

De la universidad a la escuela: no es fácil la indagación científica

María José GIL QUÍLEZ
María Begoña MARTÍNEZ PEÑA
Milagros DE LA GÁNDARA GÓMEZ
José Miguel CALVO HERNÁNDEZ
Ángel Luis CORTÉS GRACIA

Correspondencia

María José Gil Quílez
Begoña Martínez Peña
Milagros de la Gándara Gómez
José Miguel Calvo Hernández
Ángel Luis Cortés Gracia

Departamento de Didáctica de las
Ciencias Experimentales. Facultad
de Educación
Universidad de Zaragoza. San
Juan Bosco, 7. 50009 Zaragoza
Tel. 976761311
Fax. 976762071

E-mails:
quilez@unizar.es
bpena@unizar.es
mgandara@unizar.es
jmcaltho@unizar.es
acortes@unizar.es

Recibido: 15/03/08
Aceptado: 30/06/08

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar la aplicación de una metodología de indagación en la formación inicial de maestros. Se trata de identificar el grado de desarrollo de sus competencias frente a los retos que la sociedad plantea en materia de cultura científica. Mediante la creación de contextos didácticos específicos, el alumnado se enfrenta a problemas abiertos, que implican una duda real y que requieren la elaboración de estrategias de resolución diversas, fundamentadas y susceptibles de aplicación en las aulas de Primaria. Las habilidades de indagación que muestran nuestros estudiantes en diversas experiencias de laboratorio se contrastan con las que aplican posteriormente con alumnos de Primaria.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las Ciencias, Indagación, Transposición Didáctica.

From university to school: scientific inquiry is not easy

ABSTRACT

The aim of this article is to show the application of an inquiry methodology in teacher training. The purpose is to identify the stage of development of their competences to face social challenges as regards scientific culture. By creating specific didactic contexts, students

confront open problems entailing a real query. This requires to devise several well-founded solving strategies liable to be applicable in Primary School classes. Inquiry abilities shown by our students during several laboratory experiences are contrasted with the ones subsequently applied with Primary School students.

KEY WORDS: Teaching of Science, Inquiry, Didactic Transposition.

Introducción

Las actividades prácticas de laboratorio permiten aumentar el interés de los alumnos, el conocimiento de conceptos y procedimientos científicos, así como la adquisición de nuevas competencias que permiten a los alumnos construir nuevos conocimientos. Así mismo, un aspecto importante del trabajo de laboratorio es que ayuda a los alumnos a clarificar sus ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. A pesar de que lo anterior viene refrendado por múltiples trabajos de investigación (BARBERÁ y VALDÉS, 1996; HOFSTEIN y LUNETTA, 2004; LUNETTA, HOFSTEIN y CLOUGH, 2007), su escasa representación en el aula de Primaria hace pensar que los docentes no asumen su importancia, y por tanto, su necesidad. Se han presentado diversas hipótesis acerca de las causas de este fenómeno, teniendo en cuenta que no sólo se hacen pocas prácticas, sino que las que más se valoran por la investigación en didáctica de las ciencias (la resolución de problemas), son precisamente las que menos se ejercitan. Esta cuestión ha sido ampliamente discutida en el ámbito de la etapa secundaria, pero son relativamente escasas las aportaciones llevadas a cabo entre el profesorado de Primaria.

En la actualidad, la tendencia sugerida por los informes de la Unión Europea (ROCARD, 2007; OSBORNE y DILLON, 2008) y por los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias (JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 1998, 2000; IZQUIERDO, SANMARTÍ y ESPINET, 1999; SANMARTÍ, IZQUIERDO y GARCÍA, 1999; SANMARTÍ, 2002; CHINN y MALHOTRA, 2002; PUJOL, 2003; GIL QUÍLEZ y DE LA GÁNDARA, 2005; CORTÉS y DE LA GÁNDARA, 2006, etc.) es que para poder obtener ciudadanos formados científicamente para el siglo XXI es necesario revisar radicalmente la manera en que se está enseñando la ciencia en nuestras escuelas. La indagación científica hace referencia a las diferentes formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. Indagación se refiere también a las actividades de los alumnos, en que ellos desarrollan tanto el conocimiento y la comprensión de las ideas científicas como el entendimiento de la forma en que los científicos estudian el mundo natural. La indagación es un proceso intencional de diagnóstico de problemas, crítica de experimentos y distinción de alternativas,

planificación de investigaciones, investigación de conjeturas, búsqueda de información, construcción de modelos, debate con compañeros y construcción de argumentos coherentes. En este sentido, las actividades de laboratorio permiten trabajar y construir conceptos de ciencias utilizando estrategias propias de la indagación.

Como ejemplo, se ha puesto de manifiesto que las bases filosóficas de la educación biológica siguen siendo las mismas que hace más de 130 años, desde que T. H. Huxley (1875) hizo el primer currículo coherente de Biología (SLINGSBY, 2006). La biología en particular, y las ciencias naturales en general, que para muchos alumnos, sobre todo en los primeros niveles de enseñanza, constituyen una fuente de motivación, van siendo consideradas menos interesantes conforme avanza la escolarización, por encontrarlas alejadas de sus vivencias y preocupaciones (ROWLAND, 2007; TUNNICLIFFE y UECKERT, 2007). Este aspecto se encuentra reseñado por la Unión Europea en el informe de Rocard (2007), en el que se hace referencia a la alarmante disminución de estudiantes en las licenciaturas científicas, y recomienda, entre otras medidas, incidir en una enseñanza de las ciencias por indagación desde los primeros ciclos. Es necesario que los maestros en formación sean capaces de transmitir emoción ante el conocimiento de la ciencia, de manera que puedan captar el interés y la ilusión necesarios para la participación activa de los alumnos de Primaria.

Los maestros en formación no sólo tienen que aprender conceptos y procedimientos de ciencias, sino también las habilidades necesarias para poder realizar la transposición didáctica de estos conceptos y procedimientos al aula de Primaria (CHEVALLARD, 1985; BROUSSEAU, 1989). Es difícil, por tanto, adscribir la metodología empleada en este trabajo a una categoría particular. Nuestro interés se centra en desarrollar un principio que comparten todas estas metodologías, como es la necesidad de integrar lo que el alumno y el profesor piensan y hacen en torno a la construcción de conocimiento científico en el aula.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación cuyo principal objetivo es conocer qué aspectos de la indagación utilizan los maestros en formación en diversas experiencias de laboratorio, y cuáles utilizan posteriormente en la transposición de esas experiencias a los alumnos de Primaria. En este artículo se presenta un análisis de la situación de partida de los alumnos de Magisterio, basada en el trabajo con un grupo de clase que cursaba una asignatura de ciencias experimentales en la que el desarrollo de competencias relacionadas con la investigación era uno de los objetivos explícitos de la misma. También se muestran algunos aspectos de la experiencia docente llevada a cabo con alumnos

de Educación Primaria en la que participaron los mismos estudiantes de Magisterio citados anteriormente.

Marco teórico

Tradicionalmente, enseñar ciencias ha consistido fundamentalmente en transmitir un conocimiento elaborado, más que en impulsar la evolución y construcción de las ideas del propio alumnado. Esta idea se corresponde con el modelo vivido y aprendido durante los años de escolarización, tanto en los niveles no universitarios como en los universitarios, y suele responder a la creencia de que la ciencia es un conjunto de verdades reproducidas en los libros que deben ser explicadas y memorizadas. Una alternativa a este modelo de enseñanza pasaría por entender la génesis de la ciencia como un proceso largo y complejo de construcción de teorías y modelos explicativos en relación con los fenómenos naturales. En este proceso, tanto la experiencia como las palabras que se van utilizando juegan un papel importante (PUJOL, 2003). Desde esta perspectiva, lo importante es encontrar actividades que permitan promover la expresión de las propias ideas sobre el objeto de estudio, el contraste entre ellas y el planteamiento de preguntas significativas, así como actividades que permitan resolverlas para plantear nuevas cuestiones, es decir, promover un modelo de enseñanza de las ciencias por indagación.

En la tabla I, basada en Grandy y Dulch (2007), se esquematizan las acciones que debería poder realizar un alumno dentro de un contexto de indagación dirigida. De acuerdo con este esquema, es preciso diseñar actividades y experiencias concretas que permitan al alumnado desarrollar progresivamente estas acciones.

TABLA I. Acciones relativas al proceso de indagación científica (GRANDY y DULCH, 2007).

Se implica (participa, propone) en preguntas con un enfoque científico
Responde cuestiones dando prioridad a la evidencia
Formula explicaciones a partir de las evidencias
Relaciona las explicaciones con el conocimiento científico
Comunica y justifica explicaciones
Es capaz de elaborar críticas apropiadas de explicaciones alternativas
Puede criticar sus propias explicaciones
Puede construir cuestionarios para discriminar entre explicaciones
Puede reflexionar sobre el hecho de que a veces hay múltiples explicaciones y no una respuesta definitiva

En este trabajo nos planteamos el análisis de la enseñanza de las ciencias por indagación a dos niveles, uno en la enseñanza universitaria y otro en la enseñanza Primaria:

- En un primer nivel se trabaja con los futuros maestros en la Facultad de Educación, con el objetivo de que desarrollen una serie de competencias que les permitan realizar la transposición didáctica de dicho modelo de enseñanza al aula de Primaria. Para llevarla a cabo, hemos planteado la realización de pequeñas investigaciones con diversos organismos vivos que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos, en un contexto donde los estudiantes de Magisterio han tenido oportunidad de proponer preguntas, seleccionar variables, controlarlas, medirlas, observar, diseñar experiencias, etc. La tarea del profesorado universitario, en este caso, es fundamentalmente de guía y apoyo, contemplándose acciones como reforzar, matizar o cuestionar las conclusiones del alumnado a la luz de las aportaciones y conocimientos científicos para los problemas planteados. Con todo ello, se pretende, por un lado, desarrollar su capacitación científica, es decir, adquirir conocimientos científicos y promover procesos cognitivos relativos a la indagación; y, por otro, preparar a los futuros maestros para una enseñanza de las ciencias naturales acorde con las necesidades de la sociedad actual (SLINGSBY, 2006; ROWLAND, 2007).
- En un segundo nivel se trabaja con los alumnos de primer ciclo de Educación Primaria. El objetivo sería iniciar a los escolares en las destrezas básicas de la indagación desde los niveles más elementales. La tarea del profesorado, como en la situación anterior, consiste en apoyo y dirección, destacando que en este caso el profesorado estaba formado tanto por los maestros de Primaria como por los de la Facultad que semanalmente visitaban el colegio.

Descripción de la actividad

Alumnos de Magisterio

El trabajo se realizó con 16 estudiantes de la Facultad de Educación de Zaragoza que cursaban la asignatura optativa “Diversidad de los seres vivos”, definida con tres créditos teóricos y tres prácticos y con los siguientes objetivos generales:

- Aproximación al conocimiento de la flora y de la fauna de Aragón.
- Desarrollo de habilidades de investigación acerca del conocimiento de los seres vivos.

- Reflexionar sobre las implicaciones didácticas del conocimiento de los seres vivos en el contexto de la Educación Primaria.

En esta asignatura se valora especialmente la implicación activa de los estudiantes en el desarrollo de las sesiones. Al tratarse de un grupo reducido es posible un seguimiento personalizado de la actividad de los estudiantes, lo que facilita sentar las bases y refinar la metodología para aplicarla a grupos más numerosos de alumnos.

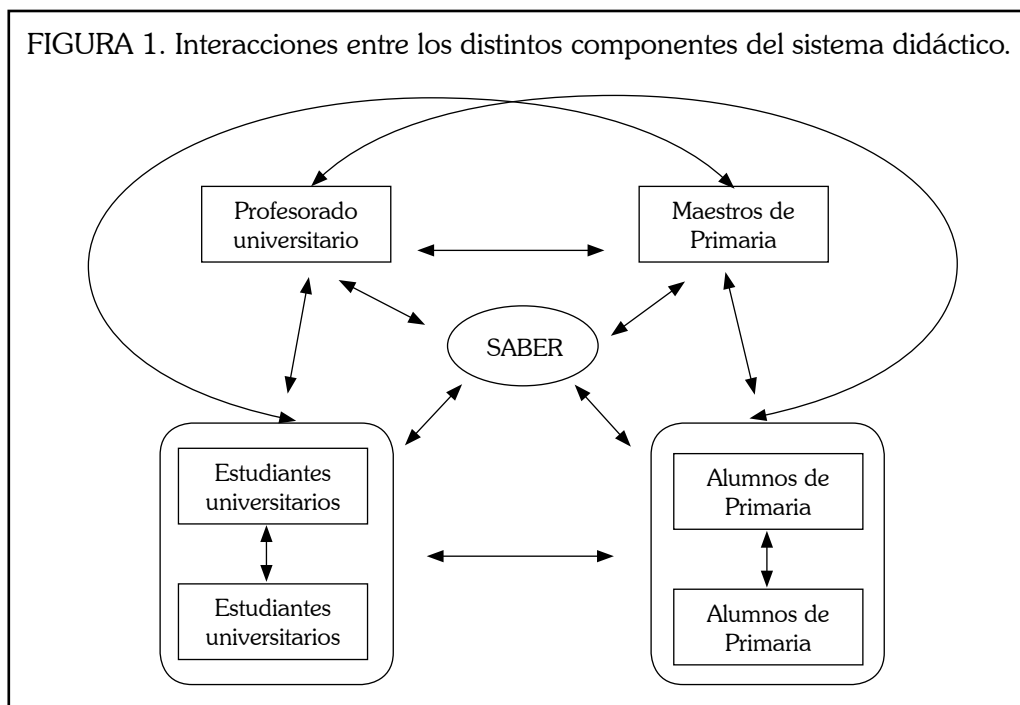
El trabajo a realizar con los estudiantes de Magisterio se plantea en cuatro fases:

- 1) La primera tiene como objetivo crear un *contexto de indagación*, a través del enfrentamiento progresivo a situaciones que, por experiencias en cursos anteriores y avaladas por otros trabajos en investigación didáctica, son potencialmente heurísticas (SANMARTÍ, 2002; PUJOL, 2003; CORTÉS y DE LA GÁNDARA, 2006, 2008; GIL QUÍLEZ *et al.*, 2008). Los estudiantes trabajan en dos equipos, cada uno con un acuario, con el fin de delimitar una metodología de observación sistemática, donde se analiza la situación, se identifican variables del sistema, se formulan y se seleccionan hipótesis, se comparan y se discuten estrategias de contrastación. Estos acuarios contienen Guppies (*Poecilia reticulata*), que son unos peces muy interesantes desde el punto de vista didáctico, ya que: a) tienen un dimorfismo sexual acentuado fácil de observar; b) tienen una tasa de reproducción alta, lo que permite hacer observaciones sobre evolución de la población; c) son ovovivíparos, a diferencia de otros peces, por lo que se pueden hacer observaciones del desarrollo y crecimiento ya desde los alevines recién nacidos; y d) se pueden obtener fácilmente en el mercado y son sencillos de mantener en el acuario.
- 2) La segunda fase tiene como objetivo afianzar el contexto de indagación de la fase anterior (promover la autorregulación del aprendizaje). Para ello, se plantea a los estudiantes aplicar las habilidades trabajadas en el estudio de los peces del acuario, así como su modelo de ser vivo, al estudio de otros organismos, donde varían prácticamente todas las condiciones claves del sistema. Se trata de estudiar la vida de tres especies diferentes de insectos (insecto palo, escarabajo de la harina y grillo), cada una en un terrario diferente. Se pretende que los estudiantes formulen hipótesis sobre la alimentación, la reproducción y el desarrollo, contemplando estos procesos desde la interacción entre los organismos y sus ambientes.

En estas dos fases iniciales tiene una importancia fundamental la interacción entre los compañeros, poniéndose en evidencia cómo se plantean las propuestas

de estudio, cómo las defienden y cómo argumentan a favor o en contra de las mismas (figura 1). El lenguaje de la ciencia juega un papel fundamental en los procesos de aprendizaje, permitiendo ver unidad en la diversidad de los fenómenos (JORBA y SANMARTÍ, 1996; ROTH y LUCAS, 1997), es decir, distinguir lo que es trivial de lo que es significativo para el fenómeno, los datos empíricos de los teóricos, las conjeturas de las hipótesis, las evidencias de las creencias, la precisión de la ambigüedad, las conclusiones, las predicciones, etc. A lo largo de estas fases de indagación y discusión del alumnado, el profesor también está presente. Durante el intercambio de información, tiene lugar un fenómeno asociado a la transposición del saber, que se manifiesta de forma distinta en el diálogo entre los estudiantes y el profesorado, por un lado, y entre los propios compañeros, por otro. El lenguaje que emplean con el profesor es más críptico que el que utilizan con sus compañeros, ya que esperan que el profesor “construya” la explicación a partir de las palabras clave que ellos utilizan. En cambio, son más explícitos con sus compañeros y utilizan un lenguaje menos formal, desde el punto de vista científico, ya que para ellos es un diálogo entre iguales. Las ciencias, y la misma clase de ciencias, se desarrollan gracias a la autorregulación de las propias ideas, que tiene lugar a su vez, a través del diálogo y de la comunicación (SANMARTÍ, IZQUIERDO y GARCÍA, 1999).

FIGURA 1. Interacciones entre los distintos componentes del sistema didáctico.



- 3) De acuerdo con este planteamiento, en una tercera fase posterior al estudio realizado a lo largo del curso, y por grupos, los estudiantes elaboraron unos carteles para plantear a los alumnos de Educación Primaria los aspectos más significativos sobre los organismos estudiados y su medio. Además, en esta fase, los estudiantes de Magisterio debían elaborar distintas propuestas para abordar los contenidos científicos estudiados y llevarlas a cabo con los alumnos de Educación Primaria. Se trata de la transposición didáctica del maestro en formación al novato (figura 1). El objetivo es comprobar si los estudiantes de Magisterio plantean propuestas de enseñanza por indagación, o por el contrario realizan propuestas didácticas a menudo calificadas de tradicionales (modelo de transmisión-recepción), más bien ilustrativas o de ejemplificación de una teoría previamente establecida.
- 4) Finalmente los alumnos debían presentar un informe con el estudio llevado a cabo en el acuario y terrario, incluyendo una reflexión sobre la relación de dicho estudio con la propuesta didáctica aludida en la fase anterior.

Fase 1. Creación de un contexto de indagación: estudio de los acuarios

Los estudiantes de Magisterio comienzan su trabajo de indagación trabajando en primer lugar con los acuarios. En el laboratorio disponían de dos acuarios, cada uno de ellos contaba con guppies, un pez limpiador (que se alimenta con restos de comida y algas presentes en la pecera), caracoles y elodeas (plantas acuáticas). A lo largo de todo el cuatrimestre debían estudiar el acuario para conocerlo y poder proponer preguntas que pudieran ser objeto de una pequeña investigación a realizar en el laboratorio, para posteriormente hacer una propuesta de trabajo a desarrollar con los alumnos de Primaria.

Los acuarios se encontraban ya montados, y a los alumnos se les dieron las instrucciones básicas del mantenimiento del acuario: éstos debían conectar el aireador, dar de comer a los peces, controlar la temperatura, el pH y el nivel de nitritos. Los estudiantes debían responsabilizarse del cuidado sistemático de los acuarios y de su funcionamiento. Junto a estas primeras normas aparece un primer acercamiento al planteamiento de preguntas formuladas por la profesora de la asignatura:

- ¿Qué hay en el acuario? ¿Es importante saber su número? ¿Por qué? ¿Cómo los podemos contar?
- ¿Qué se puede estudiar en el acuario?

- ¿Qué competencias se pueden trabajar con el acuario en el aula de Primaria?

Así mismo, se pide a los alumnos que diseñen una ficha de observación del acuario (figura 2) para facilitar la tarea de la toma de datos. Los estudiantes diseñan la ficha, se reparten la tarea de tomar estos datos y deciden la periodicidad. Cada semana exponen a los compañeros y a la profesora lo que han observado. Esta ficha fue diseñada basándose principalmente en el mantenimiento que necesitaba el acuario y no fue modificada durante el curso. Llama la atención, por ejemplo, que propusieran las bacterias como objeto de observación. Esto puede ser debido a que cada quince días se añadía al acuario un producto denominado “Stress zyme”, que consiste en bacterias para controlar los niveles de nitritos. Paradójicamente, no incluyen los nitritos como variable a estudiar, aunque periódicamente se realizaba un test de los mismos en el acuario.

FIGURA 2. Ejemplo de ficha de observación del acuario propuesta por un equipo.

FICHA DE OBSERVACIÓN DEL ACUARIO		
FECHA: 26-03-07	pH: 6	T°: 27/28° C
	Nº	OBSERVACIONES
Guppies	40	Hay dos peces muertos
Corydoras Paleatus	1	
Caracolas	Algunas	
Plantas		
Bacterias		

Fase 2. Introducción a la indagación científica: estudio de los terrarios

Posteriormente se introdujeron en el laboratorio tres terrarios con insectos palo, escarabajos de la harina y grillos, respectivamente. De nuevo la actividad comienza con unas indicaciones básicas para el cuidado de los distintos organismos y se divide a la clase en tres grupos, de manera que cada grupo se encarga de un terrario. Como en el caso anterior, deben estudiar el terrario, tomar datos sistemáticos, plantearse preguntas, etc. Cada semana informan al resto de sus compañeros y a la profesora sobre lo que han observado.

Evaluación de las dos primeras fases:

Cada dos o tres semanas, los alumnos exponían la marcha de su trabajo. De estas exposiciones, y del seguimiento diario de las clases, de acuerdo con la Tabla I, se valoraban los siguientes puntos:

- Trabajo en equipo (todos participan, hay un alumno que lleva el peso del trabajo, hay puesta en común,...).
- Datos y observaciones: recogida sistemática y periódica.
- Inclusión de nuevas variables para estudiar (no sugeridas por el profesor).
- Interpretación de datos y observaciones.
- Detección de errores en sus observaciones, es decir, las cuestionan o son capaces de criticarlas.
- Lenguaje: presencia de descripciones y explicaciones bien construidas y científicamente aceptables.
- Modelización: construcción de un modelo cada vez más complejo de ser vivo, incluyendo más elementos y las relaciones entre los mismos.
- Planteamiento de preguntas y propuesta de nuevas actividades.

Así mismo, se tenía en cuenta en cada exposición si los compañeros que estaban escuchando planteaban preguntas, ya que era una manera de detectar el interés y la curiosidad que habían despertado con la exposición.

Fase 3. Elaboración y puesta en práctica de propuestas didácticas para el aula de Primaria

En esta fase, los estudiantes de Magisterio debían exponer los resultados de su indagación sobre los terrarios mediante la confección de carteles para introducir en el estudio de los distintos organismos a los alumnos de Primaria. Los carteles deberían ser motivadores y recoger aquellos aspectos de su investigación susceptibles de despertar la curiosidad en los escolares. Además, debían realizar diversas propuestas didácticas para trabajar con dichos alumnos.

Evaluación del póster:

La observación del póster debería sugerir alguna pregunta que funcionase como detonante del proceso de enseñanza (ya sea de los seres vivos, de los

insectos palo, de la biodiversidad, del medio, de las relaciones, etc.), por lo que para su evaluación se tuvo en cuenta:

- Título atractivo frente al meramente informativo.
- Enfoque: atomista (centrado exclusivamente en la anatomía) o sistémico (centrado en las relaciones con el ambiente); descriptivo o explicativo (con relaciones causales).
- Recogida de observaciones del trabajo de investigación de los terrarios.
- Presencia o ausencia de errores.
- Adecuación de los contenidos al nivel educativo.

Fase 4. Informes de la investigación de los estudiantes

A final de curso, los alumnos de Magisterio debían presentar un informe escrito con los datos obtenidos, las conclusiones y una pregunta o propuesta de investigación para el aula de Primaria.

Evaluación del informe:

Además de la propia redacción del informe, se buscaba la reflexión final sobre todo el trabajo realizado así como las habilidades para comunicarlo, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Título informativo.
- Datos recogidos durante el curso transformados (tablas, gráficos...).
- Interpretación de datos y observaciones.
- Complejidad del modelo final construido (desde el punto de vista científico).
- Planteamiento de preguntas y propuesta de nuevas actividades.
- Referencias a las fuentes consultadas.

Alumnos de Primaria

Trabajo en el aula de Primaria

Se trabajó con alumnos de 1º y 2º de Primaria de un colegio público de Zaragoza (colegio A). A lo largo del curso, dedicaban a la ciencia una sesión a la semana: “La hora de la ciencia” (aunque en realidad la sesión semanal era de dos horas), aprovechando que 2007 era el año de la Ciencia. Se observaban fenómenos y se realizaban experiencias (Tabla II). En torno a ellas se trabajaba la indagación científica adecuada a nivel del ciclo. Los niños planteaban preguntas, realizaban predicciones, proponían explicaciones, discutían resultados, etc.

TABLA II. Esquema de las actividades realizadas por los niños de Primaria en “La Hora de la Ciencia”.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Científicos famosos	Vida y aportaciones de científicos famosos: Newton, Pascal, Arquímedes y Curie.
Física	
Gravedad	Caída de cuerpos con distinta superficie.
Química	
Mezclas	Leche, vinagre, bicarbonato. Chocolate, agua y gaseosa.
Reacciones	Cohete volador: vinagre y bicarbonato. Volcán.
Biología	
Plantas	Observación: hojas, flores, semillas y frutos. Experimentos de germinación de semillas. Absorción del agua en tallos.
Zoología	Organismos de la charca.

Trabajo en el laboratorio de la Facultad

Como actividad final de “La hora de la Ciencia”, los alumnos de Primaria del colegio A realizaron varias experiencias en el laboratorio de la Facultad de Educación, tutorizados por los estudiantes de Magisterio de la asignatura de “Diversidad de los seres vivos”. Trabajaron con los terrarios de grillos, insectos palo y escarabajos de la harina, así como otra actividad complementaria con plantas aromáticas: lavanda, romero, tomillo y menta.

Por otro lado, alumnos de segundo ciclo de otro colegio (colegio B) realizaron las mismas experiencias en el laboratorio de la Facultad durante un día. Hay que señalar que, en este caso, se trataba de una actividad puntual enmarcada en la Semana Cultural del Centro y que, por tanto, no partía de un trabajo previo ni tenía unos objetivos de aprendizaje bien definidos.

Resultados

En el cuadro siguiente (Tabla III) se esquematizan las acciones realizadas por los alumnos de Magisterio a lo largo del proceso. Los recuadros marcados con una línea horizontal indican que no ha habido aportación de los estudiantes; los marcados con una X significan que es una acción que no tiene que realizarse en esa fase.

TABLA III. Ejemplos de acciones realizadas por los estudiantes de Magisterio en las diferentes fases.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Conocimiento científico	¿Qué necesita el guppy para poder vivir?	¿Qué necesita el escarabajo de la harina para poder vivir?	Diferencias entre machos y hembras, estadios del desarrollo, partes de la anatomía...	Características básicas de los organismos del terrario y del acuario. Variación en el tamaño de la población. Duración de las distintas fases del ciclo de vida.
Selección de variables	T ^a , pH, n ^o de individuos, luz, oxígeno,...	—	x	x
Toma sistemática de datos	Ficha de observación	Ficha de observación (registro de estadios de desarrollo)	Ficha de trabajo de los alumnos de Primaria	x
Transformación de los datos	—	—	x	—
Comunicación de información oral	Características de los organismos del acuario	Características básicas de los organismos del terrario	Características básicas de los organismos del terrario	Características básicas de los organismos del terrario

Comunicación de información escrita	Datos de T ^a , pH, n ^o de individuos.	Datos de variación de población (grillos y escarabajos de la harina).	x	Características básicas de los organismos del terrario junto con los datos de las fichas de observación.
Planteamiento de preguntas cerradas	¿Quién es el macho?	¿Quién es el macho?	¿Cómo son? ¿Cuántas patas tienen? ¿Tienen antenas?	Las mismas que en anteriores fases.
Planteamiento de preguntas abiertas	¿A qué es debido que un acuario esté mas turbio que el otro?	—	—	—
Replanteamiento de la metodología	—	—	—	Necesidad de interpretar los datos y sacar conclusiones.
Interpretación de los datos	—	—	—	T ^a y luz con el canto de los grillos y luz con turbidez en el acuario.

La primera demanda de los alumnos, después de trabajar con los terrarios y acuarios, era conocer aspectos de la anatomía de los organismos y las diferencias entre machos y hembras (de guppies y grillos, por ejemplo); se buscaba información a través de la bibliografía, Internet o directamente se preguntaba a la profesora. En las exposiciones semanales transmitían básicamente estos aspectos anatómicos.

“...los machos son más pequeños y de colores más vivos y tienen en la parte inferior una aleta en forma de tubo, gonopodio, que utilizan para reproducirse...”

Se puede decir que ellos construyeron el conocimiento relativo a las características básicas de los seres vivos, lo que necesita un ser vivo para sobrevivir, basándose como hemos señalado antes en los cuidados que el acuario necesitaba.

“...necesitan comida, agua, luz, temperatura adecuada, pH, otros seres vivos como el pez limpiador, otros guppies de distinto sexo para reproducirse, bacterias para que limpien el acuario...”

Las preguntas que los alumnos planteaban después de llevar un tiempo observando los distintos organismos se centraban en aspectos concretos mayoritariamente de anatomía, directamente observables y de los que habían obtenido la información como se ha señalado antes.

“¿Podemos distinguir machos de hembras?”

Esta pregunta es la primera que se plantean tanto para los acuarios como para los terrarios. Por ejemplo, en el caso del escarabajo de la harina, donde era difícil distinguir entre machos y hembras, averiguar el sexo constituyó casi una obsesión que obstaculizó la observación de otros aspectos.

A la vez que avanzaba el estudio iba variando el estilo de las preguntas, y las cuestiones hacían referencia a la anatomía-fisiología y al comportamiento de los organismos.

“¿Cuánto tiempo tardan en pasar de un estadio a otro? ¿Qué comen, además de la harina? (escarabajos de la harina)”.

“¿Por qué arquean la cola? (insectos palo)”.

Aunque en la ficha de observación seleccionaron distintas variables y fueron registrando datos periódicamente, no los interpretaron ni propusieron experiencias para analizar cómo influía alguna de estas variables. Sin embargo, sí que plantearon preguntas en donde se tenían en cuenta algunas nuevas variables.

“¿Prefieren vivir a la luz o en la oscuridad? (escarabajos de la harina y grillos)”.

“¿Qué pasa con los peces muertos? ¿Se los comen los otros peces? ¿Dónde están las espinas? ¿Desaparecen los peces muertos?”

“¿A qué es debido que un acuario esté más turbio que el otro?”

Cuando los estudiantes de Magisterio trabajaron con los alumnos del colegio A en el laboratorio, insistían en los aspectos anatómicos con un lenguaje de “etiquetaje” que no estimulaba la indagación de los alumnos de Primaria. Se diría que les preocupaba más introducir un listado de términos científicos que la construcción de su significado. Así, ante la situación novedosa de trabajar con los niños de la escuela, los estudiantes de Magisterio recurrían al sistema rutinario de enseñanza “expositiva”, más propio de un modelo docente de transmisión-recepción. Seleccionaban aquellos aspectos que, desde su punto de vista como profesores, son importantes, pero que, o bien son incompletos (puesto que sólo contemplan aspectos anatómicos), o bien no están suficientemente estructurados (los aspectos anatómicos se aíslan de otras variables del sistema ser vivo-ambiente).

En una dinámica de esta naturaleza resulta muy difícil que los alumnos de Primaria puedan llegar a elaborar una explicación general sobre un determinado

fenómeno. También es difícil que planteen preguntas más allá de una demanda del tipo “si este órgano se llama de tal o de cuál manera”, o “si este animal come tal o cuál cosa”, etc. Sin embargo, los alumnos de Primaria que habían trabajado a lo largo del curso “La hora de la Ciencia” (colegio A) realizaban preguntas que no se centraban únicamente en esos aspectos. Posiblemente, algunas de ellas se hubieran prestado a desarrollar una pequeña investigación:

“¿Orinan los escarabajos de la harina?”

“¿Pueden perder los insectos palo alguna pata y que vuelva a salir?”

“¿Cómo oyen los grillos? ¿Dónde tienen las orejas? Y los insectos palo y los escarabajos de la harina, ¿oyen también?”

En contraposición, la visita de los alumnos de Primaria del colegio B quedó convertida en una actividad más de tipo lúdico que de aprendizaje de las ciencias. Aunque el planteamiento de partida fue semejante al del otro colegio, los alumnos de Magisterio estaban más cómodos, ya que no había una demanda de explicaciones, y las pocas preguntas que se hicieron fueron centradas en aspectos descriptivos y, lo que es más llamativo, cerradas. Los niños buscaban un término concreto, una etiqueta para identificar los objetos que estaban observando.

A lo largo de la enseñanza obligatoria, los alumnos de Magisterio han recibido una formación en ciencias experimentales en la que las prácticas de laboratorio eran, en su gran mayoría, anecdóticas y no se trabajaba la indagación en la línea propuesta en la tabla I. Este hecho queda reflejado en los informes finales de la fase cuatro. Algunas de las propuestas de investigación para aplicar en Educación Primaria se basaban en acontecimientos extraordinarios, sin utilizar los datos que habían estado recogiendo a lo largo del curso, como por ejemplo:

“¿Qué pasaría si introdujera en el acuario una tortuga?”

Al trabajar con los alumnos de Primaria del colegio A, cuyo aprendizaje de las ciencias estaba basado en la indagación, constataron que la interacción resultaba enriquecedora, que debían replantearse parte del estudio realizado: tanto la interpretación de los datos como el planteamiento de preguntas. De esta forma, no debían cambiar la metodología de observación de acuarios y terrarios, sino extraer conclusiones a partir de la información obtenida, revisando los datos recogidos a lo largo del estudio y, si fuera necesario, transformándolos (en tablas o gráficos) para poder obtener más información que la que proporciona una lectura literal de los datos en bruto. Todo lo anterior les permitiría modificar la manera de introducir a los alumnos de Primaria en los contenidos de biología.

Consideraciones finales

Uno de los principales aspectos positivos a resaltar es que, tras la experiencia presentada, los maestros en formación tomaron conciencia de la dificultad de la transposición didáctica, desde el aula de la Facultad al aula de Primaria, de unos contenidos aparentemente sencillos.

Los estudiantes detectan que una metodología docente basada en la indagación supone afrontar importantes retos, a menudo disuasorios para gran parte del profesorado en formación. Entre esos retos podemos destacar:

- 1) Romper con la rutina para abrir puertas a la innovación y a la labor creativa. Los autores y autoras de este trabajo estamos de acuerdo con Hoban (1997) en que la confianza de los profesores en formación no aumenta dándoles más contenidos en ciencia, sino facilitando actividades de metacognición, donde se reflexione sobre la práctica docente de contenidos científicos concretos. Ahora bien, esto no quiere decir que el conocimiento de unos contenidos mínimos de ciencias no sea necesario para una adecuada labor docente. Durante las exposiciones en clase y el trabajo de los contenidos de ciencias con los alumnos de Primaria, los estudiantes de Magisterio percibían no sólo la necesidad de estrategias didácticas sino también sus carencias en torno a los contenidos científicos implicados.
- 2) Adquirir un cierto grado de seguridad en torno al contenido a enseñar requiere un grado proporcional de actualización científica. Cuando respondían a demandas del profesor, se pusieron de manifiesto las dificultades expresadas en el punto anterior así como la necesidad de afianzar sus conocimientos de ciencias para ser capaces de elaborar descripciones y explicaciones comprensibles, sin que sea siempre el profesor el que tenga que reelaborarlas finalmente. Lo difícil es empezar, no es fácil pasar de ser “un alumno” a ser “el profesor”, ya que en el primer caso te están diciendo lo que tienes que hacer y en el segundo tomas la responsabilidad de dirigir el aprendizaje. A partir de nuestra experiencia, no podemos obviar que resulta inquietante ver cómo disfrutaban nuestros alumnos indagando y a continuación ver lo inseguros que se sienten a la hora de aplicar esa metodología en el aula de Primaria. Es imposible decir a un futuro maestro “cómo” debe enseñar un contenido concreto de ciencias, aunque algunos estudiantes de Magisterio quieren que se les diga exactamente cómo deben hacerlo. Cuando van a las prácticas escolares o trabajan con alumnos de Primaria es cuando se dan cuenta de que lo verdaderamente importante y útil es haber “aprendido” qué y cómo enseñar.

- 3) Encontrar o desarrollar un medio didáctico que haga viables las propuestas, lo que a su vez nos lleva a considerar aspectos tan diversos como la organización del horario, el tamaño de los grupos de alumnos y la disponibilidad de material experimental.
- 4) Por último, pero no menos importante, este tipo de propuestas sólo es posible en un trabajo de equipo, de manera que no sean sólo esfuerzos aislados o caprichos de este profesor o de esas profesoras. El nuevo espacio europeo de educación, en donde el énfasis se pone en las actividades de aprendizaje del alumno, facilita en principio este tipo de metodologías.

Finalmente, y como se ha comentado en apartados anteriores, además de nuestra experiencia personal, también existen numerosos trabajos que dan cuenta de la gran satisfacción que este tipo de trabajo docente reporta a quienes lo practican. El profesorado se siente más cerca de sus alumnos, los alumnos se sienten atendidos y, sobre todo, entienden que sus producciones son realmente suyas. Después de haber construido en el aula, con sus compañeros y con su profesor o profesora, unos conocimientos sobre ciertos objetos, se sienten más seguros cuando se enfrentan a situaciones nuevas.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por la Dirección General de Investigación, MEC (proyecto SE-J2007-65947/EDUC), dentro de las líneas de trabajo del Grupo de Investigación BEAGLE. Queremos agradecer a los Colegios Públicos “Recarte y Ornat” y “Julián Nieto” y a su profesorado su colaboración en este trabajo. También queremos agradecer la colaboración de los estudiantes de Magisterio que formaron parte de esta experiencia. Finalmente, agradecemos a los coordinadores de este monográfico sus sugerencias para la mejora del manuscrito original.

Referencias bibliográficas

- BARBERÁ, O. y VALDÉS, P. (1996). “El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión”. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- BROUSSEAU, G. (1989). “Le contrat didactique: le milieu”. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 309-336.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.

- CHINN, C.A. y MALHOTRA, B.A. (2002). "Epistemologically authentic Inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks". *Science Education*, 86, 175-218.
- CORTÉS, A.L. y DE LA GÁNDARA, M. (2006). "La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica". *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435-450.
- CORTÉS, A.L. y DE LA GÁNDARA, M. (2008). "Construcción y resolución de problemas en el laboratorio como estrategia para la adquisición de competencias prácticas durante la formación de maestros". *Comunicaciones de las II Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y de la Comunicación e Investigación Educativa de la Universidad de Zaragoza*. Publicación electrónica en <http://ice.unizar.es/uzinnova/jornadas/pdf/51.pdf>
- GIL QUÍLEZ, M.J. y DE LA GÁNDARA, M. (2005). "Evolución de la didáctica de la Biología: ¿es posible una teoría de síntesis?" En M.J. GIL y otros (Eds.), *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales (Biología)*, 9 (pp. 11-28). Educación Abierta, 171. Zaragoza: ICE de la Universidad de Zaragoza.
- GIL QUÍLEZ, M.J., MARTÍNEZ PEÑA, B., GÁNDARA, M. DE LA, CALVO, J.M. y CORTÉS GRACIA, A.L. (2008). "Trabajando la indagación científica: desde las aulas de la Facultad de Educación a las aulas de Primaria". *Comunicaciones de las II Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y de la Comunicación e Investigación Educativa de la Universidad de Zaragoza*. Publicación electrónica en <http://ice.unizar.es/uzinnova/jornadas/pdf/53.pdf>
- GRANDY, R. y DUSCHL, R. (2007). "Reconsidering the character and role of inquiry in school science: analysis of a conference". *Science & Education*, 16, 141-166.
- HOBAN, G. (1997). "Learning about learning in the context of a science methods course". En J. Loughran y T. Russell (Eds.), *Teaching about teaching: Purpose, passion and pedagogy in teacher education* (pp. 133-149). London: Falmer Press.
- HOFSTEIN, A. y LUNETTA, V.N. (2004). "The laboratory in science education: foundation for the XXIst century". *Science Education*, 88, 28-54.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). "Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales". *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1998). "Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2000). "Modelos didácticos". En F. J. Perales y P. Cañal (Dir.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.

- JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: MEC.
- LUNETTA, V., HOFSTEIN, A. y CLOUGH, M. (2007). "Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research theory and practice". En S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- OSBORNE, J. y DILLON, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation*. London: King's College.
- PUJOL, R.M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.
- ROCARD, M. (2006). "Informe sobre la enseñanza científica en Europa". Publicación electrónica en <http://www.ec.europa.eu/research/science-society>
- ROTH, W.M. y LUCAS, K.B. (1997). "From truth to invented reality: A discourse analysis of High School Physics students Talk about Scientific Knowledge". *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 145-179.
- ROWLAND, G. (2007). "Towards a new biology curriculum". *Journal of Biological Education*, 40, 99-101.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- SANMARTÍ, N., IZQUIERDO, M. y GARCÍA, P. (1999). "Hablar y escribir: Una condición necesaria para aprender ciencias". *Cuadernos de Pedagogía*, 281, 54-58.
- SLINGSBY, D. (2006). "Biology education: has it gone anywhere since 1875?" *Biologist*, 55, 283-284.
- TUNNICLIFFE, S.D. y UECKERT, C. (2007). "Teaching biology - the great dilemma". *Journal of Biological Education*, 41, 51-52.