

Una experiencia de aprendizaje por investigación con Cajas negras en formación inicial de maestros

Carmen Solís-Espallargas¹, Isabel Escriba Colomar², Ana Rivero García³

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla. España. ¹carmensolis@us.es, ²iesco@us.es, ³arivero@us.es

[Recibido en julio de 2014, aceptado en octubre de 2014]

Esta experiencia se enmarca en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales en segundo curso en el Grado de Maestro de Educación Primaria. Uno de los objetivos fundamentales de esta asignatura consiste en la formación de profesores para investigar sobre la práctica docente en coherencia con lo que proponemos para la enseñanza de las ciencias a alumnos y alumnas de Primaria desde un modelo investigativo. Para ello, hemos realizado una experiencia sobre aprendizaje por investigación. Esta propuesta parte de una reformulación del experimento *La caja negra*, en el que los futuros maestros y maestras llevan a cabo una actividad de investigación escolar para averiguar los objetos que contiene en su interior. Para finalizar mostramos algunas conclusiones a modo de dificultades y aprendizajes llevados a cabo en este proceso.

Palabras clave: Formación inicial de maestros; Enseñanza por investigación; Educación primaria; Didáctica de las ciencias.

A learning experience for inquiry using the Black boxes in Initial Teacher training

This learning experience is included in the subject of Science education in the second course of the degree of primary teacher. One of the main targets of this subject is the teacher training from a scientific inquiry perspective. For this teaching perspective, we have carried out a learning experience for inquiry. This proposal uses the teaching resource “black box” as a tool which lets the students guess the different objects saved in its inside. For that, the students have to use the scientific process. Finally, we show some conclusions such as difficulties and learning achieved for the students.

Keywords: Initial Teacher Education; scientific inquiry; Primary education; Science Education.

Introducción

La experiencia se lleva a cabo dentro de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales en segundo curso del Grado de Primaria, en la Universidad de Sevilla. Esta asignatura contempla la idea de investigación como eje vertebrador que conecta dos grandes bloques: la naturaleza de la ciencia (como parte fundamental y normalmente descuidada del conocimiento de la materia) y el diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de contenidos concretos de ciencia desde un modelo de enseñanza por investigación (Rivero et al. 2013).

En este contexto, presentamos una propuesta de investigación escolar que pretende trabajar con los estudiantes sobre la idea de investigar en ciencias desde un enfoque didáctico. Se trata de que tengan una experiencia como investigadores con el fin de proponerles una estrategia de enseñanza de las ciencias en primaria por investigación, en contraposición a la imagen que se suele tener de la investigación en el aula como uso del mismo método que utilizarían los investigadores para elaborar conocimiento científico (Cañal, 1999).

Desarrollamos esta propuesta debido a que venimos detectando que la formación y experiencias vivenciadas sobre investigación científica en los futuros maestros es poco frecuente y además suele estar muy poco valorada por ellos.

Junto a esta falta de formación y experiencia, diversas investigaciones plantean una serie de obstáculos sobre la actividad científica que poseen los maestros y maestras de ciencias que

tenemos que afrontar. Entre ellos, una concepción rígida en la que se presenta el “método científico” como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente olvidando todo lo que significa invención, creatividad, duda...; una concepción individualista en la que los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados sin tener en cuenta el papel de trabajo de equipo (Fernández et al. 2002), así como una descontextualización de la ciencia de la propia realidad y escasa motivación sobre la ciencia y el hecho en sí de investigar (Rivero y Wamba, 2011).

Teniendo como referente estos obstáculos, planteamos una primera actividad sobre cómo investigar para posteriormente mediante otras actividades analizarla y compararla con la investigación científica y con la investigación que se puede promover en el aprendizaje de las ciencias, contenidos que tratamos en el segundo bloque de la asignatura.

El concepto de investigación que manejamos en este trabajo se ciñe “al desarrollo del espíritu científico y el dominio de las operaciones intelectuales propias de la metodología científica como instrumento base para lograr la progresiva estructuración de los aprendizajes realizados tanto dentro como fuera del ámbito escolar” (Cañal, 1997, p. 36), superando los obstáculos existentes relacionados con adaptaciones del método científico o a las formas comunes de trabajo de profesionales de la ciencia.

En coherencia con este enfoque, uno de los objetivos que perseguimos consiste en conseguir que los futuros maestros lleguen a pensar y pensarse como investigadores e investigadoras y comprendan mediante la experiencia puntos claves de cómo se investiga en ciencia escolar. Además, que sean capaces de pensar empáticamente en sus futuros alumnos de primaria y aprender estrategias para que ellos también se piensen como investigadores dentro de su escuela (García, 2000).

A partir de los objetivos planteados, esta primera actividad se basa en la reformulación de una experiencia clásica conocida como *La caja negra*, propuesta entre otros por Haber-Schaim et al. (1979) cuyos objetivos se basaron en introducir el concepto de modelo, vivenciar el proceso de modelado y relacionar los conceptos de hipótesis, experimento y modelo. En otras investigaciones, siguiendo los mismos objetivos, se han planteado una variedad de cajas negras como el proyecto MUSE (2002); Cartier, (2000) y Raviolo, Ramírez y López (2010) en los que las cajas negras se han utilizado entre otros fines, como analogías para el estudio de cuestiones relacionadas con la naturaleza de la ciencia.

Teniendo en cuenta estas experiencias y sus enfoques, hemos llevado a cabo una propuesta diferente con el objetivo de ofrecer algunas respuestas a las dificultades detectadas en los estudiantes sobre cómo investigar en ciencias, haciendo especial hincapié en el desarrollo de una propuesta metodológica para que *se sientan y se piensen* como investigadores. Para ello, como punto de inicio consideramos necesario partir de su implicación llevando a cabo una metodología activa que esté centrada en sus intereses y que dé valor a sus ideas, a su autonomía y a los procesos de construcción conjunta a partir de procesos comunicativos entre compañeros (Cañal, Travé y Pozuelos, 2011). Además, siguiendo a autores como García Pérez (2000), Porlán y Rivero (1998), García Díaz (2004) entre otros, para que el proceso sea motivante es necesario partir de buenas preguntas que conecten con la realidad de los estudiantes de forma que se sientan estimulados para resolverlas.

Otra de las realidades que nos encontramos en las aulas y que hemos tenido en cuenta para el diseño metodológico de esta actividad, es que el “saber” no implica necesariamente un “saber hacer” y un “saber decir”, por lo que autores como Gallardo et al. (2014) plantean que es difícil sostener que el mero conocimiento sobre ciencia en sí conlleve el aprendizaje de la competencia científica. Esta misma idea se podría extrapolar al hecho de que el “saber” sobre

cómo se investiga en ciencias no esté directamente relacionado con un “saber hacer” investigación.

Esto implica que para “saber hacer” es necesario que los estudiantes experimenten y reflexionen sobre el aprendizaje de procedimientos tales como la observación, medición, registro de datos identificación, comparación, clasificación, predicción, inferencia, formulación de preguntas, formulación de hipótesis, control de variables, diseño de experimentación, modelización y elaboración y comunicación de conclusiones, entre otros. También supone el fomento de actitudes propias de la investigación científica tales como desarrollo del pensamiento divergente en base a la curiosidad creciente, creatividad en la resolución de situaciones y apertura a nuevas ideas, posibilidades, dudas y experimentaciones.



Fotografía 1. Exterior de las cajas.

En definitiva, esta experiencia trata de conseguir que los futuros maestros y maestras adopten una visión más contextualizada y cercana a su realidad de cómo se investiga en ciencia, que les permitirá comprender mejor cómo se elabora el conocimiento, en respuesta a qué problemas, confrontando ideas y acuerdos, reflexionando sobre el propio proceso y sus limitaciones con el fin último de proponerles la metodología de enseñanza por investigación como opción didáctica global que pueda organizar la práctica escolar de forma coherente.

Descripción de la experiencia

La experiencia se lleva a cabo en el marco de la Asignatura de Didáctica de las ciencias experimentales en el Grado de Primaria en la que han participado un total de 170 alumnas y alumnos organizados en dos clases y en equipos de trabajo de 6 miembros.

El objeto de estudio de esta investigación consiste en una caja sellada de unas dimensiones de 50x40x20 cm, que posee pequeñas perforaciones y ventanas cubiertas, las más grandes, con papel celofán. Posee elementos internos que sobresalen al exterior tales como una cadena, una cabeza de tornillo y un palo conectado en su interior a un cubilete con dados y fichas.

El interior alberga 14 elementos que pasamos a detallar: esponja, lana, tapón de corcho, cascabel, ambientador, canicas, reloj despertador, lana, monedas de metal, lentejas, caja sorpresa, cartón separador, doble fondo, espejo pegado a un táper y sonajero. Debido al elevado número de alumnos hemos diseñado 4 cajas exactamente iguales.

En la siguiente figura presentamos un esquema de los momentos del proceso:

Siguiendo este esquema pasamos a detallar las fases de la investigación.

Fase 1: Presentación de la experiencia y planteamiento de la pregunta

La actividad se inicia después de Navidad y se aprovecha la fecha para presentar la caja como un regalo que han traído los Reyes Magos. Los estudiantes reciben las cajas envueltas en papel de regalo y acompañadas de una carta cuyo remitente son Sus Majestades de Oriente.

El sentido de la carta persigue la contextualización del regalo para que sea asumido por el alumnado y conecte con sus motivaciones, ya que la carta tiene el objetivo de plantear un problema: “¿Qué hay en la caja?”.

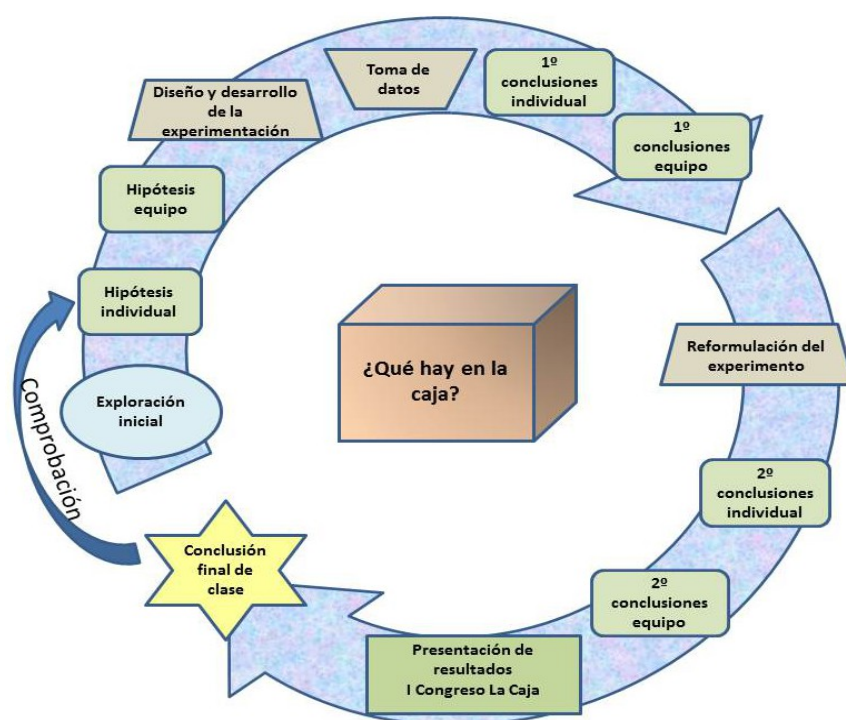


Figura 1. Esquema del proceso.

A continuación presentamos algunos extractos de la carta:

De su lectura se extraen varios puntos clave sobre el objetivo de la caja y las instrucciones para resolver el problema:

Este es un regalo muy especial porque tiene una serie de reglas:

-Este regalo NO SE PODRÁ ABRIR hasta que nuestros camellos así se lo hagan saber a las profes.

-Dado que es un regalo MUY DELICADO intentad NO FORZAR LAS CAJAS y tratarlas bien.

-Os damos permiso para poder investigar con vuestros medios QUÉ ES LO QUE CONTIENE LA CAJA REGALO. Podéis moverla, agitarla, tratar de ver dentro... ESTÁ PERMITIDO UTILIZAR TODOS LOS SENTIDOS, pero recordad que bajo ningún concepto debéis abrirla sin el consentimiento de las profesoras porque si no el regalo se desintegrará al momento.

-A medida que pasen las semanas llegarán algunos instrumentos de análisis. Recuerda usarlos con respecto.

Fase 2: Hipótesis de partida

Comenzamos una primera exploración de la caja mediante el uso de los sentidos para poner de manifiesto las ideas en forma de hipótesis sobre qué creen que hay en la caja. Esta actividad tiene dos procesos distintos: la expresión mediante un dibujo de las ideas individuales y el intercambio y contraste de ideas en los pequeños grupos con un dibujo grupal.



Fotografía 2. Exploración de la caja.

Entre las hipótesis destacamos algunas de ellas:

“Creemos que hay una pelota y arroz, porque suena; hay caramelos porque huele a chuchería; creemos que hay compartimentos porque cuando la volteamos la caja no suena en el fondo”.

“Creemos que la cuerda que sale está unida a un tapón; dentro hay bolitas y caramelos sueltos”.

“Creemos que el tornillo está enganchado a una tuerca y que el palo está agarrado a un sonajero”.

Fase 3: Planeamiento de instrumentos y plan de acción

Tras la expresión de las ideas en los equipos y la detección de dudas y discrepancias, les planteamos que diseñasen estrategias para dar respuesta al problema. Para ello, debían traer al aula las herramientas que ellos consideraban necesarias para continuar con la investigación. Entre los instrumentos que trajeron a clase destacan imanes y linternas.

Fase 4: Primeras conclusiones

Tras la toma de datos les propusimos que de forma individual planteasen sus primeras conclusiones dibujando el interior de la caja. Una vez elaboradas las conclusiones individuales presentaron en los equipos de trabajo sus dibujos y justificaron sus conclusiones para llegar a unas conclusiones de equipo que dibujaron de nuevo. Este proceso exigió de una discusión sobre los resultados en la que tenían que argumentar las conclusiones individuales a partir de los resultados obtenidos, acordando entre todos la respuesta más próxima a la realidad. Esta discusión se realizó basándose en los datos obtenidos a partir de las experimentaciones procurando que fuese lo más rigurosa posible.



Fotografía 3. Primeras conclusiones.

Fase 5: reformulación de instrumentos y plan de acción

En este momento de la secuencia de actividades el equipo reflexionó sobre la necesidad de reformular los experimentos y la utilidad de los instrumentos utilizados para obtener datos que les permitiesen tener una mayor aproximación de la realidad. Los equipos que lo consideraron necesario (que fueron todos), volvieron a realizar nuevos experimentos con diferentes instrumentos, tales como un otoscopio, cámaras de vídeo y balanza. Tras la segunda experimentación ofrecimos nuevos instrumentos para que siguieran avanzando en la toma de datos, entre ellos agujas de punto y más linternas para aumentar la iluminación.

Fase 6: Conclusiones finales

Continuando la misma dinámica de elaboración de conclusiones primero de forma individual y posteriormente de forma conjunta en los equipos de trabajo, acordaron las respuestas a la pregunta planteada en forma de dibujo. Entre ellas destacamos:

“Gracias a la linterna a través de los orificios hemos visto que la caja contiene bolitas de ambientador, cuerdas de colores y que tiene compartimentos. Con la aguja hemos detectado una esponja. Hay un espejo y un cascabel.”

“Una de las novedades que hemos introducido es que mediante un imán hemos visto que hay piezas metálicas en el interior, la base parece ser que es metálica y aparte hay pequeñas piezas de metal sueltas.”

Fase 7: Comunicación a la comunidad científica

Una vez elaboradas las conclusiones cada equipo presentó su trabajo en el *I Congreso internacional de la caja* organizado con el grupo clase, con el objetivo de acercar a los estudiantes a las prácticas de divulgación y acuerdos en una comunidad científica.

Este congreso se planteó de manera que cada uno de los equipos de trabajo diseñase un póster, asimilándose a una comunicación científica, donde se pudiese ver qué creían inicialmente cuando analizaron la caja de manera individual y sin herramientas, por otro lado, qué creían que contenía al trabajarla de manera grupal pero aún sin herramientas y ya por último que creían que tenía la caja al trabajarla con herramientas y en grupo. Algunos de ellos realizaron maquetas y modelos de la caja para así, o bien divulgar con mayor facilidad lo que ellos creían que contenía, o bien para demostrar que en su modelo sucedían los mismos hechos que en la caja real.

Con el fin de pensarse y sentirse como auténticos investigadores se les propuso la posibilidad de presentar su trabajo de forma dramatizada representando a una universidad de un país concreto. Para ello adaptaron el vestuario y escenificación en función de la nacionalidad escogida.

Los equipos expusieron y defendieron sus conclusiones argumentando a partir de los resultados obtenidos de los experimentos realizados.



Fotografía 4. Exposiciones del I Congreso Internacional de la Caja.

Tras las exposiciones, se inició un proceso de discusión en el grupo clase argumentando y estableciendo de forma rigurosa las mejores respuestas a la pregunta planteada.

La respuesta a la pregunta quedó construida mediante un dibujo en la pizarra en el que fueron haciendo aportaciones los diferentes equipos.

Fase 8: Apertura de la caja

Una vez terminado este proceso, se procedió a la apertura de la caja a petición de los estudiantes y se debatió en gran grupo las conclusiones a las que habían llegado, entre ellas destacamos:

“El avance científico va de la mano de los avances tecnológicos”.

“El contexto del investigador, tal como la motivación o el sistema económico que lo envuelve, es importante porque influye en la construcción del conocimiento científico”.

“La ciencia es una interpretación de la realidad a partir de los datos disponibles, que pueden ser coherentes, a veces, con varias hipótesis diferentes”.

“En la experiencia que hemos realizado, lo que hay en la caja era lo de menos, lo importante era el tener que desarrollar todas las competencias de las que disponíamos para conocer lo que había dentro.”



Fotografía 5. Apertura de la caja.

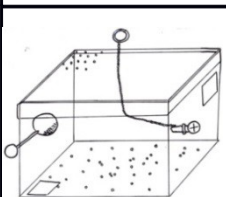
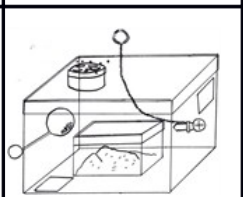
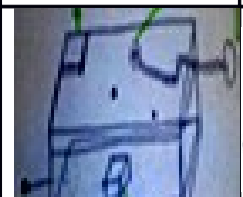
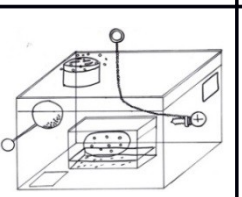
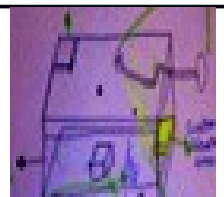
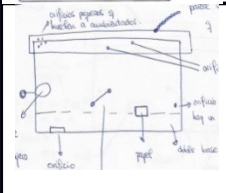
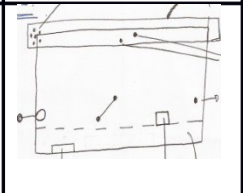
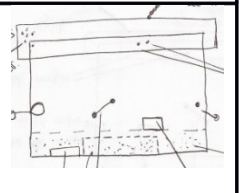
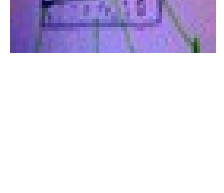
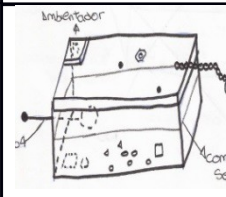
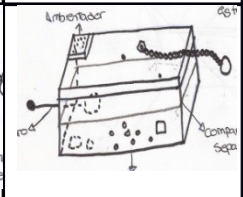
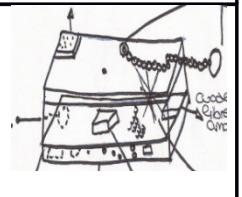

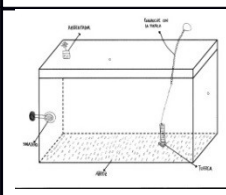
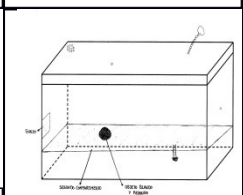
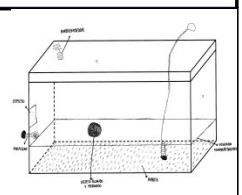

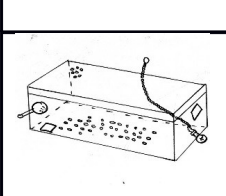
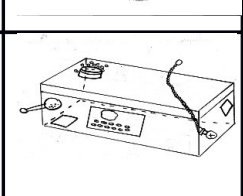
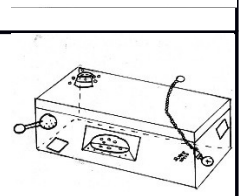

Fase 9: Elaboración de informe

La experiencia terminó con la entrega de un informe que progresivamente cada estudiante fue elaborando durante el proceso con el fin de recoger todo lo elaborado guiado por una serie de puntos que presentamos en el cuadro 1.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1- <i>Hipótesis inicial individual y grupal mediante dibujo y breve descripción de por qué.</i> 2- <i>Diseño del experimento para averiguar qué hay en la caja.</i> 3- <i>Dibujo de primeras conclusiones individuales y breve descripción del por qué.</i> 4- <i>Dibujo de primeras conclusiones de equipo y breve descripción del por qué.</i> 5- <i>Reformulación del experimento.</i> 6- <i>Dibujo de conclusión final individual y explicación de por qué. Comparación de la hipótesis inicial con final.</i> 7- <i>Dibujo de la conclusión final del equipo.</i> 8- <i>¿Qué dificultades has tenido durante el proceso de investigación?</i> 9- <i>¿Qué competencias crees que has puesto en juego durante el proceso y por qué?</i> |
|--|

Cuadro 1. Guión de trabajo.

En el cuadro 2 presentamos un ejemplo de los dibujos recogidos de un equipo de trabajo en el que podemos ver la evolución que experimentan las respuestas en diferentes fases del proceso de investigación.

1: Hipótesis inicial individual	2: Primeras conclusiones individual	3: Primeras conclusiones de equipo	4: Conclusiones Finales individual	5: Conclusiones Finales de equipo
				
				
				
				
				

Cuadro 2. Evolución de las respuestas.

Algunas consideraciones finales

Consideraciones sobre la experiencia

Los estudiantes destacan como aspectos positivos la importancia de haber sido responsables del propio proceso de investigación además del hecho de haber trabajado procedimientos que tienen que ver con ser capaces de desarrollar criterios propios para argumentar, decidir y actuar. Esto les ha permitido tomar conciencia de sus ideas y que las puedan defender con argumentaciones.

Además reconocen que en esta experiencia han puesto en juego competencias más cercanas a las ciencias entre las que destacan: la identificación de problemas, el reconocimiento de los rasgos fundamentales de una investigación científica, la capacidad de interpretar resultados, comunicarlos y discutirlos en una comunidad.

Respecto a las dificultades declaradas sobre el proceso de investigación se centran en los conflictos que han surgido en el proceso de negociación de las ideas. Manifiestan la dificultad de establecer consensos en el equipo aunque esto actúa positivamente en la evolución individual.

Otras dificultades detectadas se refieren a los problemas encontrados para establecer hipótesis, diseñar experimentos y utilizar instrumentos adecuados para conseguir el objetivo de la investigación. Estas dificultades nos sirven como punto de referencia sobre algunos de los obstáculos a tener en cuenta para la enseñanza de las ciencias por investigación escolar.

Consideraciones para la formación inicial de maestros

Partir de problemas. En un enfoque de enseñanza por investigación, el partir de una buena pregunta forma parte de una serie de elementos claves necesarios para crear *un ambiente crítico natural* (Bain, 2006) y conseguir la sensación de que todo el alumnado trabaja conjuntamente en temas y preguntas significativas. Así, los estudiantes reconocen que el hecho de partir de una pregunta hace que se sientan implicados y parte responsable de la investigación. Autores como Finkel (2008) plantean la dificultad que entraña hacer buenas preguntas que verdaderamente guíen el proceso investigativo hacia la construcción de conocimiento y las conexiones de contenidos. Para ello, consideramos que uno de los elementos a tener en cuenta para llevar a cabo una metodología de enseñanza por investigación consiste en la evaluación y reformulación constante de la propia formulación de problemas para que verdaderamente estas preguntas estimulen y provoquen aprendizaje.

Además de establecer buenas preguntas o problemas son necesarias realizar buenas orientaciones para ayudar a los estudiantes a comprender el problema, estimulación para el compromiso crítico con el problema y guiarlos en la argumentación para responder y elaborar conclusiones que den lugar a más preguntas.

El rol del docente y del alumnado. Aunque el proceso principalmente ha estado dirigido y planificado por las docentes el rol que han desempeñado ha sido de facilitadoras del proceso. Se ha llevado a cabo una metodología activa especialmente centrada en los futuros maestros y maestras en el que toman protagonismo las ideas, la creatividad y la autonomía del proceso. Han experimentado de forma autónoma procedimientos como la formulación de hipótesis, registro de datos, elaboración y comunicación de conclusiones entre otros. Para un desarrollo fluido han sido especialmente relevantes los procesos comunicativos en el aula.

La guía de procesos de metarreflexión. El uso del guión de reflexión nos ha proporcionado una herramienta eficaz para la reflexión individual y grupal durante todo el proceso que ha facilitado a los futuros maestros la toma de conciencia sobre cómo ha sido su evolución y el aprendizaje realizado, además de recoger información que permite al docente evaluar el proceso.

El factor emocional. Partimos del supuesto que en un proceso de investigación se ponen de manifiesto tanto factores racionales como emocionales. Como plantean Costillo et al. (2013) “lo cognitivo configura lo afectivo y lo afectivo condiciona lo cognitivo” (p. 515). Por ello, ha sido de especial relevancia el diseño de una metodología en la que de forma consciente las docentes pretendíamos poner en juego el desarrollo de emociones tales como el entusiasmo, la diversión, el nerviosismo, el asombro o la satisfacción entre otras, (Bisquerra, 2000). Para ello, entre otras acciones se llevaron a cabo una puesta en escena sobre la aparición de la caja en la clase y técnicas de dramatización durante el desarrollo de congreso para que se sintiesen “en la piel” de científicos y científicas.

Raciocinio y emoción nos ayudan a enfrentarnos a la resolución de problemas, la dificultad estriba en entender cómo interaccionan estos dos factores y en gestionar de forma consciente las emociones que están continuamente en juego y cómo pueden ayudar en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Brígido et al. 2009) por lo que es necesario seguir investigando sobre las interconexiones que ejercen cada uno.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2006). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Valencia: Publicaciones de la Universitat de València.
- Bisquerra, R. (2000). *Educación emocional y bienestar*. Barcelona: Praxis.
- Brígido, M.; Caballero, A.; Bermejo, M.L.; Conde, C. y Mellado, V. (2009). Las emociones en ciencias de estudiantes de Maestro de Educación Primaria en prácticas. *Campo Abierto*, 28 (2), 153-177
- Cartier, J. (2000). Assessment of explanatory models in genetics: insights into students' conceptions of scientific models. Report nº 98-1. University of Wisconsin-Madison. En línea en: <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>
- Cañal, P., Travé, G. y Pozuelos, F.J. (2011). Análisis de obstáculos y dificultades de profesores y estudiantes en la utilización de enfoques de investigación escolar. *Investigación en la Escuela*, 73, 5-26.
- Cañal, P., Lledó A., Pozuelos F.J., Travé G., (1997). *Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa*. Sevilla: Díada Editora S.L.
- Costillo, E.; Borrachero, A.B.; Brígido, M. y Mellado, V. (2013). Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros profesores de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (Nº Extraordinario), 514-532. En línea en: <http://hdl.handle.net/10498/15611>
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Fuente: Elaboración propia.
- García, J. E. (2004). *Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad*. Sevilla: Díada
- García Pérez, F. F. (2000) Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. V, nº 207, último acceso el 1 de febrero de 2014, en línea en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-207.htm>
- Haber-Schaim, U. y otros. (1979). *Curso de introducción a las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté.
- Gallardo Gil, M., Mayorga Fernández, M. J., & Sierra Nieto, J. E. (2014). La competencia de conocimiento e interacción con el mundo físico y natural': Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de Andalucía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2).
- García, A. R., Al-lal, S. H., del Pozo, R. M., Ramírez, E. S., Arroyo, J. F. Solís- Espallargas, C., Ariza, R. P., & Ezquerro, Á. (2013) *La formación inicial de maestros de primaria: qué hacer y cómo en didáctica de las ciencias*. Actas del IX Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, pp. 3045-3050. Gerona.
- Jaime, C. A., Cachapuz, A. F., Praia, J. F., Pérez, D. G., & Fernández, I. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 477-488.
- MUSE (Modelling for Understanding in Science) (2002). Earth-moon-sundynamics project. University of Wisconsin-Madison. En línea en: <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.

- Raviolo, A., Ramírez, P., & López, E. A. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 581-612. En línea en: <http://hdl.handle.net/10498/9814>
- Rivero, A. y Wamba, A.M. (2011). Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento científico. En *Física y química: complementos de formación disciplinar* (pp. 13-34). Madrid: Ministerio de Educación.
- Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., Porlán, R., Azcárate, P., Ezquerro, A., Fernández, J., Hamed, S., Rodríguez, F., Solís-Espallargas, C. (2013). Aprender a enseñar ciencias por investigación escolar: recursos para la formación inicial de maestros. *Actas Conferencia ESERA*. Chipre.