



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

UN ESPACIO COMPARTIDO ENTRE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y LAS PRÁCTICAS DOCENTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA

Héctor Odetti*

José M. Domínguez Castiñeiras**

RESUMEN

Esta comunicación se refiere a la presentación del proyecto de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas financiado por la Agencia Española de Cooperación Iberoamerica (AECI). Se propone la vinculación de los niveles de enseñanza universitario y medio (estudiantes de 15-16 años), a través de la coordinación y cooperación interinstitucional, participando las Universidades de Santiago de Compostela (USC)-España y Nacional del Litoral (UNL) de Santa Fe-Argentina, con el propósito de acordar acciones concretas en Centros de enseñanza media de la zona de influencia de la UNL. Para ello, se han diseñado y propuesto secuencias de enseñanza sobre contenidos específicos de Ciencias y Matemática, basados en los resultados de la investigación educativa, que permitan ayudar a los profesores en su práctica docente, a los efectos de lograr un aprendizaje de mayor calidad en los estudiantes.

PALABRAS-CLAVE: Enseño de Ciencias e Matemáticas

1. Objeto del Estudio

Los objetivos que se proponen son:

- Propiciar la creación y el análisis de espacios comunes entre la investigación educativa y las prácticas docentes, con el propósito de acordar acciones concretas en

* Coordinador del proyecto en la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina. Cuenta con la participación de Claudia Falicoff y Adriana Ortolani. hodetti@fcb.unl.edu.ar

** Coordinador del proyecto en la Universidad de Santiago de Compostela, España. Cuenta con la participación de José Antonio Cajaraville y Susana García Barros. ddacabdz@usc.es



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

establecimientos de enseñanza media de la zona de influencia de la Universidad Nacional del Litoral;

- Diseñar secuencias de enseñanza sobre contenidos específicos de Ciencias y Matemática, que permitan ayudar a los profesores a modificar su práctica docente y a los estudiantes a conseguir un aprendizaje de mayor calidad;
- Identificar y seleccionar los factores que facilitan y obstaculizan la posibilidad de que los hallazgos y los resultados ya existentes en la investigación educativa sean transferidos a las prácticas docentes.

De modo general, el objetivo del proyecto es elaborar recursos educativos basados en la investigación, validarlos y difundirlos para facilitar la transferencia y aplicabilidad de los resultados de la investigación al aula con el objeto de ayudar al desarrollo profesional de los docentes y a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. Referencial teórico-metodológico

LEMKE (1997) Y JIMÉNEZ (1998), entre otros, piensan que dominar el campo de las ciencias requiere dominar su forma especializada de utilizar el lenguaje y la simbología para que los alumnos y alumnas sean capaces de construir significados con sus propias palabras. Este cambio de perspectiva implica explorar cuestiones que tienen que ver con la interacción entre ciencia, lenguaje, símbolos y comunicación, en situaciones de aprendizaje a través del análisis del discurso. Un aspecto de estos análisis es conocer qué tipo de argumentos construyen los estudiantes y en qué medida se modifican sus modelos y acciones al participar en actividades discursivas. Esta línea de investigación es en estos momentos muy activa dentro del área (LEMKE, 1997; JIMÉNEZ 1998; DUSCHL, 1991; DOMÍNGUEZ, et. al. 2001; GODINO, 2002; entre otros). Lo que hace el profesor en el aula tiene un efecto decisivo en lo que los estudiantes aprenden, y por tanto se debe fomentar la innovación, pero no de forma aleatoria sino basándose en



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

los resultados que emergen de la investigación educativa. Se espera que dichos resultados ayuden a los profesores a mejorar su práctica docente en los centros educativos y como consecuencia que los estudiantes adquieran una mejor comprensión de los contenidos científicos y matemáticos, y facilitar la transferencia de prácticas innovadoras a la enseñanza de la ciencia y de la matemática para todos los estudiantes.

Consecuentemente con lo dicho, para el diseño, desarrollo, aplicación y evaluación de las secuencias de enseñanza, que se propone para este proyecto, se ha seguido un modelo (SÁNCHEZ Y VALCÁRCEL, 1993; DOMÍNGUEZ et. al, 2001) que consta de cinco tareas: determinación del contenido académico; determinación de la problemática didáctica; selección, formulación y secuenciación de objetivos; estrategias de instrucción y secuencia de actividades; y selección de estrategias de evaluación.

Se ha puesto énfasis en la relevancia del discurso en el aula respecto del aprendizaje significativo. Aprender ciencias y matemáticas no sólo implica construir significados, sino también adquirir la capacidad de razonar y argumentar sobre problemas (JIMÉNEZ, 1998. GODINO, 2002) con el objetivo de poner de manifiesto la funcionalidad del conocimiento científico (CLAXTON, 1994; FURIÓ Y VILCHES, 1997).

De este modo, se fomenta el trabajo colaborativo (DRIVER, NEWTON Y OSBORNE, 2000) que no sólo influye positivamente en el aprendizaje de conceptos, sino también en el desarrollo de la capacidad de investigación (PONTECORVO Y ORSOLINI, 1992; LEMKE, 1997). Se pretende en todo momento favorecer un clima de aula de modo que los estudiantes sean conscientes de la importancia que tiene para su propio aprendizaje, el trabajo que ellos mismos realizan.

Para el diseño de la estrategia de instrucción y de las actividades de enseñanza-aprendizaje se ha seguido la propuesta de OLLERENSHAW Y RITCHI (1997) por considerar que se adapta adecuadamente a nuestro contexto educativo. Consta de tres fases:



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

Exploración: a partir de un determinado aspecto de la realidad a conocer, se fomenta la expresión personal del conocimiento cotidiano para llegar a la síntesis del conocimiento implícito;

Desarrollo: se facilita un proceso diversificado, mediante el que se demanda la síntesis del conocimiento explícito, escolarmente construido;

Aplicación: se propicia la transferencia de lo aprendido a la explicación de situaciones nuevas.

Desde esta perspectiva se pretende que el alumnado desarrolle, fundamentalmente, tres tipos de conocimientos (DUSCHL Y GITOMER, 1991; DRIVER, NEWTON Y OSBORNE, 2000): destrezas cognitivas y de razonamiento, conocimiento epistemológico-científico y destrezas sociales y de comunicación.

En el Proyecto se han diferenciado las siguientes fases:

Fase 1: Identificación y construcción de los espacios, en los que se reúnen investigadores, docentes universitarios, directivos y docentes de las escuelas destino, para mejorar los procesos de articulación entre escuela Media /Polimodal y la Educación Superior en las áreas Química, Física, Biología y Matemática.

Fase 2: Desarrollo conjunto y elaboración de las secuencias de enseñanza.

Fase 3: Aplicación de las secuencias de enseñanza en las aulas.

Fase 4: Evaluación del progreso en el aprendizaje de los estudiantes y de las prácticas docentes de los profesores, así como de la metodología utilizada.

En definitiva, el presente proyecto plantea la investigación educativa como base imprescindible para poder lograr cambios positivos y sustentables en el sistema educativo. Se organiza así en un modelo operativo que pretende construir y consolidar el espacio común entre la investigación educativa y las prácticas docentes en las áreas antes mencionadas. Involucra acciones educativas concretas sobre otros niveles educativos, sobre las que se volcarán rigurosas miradas de investigación, lo que



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

permitirá dar un salto cualitativo optimizando la comunicación y la potencialidad de los investigadores activos existentes en la USC e de la UNL.

Las fases 1 y 2, han quedado plasmadas en la publicación del libro “Actividades para la Enseñanza en el Aula de Ciencias: Fundamentos y Planificación” (ISBN: 978-987-508-888-7), que está en proceso de impresión. En él se fundamentan, planifican y estructuran las secuencias de actividades, especificando la metodología de trabajo, al tiempo que intenta servir de guía para orientar el trabajo de profesores y estudiantes. A modo de ejemplo, con respecto a la fase 2, mostramos dos de las actividades propuestas (estimación y aproximación, evolución) con indicaciones para el profesor.

Estimación y aproximación. Actividad 6. Desarrollo

a) Vamos a estudiar cómo afectan “pequeños” cambios en el término independiente de una ecuación de 2º grado a sus soluciones

Caso 1. Resuelve la ecuación $x^2 - 21x + 109 = 0$

Caso 2. Resuelve ahora la ecuación $x^2 - 21x + 108 = 0$.

Estudia el error absoluto, relativo y porcentaje de aproximación del término independiente y de cada una de las dos soluciones correspondientes.

b) Ahora analizamos cómo afectan “pequeños” cambios en el coeficiente de la x, en una ecuación de segundo grado a sus soluciones.

Caso 1. Resuelve la ecuación $x^2 - 22x + 108 = 0$.

Caso 2. Resuelve ahora la ecuación $x^2 - 21x + 108 = 0$

Estudia el error absoluto, relativo y porcentaje de aproximación del término independiente y de cada una de las dos soluciones correspondientes

Fase de exploración:

Esta fase tiene por objeto que los estudiantes, además de resolver las ecuaciones propuestas –un ejercicio que ya han practicado en muchas ocasiones- descubran si es

razonablemente lícito obtener soluciones enteras, modificando ligeramente uno de los datos de los coeficientes de la ecuación de partida (que no tiene soluciones enteras). En este caso, la intervención del docente estará encaminada a fomentar el debate en pequeños grupos, con cuestiones como: ¿Tiene soluciones enteras la primera de las ecuaciones propuestas?, ¿Cuáles estimas que serían las aproximaciones enteras más apropiadas de estas soluciones?, ¿Cuál sería entonces el nuevo término independiente (o el coeficiente de la x)? Las discusiones deberán provocar la emergencia de ideas previas, formulación de conjeturas y argumentaciones que deberán quedar registradas por escrito por parte de cada alumno.

Fase de desarrollo:

Se trataría de resolver las ecuaciones propuestas. Así, en el apartado a), las soluciones de la ecuación $x^2 - 21x + 109 = 0$ son, redondeando al segundo decimal: 9,38 y 11,62. Las de la $x^2 - 21x + 108 = 0$ son: 9 y 12. Al calcular los tipos de error cometidos en la sustitución del término independiente, obtenemos:

El error absoluto por cambios en el término independiente es $\varepsilon = 108 - 109 = -1$ (aproximación por defecto). El error relativo es $\varepsilon_r = |1/108| \approx 0,009$. El porcentaje de aproximación es $p = (1 \times 100)/109 \approx 0,9 \%$. En consecuencia se trata de una aproximación adecuada en los cálculos ordinarios. Sin embargo, en lo que respecta a las soluciones: 9,38 y 9; $\varepsilon = 9,38 - 9 = 0,38$; $\varepsilon_r = 0,38/9 \approx 0,04$; $p = (0,38 \times 100)/9 \approx 4,2\%$. Segundas soluciones: 11,62 y 12: $\varepsilon = 11,62 - 12 = -0,38$; $\varepsilon_r = |-0,38|/12 \approx 0,03$; $p = (0,38 \times 100)/12 \approx 3,2\%$

Se deriva un aumento del error relativo y del porcentaje de aproximación en comparación con la variación del término independiente, debido a la acumulación de errores por las operaciones realizadas con estos datos.

En cuanto al apartado b), los errores se propagan de forma más ostensible: $\varepsilon = -21 - (-22) = 1$; $\varepsilon_r = |1/22| \approx 0,04$; $p = |(1 \times 100)/21| \approx 4,8\%$. Primeras soluciones: 14,6 y 9; $\varepsilon =$



$14,6 - 9 = 5,6$; $\varepsilon_r = |5,6/9| \approx 0,6$; $p = (5,6 \times 100)/9 \approx 62,2\%$ Para las segundas soluciones 12 y 7,4: $\varepsilon = 7,4 - 12 = -4,6$; $\varepsilon_r = |-4,6/12| \approx 0,38$; $p = (4,6 \times 100)/12 \approx 38,3\%$

En este caso, se observa que los errores relativos y los porcentajes de aproximación aumentan más significativamente que en el caso anterior, hasta convertir las soluciones aproximadas en totalmente inviables en la práctica.

Fase de aplicación:

En esta fase se trata de consolidar el significado de la propagación de errores visto en un contexto específico como el anterior, a otros contextos, que permita dotar de diferentes sentidos complementarios a dicha noción, para lograr una comprensión más profunda en los estudiantes. Por ejemplo, citamos sistemas de ecuaciones lineales mal condicionados.

Tenemos dos sistemas de 2 ecuaciones lineales con 2 incógnitas, ambos son iguales salvo un “pequeño cambio” en el coeficiente de la x de la 2ª ecuación (1,05 por 1,1)

$$1^{\circ}: x + 2y = 10$$

$$1,05x + 2y = 10,4$$

$$\text{Soluciones: } x=8; y=1$$

$$2^{\circ}: x + 2y = 10$$

$$1,1x + 2y = 10,4$$

$$x=4; y=3$$

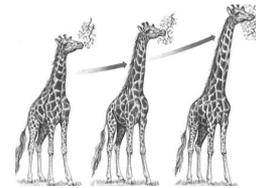
Determinar los errores relativos en el coeficiente de la x (2ª ecuación) y en las soluciones.

Evolución. Actividad 9: Desarrollo

Lamarck, recogiendo ideas de sus contemporáneos, esbozó su teoría sobre la evolución biológica, tratando de dar respuesta al mecanismo de la evolución. En el cuadro que se presenta a continuación se expone una síntesis de la misma. Debéis leer estas ideas y utilizarlas para volver a interpretar las situaciones que ya habéis interpretado personalmente en la actividad número 7.

Con objeto de facilitaros el trabajo se presentan nuevamente las situaciones citadas:

Los insecticidas son eficaces en un momento determinado y los insectos mueren, pero con el tiempo dejan de serlo y no resultan letales para estos organismos.



El cuello de las jirafas es mas largo que el de sus antecesoras

Con el paso del tiempo los topos se fueron quedando prácticamente ciegos y fueron desarrollando unas patas que están muy bien adaptadas para construir galerías.

Ideas básicas de la teoría evolucionista de Lamarck

Los individuos cambian físicamente durante su vida para adaptarse al medio que habitan.

Los organismos adquieren caracteres que no tenían sus progenitores. Estos cambios o caracteres adquiridos se deben al uso o desuso de sus órganos, es decir la necesidad hace que se use más un órgano y eso contribuye a su desarrollo

Los caracteres adquiridos, es decir los órganos que ha desarrollado un individuo a lo largo de su vida, se transmiten por herencia biológica a sus descendientes

La sucesión de cambios adaptativos muestra una tendencia hacia complejidad y la perfección. Los factores ambientales del medio favorecen ese proceso.

Se trata de una actividad que trata de promover la aplicación de las ideas de Lamarck a una situación concreta. Generalmente los textos ejemplifican la teoría de Lamarck con el incremento evolutivo del tamaño del cuello de las jirafas. Sin embargo puede resultar más formativo para el alumno/a que las aplique a otras situaciones. Por ello insistimos nuevamente en aquellas sobre las que reflexionó personalmente con anterioridad.



Este proceso sin duda resulta más difícil para el estudiante, lo que quizás requiera una mayor dirección y supervisión por parte del profesor/a, que debe cerciorarse de que el joven comprende y aplica adecuadamente las ideas evolucionistas.

3. Resultados

Uno de los resultados más destacables de la investigación ha consistido en el estudio, discusión, diseño y planificación de secuencias de enseñanza para elaborar una propuesta de cuatro unidades didácticas relativas a Matemáticas, Física, Biología y Química en el nivel de intermodal. Fruto de este estudio es la publicación antes citada, en la que se discuten fundamentos epistémicos y cognitivos para el diseño y desarrollo de las secuencias didácticas, que cristalizan en la posterior elaboración de las mismas, que se estructuran en propuestas de actividades para los estudiantes e indicaciones de carácter metodológico para el profesor.

Actualmente, la investigación se encuentra en la fase final de evaluación de las secuencias de actividades propuestas, realizadas, en el aula, por profesores y estudiantes que intervinieron en el proceso. Para ello, se han propuesto criterios de evaluación cualitativa, basada en las respuestas de los participantes, relativas a las actividades diseñadas previamente, que se incluyen en la publicación mencionada, referidas a las siguientes temáticas:

- Estimación y aproximación (matemáticas).
- Transferencia de energía e incremento de temperatura. Implicaciones en los cambios producidos en un sistema material (física).
- Evolución (biología).
- Disoluciones (química).



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

Los primeros datos obtenidos, en relación con la evaluación que los profesores realizan, de la puesta en práctica de las secuencias de enseñanza (relativas a la temática estimación y aproximación) indican, casi por unanimidad, que:

Los contenidos que se trabajaron son adecuados para el alumnado del curso concreto de intermodal en el que se realizaron las secuencias de actividades.

La valoración de la secuencia en la que se introducen los contenidos de aprendizaje, es positiva, tanto en su estructura como en sus propuestas.

La metodología empleada, en cuanto al tipo de actividades que se proponen, es considerada adecuada, así como el grado de independencia del alumno y la colaboración del profesor en las ayudas al estudio. El tiempo que demanda su desarrollo es, sin embargo, considerado escaso.

d) En relación con el diseño de secuencia de enseñanza, en comparación con el método y el tipo de secuencias de enseñanza que emplean habitualmente en el aula, las respuestas de los profesores discrepan algo, aunque, en general, reconocen que se trata de una metodología adecuada, en donde se potencia más la actividad de los estudiantes, indicando que les parece apropiado emplear, en lo sucesivo, las secuencias de enseñanza para trabajar en clase. Señalan, no obstante, que algunas de las actividades (sobre todo las que se refieren a contextos que forman parte de las vivencias cotidianas) despertaron, en los estudiantes, mayor interés que otras.

Aunque estos resultados son todavía parciales, indican una tendencia en las concepciones y creencias de los profesores en relación con esta temática, sus motivaciones e interés en trabajar con las secuencias de actividades propuestas, las dificultades e inconvenientes encontradas en la resolución de las mismas y las ventajas metodológico-didácticas de una propuesta de estas características, en comparación con las que tradicionalmente desarrollan en sus clases.



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

REFERÊNCIAS

- BENARROCH, A. (1998). Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia. Descripción, análisis y predicción de características y dificultades. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- BISHOP, B et. al. (1986). Evolution by natural selection: a teaching module. Michigan: Institute for Research and Teaching. Michigan University.
- CERVANTES, A. (1987). Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica. Enseñanza de las Ciencias, 5 (1), 66-70.
- CHEVALLARD, Y. (1985). La transposition didactique. Grenoble: La Pensée sauvage.
- CLAXTON, G. (1993). Mintheories: a preliminary model for learning science. Children's informal ideas in science. Routledge: Black y Lucas.
- CLAXTON, G. (1994). Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela. Visor.G Madrid. España.
- DOMÍNGUEZ J.M. et. al (2007). Actividades para la Enseñanza en el Aula de Ciencias: Fundamentos y Planificación). Servicio de Publicaciones de la UNL. Santa Fe. Argentina.(en prensa).
- DOMÍNGUEZ J.M. et. al. (2001). Fundamentos para la planificación de una propuesta de enseñanza en la E.S.O. Cambios en un sistema material. Adaxe. Revista de Estudios y Experiencias Educativas, 17, 311-336 .
- DOMÍNGUEZ J.M.; PRO, A.; GARCÍA-RODEJA, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de Calor y Temperatura: un estudio transversal. Enseñanza de las Ciencias, 16 (3), 461-475.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, 84(3), 287-312.
- DUSCHL, R.A.; GITOMER, D.H. (1991).Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. Journal of Research in Science Teaching, 28 (9), 839-858.
- DUVEEN, J., y SOLOMON, J. (1994). The Great Evolution Trial: Use of Role-play in the classroom. Journal of Research in Science Teaching, 31(5), 575-582.
- ERICKSON, G.L.; TIBERGHIE, A. (1989). Calor y Temperatura. En Driver, R. et al. Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia. Madrid: MEC/Morata.
- FURIÓ, C., y VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las Ciencia y las relaciones Ciencia, Tecnología y sociedad. En Del Carmen L. y otros (Eds.), La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria. ICE Universitat de Barcelona, HORSORI. Barcelona. España.
- JIMÉNEZ, M^a.P. (1998).Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 16 (2), 203-216.



ISSN: 2175-5493

VII COLÓQUIO DO MUSEU PEDAGÓGICO

14 a 16 de novembro de 2007

GODINO, J.D. (2002). Un enfoque ontosemiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 22 (2/3): 237-284.

LAWSON, A. E., y THOMPSON, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 733-746.

LEMKE, J. L. Aprender a hablar de ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores. Paidós. Barcelona. España. 1997.

MARIN, A. (1997). Programación de unidades didácticas. En L. Rico (coord.). *La Educación Matemática en Secundaria*. Barcelona. ICE-Horsori.

OLLERENSHAW, CH.; RITCHIE, R. (1997). *Primary Science. Making it work*. London: David Fulton Publishers,

PONTECORVO, C. y ORSOLINI, M. (1992). Analizando los discursos de las prácticas alfabetizadoras desde la perspectiva de la actividad. *Infancia y Aprendizaje*, 58, 125-141.

SÁNCHEZ, G.; VALCÁRCEL, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 33-44.

SEGOVIA, I. et al. (1989). *Estimación en cálculo y medida*. Madrid. Síntesis.