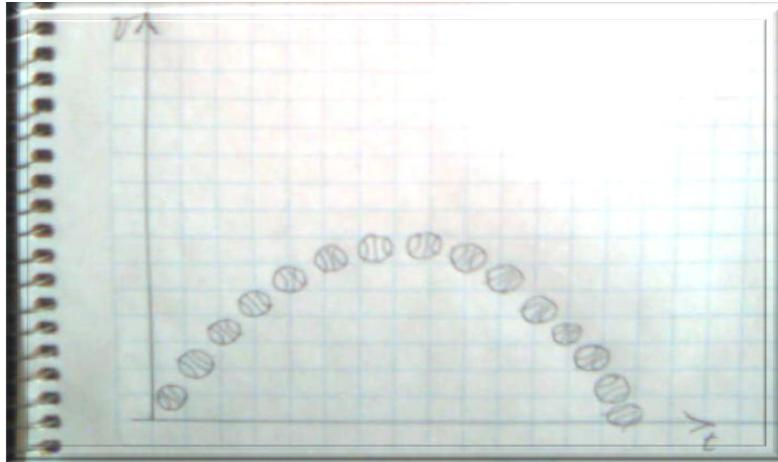


Figura 3. Gráfica velocidad - tiempo para ilustrar la trayectoria de un balón lanzado al aire, elaborada por un profesor de física en servicio

En la figura 3, se muestra el resultado del mismo profesor-alumno, para representar el movimiento del balón en una gráfica velocidad-tiempo. En este caso se puede ver que lo que está representando es la trayectoria descrita por el movimiento del balón y no la relación entre las variables, puesto que las dos gráficas son iguales, excepto por la etiqueta del eje de las ordenadas, que en el primer caso indica que se grafica la posición del balón, y en el segundo, la velocidad del mismo.

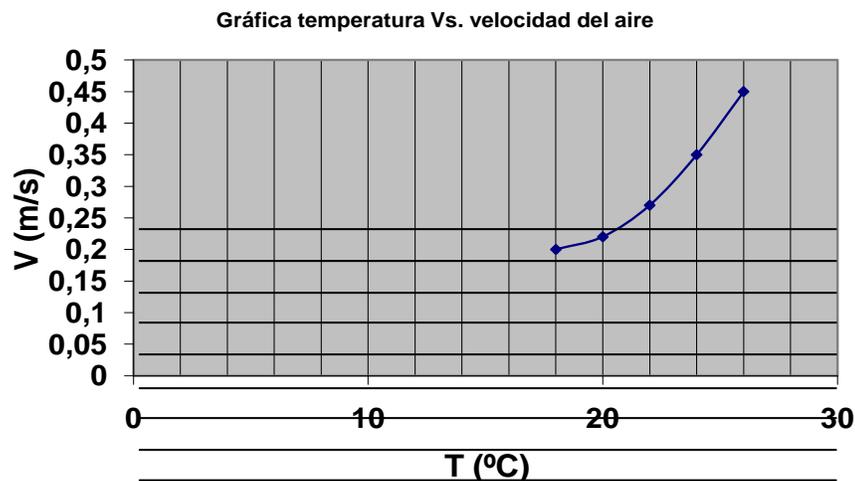
Posteriormente se les planteó un problema en contexto (figura 4), en el que se requería interpretar la representación gráfica para resolverlo, y traducir la información a un lenguaje simbólico. El tema matemático utilizado fue el concepto de variación y el contexto, la ergonomía.

Con respecto al inciso a) del problema en contexto no hubo dificultad, todos los profesores-alumnos pudieron resolverlo, pero ninguno de ellos pudo resolver correctamente el inciso b). La mayoría no identificaron el concepto de derivada, y quienes lo identificaron, en general expresaron que si se les daba la ecuación que representa la situación problemática, podrían resolverlo, pero no sabían qué hacer con la gráfica.

Las dos respuestas más representativas, debido a que si identificaron el concepto de derivada y obtuvieron un resultado, se presentan en la tabla 3.

Sedelmayer, un crítico de arte, al comentar acerca de la arquitectura actual, menciona que al diseñar los edificios se cuida que el ambiente de las oficinas resulte adecuado para el buen funcionamiento y cuidado de las computadoras u otros equipos de alto costo; sin embargo, no siempre estas condiciones son ideales para el ser humano. Por ello se han realizado investigaciones cuyo objetivo es identificar las condiciones ideales para poder realizar un trabajo sedentario de manera saludable y confortable.

En la siguiente figura, se muestra la gráfica de la velocidad media del aire permitida, en función de la temperatura del aire, de manera que no exista turbulencia, para un índice de molestia por corrientes de aire de un 15% de insatisfechos; aplicable a actividades ligeras, esencialmente sedentarias.



De acuerdo con los datos de la gráfica:

- ¿Cuánto cambia la velocidad del aire cuando la temperatura se eleva de 22 a 24°C?
- ¿Si se está ajustando el equipo, qué tan rápido ha de cambiar el valor de velocidad del aire, cuando la temperatura es de 22° C, para seguir cumpliendo con la norma marcada por la gráfica?

Explica cómo obtuviste tus respuestas.

Figura 4. Problema en contexto para identificar el uso de información a partir de una gráfica (González & Ruiz, 2009)

Tabla 3.

Respuestas más representativas de los profesores-alumnos al cuestionario.

Perfil del profesor-alumno	Respuesta	Interpretación
Física, preservicio.	Intentó obtener la solución geométrica, mediante la pendiente de la tangente, pero sólo elige dos intervalos y los compara.	Reconoció el concepto de derivada y su equivalencia con la pendiente de la tangente.
Matemáticas, preservicio.	Calculó la segunda diferencia, a partir de datos numéricos que obtuvo de la gráfica. Intentó obtener el ajuste por mínimos cuadrados, para obtener la ecuación de la función y derivar, pero no recordó como se hace.	Relacionó el problema con lo aprendido en laboratorio de física.

De lo anterior se puede observar el sesgo profesional que le da cada profesor-alumno a la solución de un problema dado y que con la actividad de debate se llega a consensos integradores de las ciencias.

Desventajas

En los modelos educativos actuales, centrados en el aprendizaje, se presenta la necesidad de involucrar a los estudiantes en actividades en las cuales se requiera un proceso reflexivo, creativo y socializado, que favorezca el desarrollo de las diversas competencias planeadas para la unidad de aprendizaje. Para que esas experiencias resulten enriquecedoras, es conveniente la formación de grupos en los que haya diversidad en el desarrollo de los diferentes aspectos de las competencias que se van trabajando; en las formas de aprendizaje y en los motivos e intereses involucrados. Sin embargo, si la diversidad es muy grande, los debates suelen requerir que se les dedique bastante tiempo y se corre el riesgo de que la discusión se desvíe del objetivo inicial. En el caso de los profesores-alumnos de diferentes disciplinas, la diversidad cultural es amplia, debido a la diferencia de lenguajes y formas de ver el mundo propias de cada disciplina, sumado a las diferencias personales normales en un grupo. Debido a ello, se dificulta la comprensión mutua entre los integrantes de disciplinas diferentes y como consecuencia, el tiempo invertido en la resolución de las actividades, algunos profesores-alumnos lo perciben como “pérdida de tiempo”; por este motivo, no concluyeron el proceso, argumentando que les parecía aburrido. Esto se presentó en algunos de los profesores de universidad, principalmente de matemáticas, puesto que les parece que lo importante es la abstracción, lo cual ellos dominan, pero expresaron falta de aprecio por los conocimientos concretos acerca de la naturaleza.

Límites

Se requiere contar con asesores de contenido de las diferentes disciplinas que imparten los profesores-alumnos, puesto que la instructora conoce de una de ellas, además de la didáctica involucrada, pero no de las demás. Lo ideal es que no sea solamente una instructora la que imparta el curso, sino un pequeño grupo que trabaje de manera colaborativa. Esto ocasiona que se requiera más personal para el proceso de formación de profesores.

Oportunidades

Existen experiencias en el nivel superior que muestran resultados prometedores en la práctica de una docencia interdisciplinar, mediante el modelo de la Matemática en el Contexto de las Ciencias, en donde se puede observar que éste es un camino ideal para la impartición de las asignaturas de matemáticas, pues ofrece aplicaciones que no son artificiales, sino al contrario, son del interés del alumno. Si el estudiante realmente tiene gusto por su carrera, encuentra en las ciencias básicas contextualizadas no solamente necesidad de ellas, sino también un profundo gusto por las mismas y gran interés por su dominio (Camarena, 2002).

El uso de este modelo genera la necesidad de que los docentes con formación de físicos, químicos o matemáticos, se preparen más en las demás disciplinas del área en donde laboran. Esto se puede resolver mediante procesos conjuntos de formación, que favorezcan la ampliación de la cultura científica de los profesores.

Conclusiones

Uno de los elementos importantes de la experiencia fue la evaluación de los profesores alumnos mediante estudio de casos a partir del análisis de las actividades en la formación conjunta de profesores de matemáticas, física y química, y de los productos elaborados por ellos durante el proceso de formación (González, 2003). Del análisis se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Los profesores-alumnos, al revisar propuestas de actividades de aprendizaje realizadas por otra persona, fueron capaces de identificar un mayor número y una gran variedad de oportunidades de aprendizaje que se podrían lograr con ellas, principalmente aquellas que no aparecen de manera explícita en la redacción, sino que se han de inferir.

Los profesores-alumnos fueron incluyendo en sus planes de clase cada vez más actividades de aprendizaje diversas, en las que se utilizan conceptos de diferentes campos disciplinares, para favorecer la formación de sus estudiantes. Principalmente incluyeron oportunidades para que los estudiantes desarrollen habilidades de comunicación; procesos cognitivos; estrategias de investigación y desarrollo de actitudes.

No todos los profesores-alumnos requieren el mismo tiempo para aprender los mismos contenidos. Algunos presentan avances y retrocesos, por lo que hay casos en los que un año resultó insuficiente para estructurar un modelo nuevo coherente, estable en el tiempo, para la elaboración de unidades didácticas.

Referencias y bibliografía

- Alsina, C.; Burgués, C.; Fortuny, J.; Giménez, J.; Torra, M. (1996). *Enseñar Matemáticas*, Barcelona, España: Graó.
- Caamaño, A. (1991). "Estructura i evolució dels projectes curriculars de Ciències experimentals", *Butlletí del Col·legi de Llicenciats de Catalunya*. Barcelona. (77), 1-8.
- Camarena, P. (1990). *Especialidad en docencia de la ingeniería matemática en electrónica*. Editorial ESIME-IPN, México, pp. 55.
- Camarena, P. (2008). *La Matemática en el Contexto de las Ciencias*. Memorias del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas, Perú, pp. 2, 5 y 6.
- Camarena, P. (2002). Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. En: *Revista Innovación Educativa* Parte I: 2 (10), 22-27 Parte II: 2 (11), 4-11.

- García, M.; Santos, M. (2000). El carácter interdisciplinar de la investigación en Dirección Estratégica de la Empresa. En: *Programa Interuniversitario de Doctorado "Nuevas Tendencias en Dirección de Empresas"* Universidad de Burgos, Universidad de Salamanca, Universidad de Valladolid (documento en línea) obtenido el 11 de enero de 2011 de: http://www3.uva.es/empresa/uploads/dt06_00.pdf , pp. 1-2.
- Gheisa, L. (2004). Hacia la integración curricular en la educación superior: reflexiones, necesidades y propuesta para la disciplina Integradora. En: *Revista Iberoamericana de Educación*. No. 34 (2004) (Documento en línea) obtenido el 11 de enero de 2011 de: <http://www.rieoei.org/deloslectores/789Ferreira.PDF>.
- González, L. (2003). *Estabilidad en el aprendizaje del uso de los trabajos prácticos en un proceso de formación de profesores*. Universidad Autónoma de Barcelona. [Documento en línea] en: http://www.tdx.cesca.es/TDX-1021103-172711/index_an.html, pp. 341-342.
- González, L. (2004). Estabilidad del aprendizaje y formación de profesores en ciencias. *Revista de Innovación Educativa*. 4 (23), 16.
- González, L.; Ruiz, E. (2009). *Evaluación de competencias para la formación integral. Un análisis cualitativo*. Memorias del IV Foro de Investigación educativa D.F., México.
- Pérez, D.; Rodríguez, C.; Velázquez, M.; Padrón, L.; Padrón, J. (2010) La interdisciplinariedad: un desafío para la docencia contemporánea. En: *Odiseo. Revista electrónica de pedagogía*. 8 (15). (Documento en línea) obtenido el 11 de enero de 2011 de: <http://www.odiseo.com.mx/correo-lector/interdisciplinariedad-desafio-para-docencia-contemporanea>
- Sanmartí, N. (2002). *La didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid, España: Síntesis, pp. 23-26.
- Tiberghien, A; Jossem, E.; Barojas, J. (1998). *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. International Commission on Physics Education 1997,1998. (documento en línea) obtenido el 17 de marzo de 2011 de: <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/D3.html>