

Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación

Treballar la naturalesa de la ciència en la formació inicial del professorat planificant una investigació

Working the nature of science in initial teacher training by planning a research

Beatriz Crujeiras Pérez y Blanca Puig Mauriz / Universidade de Santiago de Compostela.
Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais



resumen

En este artículo se presenta una actividad de laboratorio para trabajar aspectos de la naturaleza de la ciencia desde la participación del alumnado en las prácticas científicas, en particular, la construcción del conocimiento científico a través de la planificación de una investigación. La actividad se realiza en la formación inicial de maestros y consiste en responder, ordenar y dar un nombre a ocho tarjetas que contienen preguntas relacionadas con las tareas implicadas en la planificación de una investigación. Se examina: 1) el contenido de las respuestas a las preguntas; 2) el orden de las preguntas a la hora de llevar a cabo la planificación, y 3) el nombre atribuido a cada pregunta.

palabras clave

Construcción del conocimiento, planificación de investigaciones, prácticas científicas, laboratorio, formación del profesorado.

resum

En aquest article es presenta una activitat de laboratori per treballar aspectes de la naturalesa de la ciència des de la participació de l'alumnat en les pràctiques científiques, en particular, la construcció del coneixement científic a través de la planificació d'una investigació. L'activitat es realitza en la formació inicial de mestres i consisteix a respondre, ordenar i donar un nom a vuit targetes que contenen preguntes relacionades amb les tasques implicades en la planificació d'una investigació. S'examina: 1) el contingut de les respostes a les preguntes; 2) l'ordre de les preguntes a l'hora de dur a terme la planificació, i 3) el nom atribuït a cada pregunta.

paraules clau

Construcció del coneixement, planificació d'investigacions, pràctiques científiques, laboratori, formació del professorat.

abstract

This paper presents a laboratory task that enables learning about nature of science through students' engagement in scientific practices, in particular, about scientific knowledge construction through planning an investigation. The task is carried out in primary teacher education and it requires participants to answer, order and label eight cards containing questions about actions involved in planning an investigation. We examine: 1) the content of answers; 2) the order of questions when planning, and 3) the name given to each question.

keywords

Knowledge construction, planning investigations, scientific practices, laboratory, teacher development.

Introducción

Hoy en día existe consenso en la necesidad de que la enseñanza de las ciencias sea coherente con la forma en la que se construye el conocimiento científico (e. g. Duschl, 1990; Gil, 1993). Esto implica incluir aspectos sobre la naturaleza de la ciencia en la instrucción con el propósito de acercar la ciencia escolar a la ciencia profesional, y así evitar que el alumnado desarrolle una idea sobre la ciencia que difiera de la realidad.

A pesar de que hay consenso acerca de la importancia de enseñar sobre la naturaleza de la ciencia, existen diferencias sobre la metodología de enseñanza a utilizar. Duschl y Grandy (2013) identifican dos corrientes: una que señala la necesidad de la enseñanza explícita de los aspectos de la naturaleza de la ciencia como un conjunto de principios heurísticos utilizados desde la filosofía y la historia de la ciencia para caracterizarla como saber (Abd-el-Khalick, 2012), y otra que señala que el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia tiene lugar cuando el alumnado participa en las prácticas de construcción, evaluación y comunicación del conocimiento, es decir, cuando el alumnado aprende a través de la práctica (Duschl, 2008; Kelly, 2008). Este trabajo se sitúa en la segunda perspectiva: los participantes aprenden a través de la práctica, en particular, a través de la planificación de una investigación.

Para que el alumnado aprenda sobre la naturaleza de la ciencia a través de la práctica, es necesario que el profesorado disponga de formación sobre esta perspectiva, además de una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia; por tanto, considera-

Para que el alumnado aprenda sobre la naturaleza de la ciencia a través de la práctica, es necesario que el profesorado disponga de formación sobre esta perspectiva, además de una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia; por tanto, consideramos el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia como un requisito en la formación del profesorado de ciencias

mos el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia como un requisito en la formación del profesorado de ciencias. Guisasaola y Morentin (2007) señalan que este aspecto no se trabaja con frecuencia en los cursos de formación inicial de maestros y elaboran un cuestionario para conocer las concepciones de maestros en formación sobre aspectos de la naturaleza de la ciencia. Estos autores indican que el alumnado presenta imágenes distorsionadas de la actividad científica. Nosotras consideramos que para superar este problema es necesario trabajar las prácticas de la actividad científica, en particular, desde la planificación de investigaciones en contextos auténticos.

En este trabajo presentamos una propuesta sobre cómo trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial de maestros desde la práctica. Examinamos también el proceso de resolución de la actividad.

Aprender sobre la naturaleza de la ciencia planificando un diseño experimental

El aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia se incluye en el programa de las materias de ciencias del grado en Maestro de Educación Primaria como primer tema del programa, tanto en segundo como en tercer curso. Dado que la naturaleza de la ciencia se trabaja de forma teórica, decidimos elaborar una actividad situada en un contexto próximo al alumnado que permitiese aprender aspectos de la naturaleza de la ciencia de forma práctica.

Descripción e implementación de la actividad

La actividad «¿Cuál es la mejor bolsa para transportar la compra del supermercado?», que se detalla en el cuadro 1, trata sobre la naturaleza de la ciencia, en particular, sobre la construcción del conocimiento científico a través de la planificación de una investigación. Como lo que nos interesa son los aspectos que forman parte del proceso de planificación de una investigación, no se llevó a cabo la puesta en práctica de la misma, sino solo la parte teórica. La actividad requiere planificar un diseño experimental para evaluar la mejor bolsa (fécula, plástico, papel o rafia) para transportar la compra del supermercado.

Para el diseño de la actividad, nos basamos en una actividad de la página web <http://primaryresources.co.uk>, que incluye actividades de ciencias para la educación primaria. La actividad inicial trabaja la indagación en el aula a través de la planificación de un experimento para averiguar qué bolsa de plástico de las que ofrecen distintos supermercados ingleses es la más resistente para transportar la compra. Para ayudar con la planificación,

Cuadro 1. Guion de la actividad

¿Cuál es la mejor bolsa para transportar la compra del supermercado?

Cuando vas al supermercado, llevas siempre tus propias bolsas de la compra. El viernes vas a comprar la comida al súper y te olvidas de coger las bolsas, teniendo que comprar una en el supermercado. Cuando vas a pagar, la cajera te comenta que hay cuatro tipos de bolsas:

- A. Bolsa de fécula de patata: hecha a partir de fécula de almidón de patata 100 % biodegradable.
- B. Bolsa de plástico: hecha a partir de un polímero no biodegradable.
- C. Bolsa de papel: 100 % reciclable.
- D. Bolsa de rafia: hecha a partir de fibras sintéticas, reutilizable.

Ella te sugiere comprar la bolsa A. Si tuvieras que comprobar cuál de las cuatro bolsas es más adecuada, ¿cómo lo harías?

1. Planificad cómo vais a llevar a cabo la investigación. Las etiquetas que tenéis en la mesa os pueden ayudar a planificar los pasos de la investigación. Para esto, tenéis que ordenarlas y cubrir la información que se pide en cada una.
2. Puesta en común de la planificación de cada grupo.
3. Una vez discutidos los pasos a dar en la investigación, ¿coinciden vuestros resultados con las predicciones elaboradas en la pregunta 1?
4. ¿Qué aspectos sobre la naturaleza de la ciencia trabajamos?

se proponen una serie de preguntas.

A partir de esta actividad, elaboramos la nuestra, cambiando: a) el guion de la tarea, incorporando un contexto real; b) algunas preguntas, y añadiendo otras nuevas. La pregunta formulada como problema (¿cuál es la «mejor» bolsa para transportar la compra?) es de carácter abierto. Decidimos plantearla de este modo en vez de señalar solo la resistividad (preguntando por cuál es la más resistente) con el objetivo de que el alumnado contemplase tanto aspectos físicos (resistividad) como medioambientales (impacto en el medio y reutilización con base en las características de su composición).

En la elección del contexto, tuvimos en cuenta dos aspectos: 1) que sea familiar para los participantes, de modo que se presenta una situación cotidiana: elegir la mejor bolsa para trans-

portar la compra del supermercado; 2) que incorpore contenidos transversales de educación ambiental, de modo que se presentan cuatro tipos de bolsas con información acerca del material del que están hechas y el efecto que tienen en el medioambiente. Los participantes deben distinguir entre material reciclable, reutilizable y biodegradable para poder valorar el impacto que producen en el medio ambiente.

El aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia se incluye en el programa de las materias de ciencias del grado en Maestro de Educación Primaria como primer tema del programa, tanto en segundo como en tercer curso

La actividad se realiza en dos aulas de segundo curso del grado en Maestro de Educación Primaria (ciento diecisiete estudiantes en total), dentro de la materia Enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales I, orientada a la enseñanza de la didáctica de la física y la química en primaria. La tarea se llevó a cabo en una sesión de hora y media, después de introducir en la clase anterior algunas cuestiones sobre la naturaleza de la ciencia, como, por ejemplo, ¿qué es la ciencia?, ¿cómo funciona y cómo se relaciona con la sociedad? y ¿cómo se construye el conocimiento científico?, entre otras.

Los participantes trabajan en pequeños grupos y, con el objetivo de guiarles en la planificación de la investigación, se proporciona a cada grupo ocho tarjetas de distintos colores que se corresponden con los pasos a seguir para planificar un diseño experimental adecuado. Como se muestra en la fig. 1, cada tarjeta incluye una pregunta para facilitarles la identificación de cada paso: ¿qué pienso que va a suceder?, ¿qué material/equipo necesito para investigar la cuestión?, ¿qué aspectos van a cambiar en cada prueba para cada bolsa?, ¿qué aspectos necesito mantener constantes y cómo?, ¿qué voy a hacer (pasos a seguir) para investigar la cuestión?, ¿cómo voy a medir la resistencia de las bolsas?, ¿cuál será la más resistente?, ¿cuántas veces debo hacer la prueba para cada bolsa para que sea fiable? y ¿cómo voy a presentar los resultados de la investigación?

Para planificar la investigación, los participantes deben llevar a cabo tres pasos: 1) responder a las preguntas formuladas en las tarjetas; 2) ordenar las tarjetas cubiertas en función de los pasos a realizar en la planificación de la investigación, y



Figura 1. Tarjetas con las preguntas proporcionadas a cada pequeño grupo.

3) indicar el nombre científico que corresponde a cada tarjeta.

Contribuciones de la tarea a la formación del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia

La tarea pretende poner de manifiesto algunas dimensiones relacionadas con el trabajo científico, como la necesidad de planificar un estudio para resolver un problema de investigación, proceso que en ocasiones consume más tiempo que la realización del experimento (Crujeiras Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2012). El objetivo es

hacer explícitos los pasos a seguir en cualquier planificación de un diseño experimental y reflexionar sobre cada uno de ellos. La tabla 1 resume algunas dimensiones de la naturaleza de la ciencia que se trabajan en esta actividad. Fueron tomadas de Crujeiras Pérez y Jiménez-Aleixandre (2012), adaptándose a la tarea realizada.

¿Qué queremos investigar?

Nos interesa investigar el conocimiento del profesorado en formación inicial sobre la naturaleza de la ciencia en una activi-

Nos interesa investigar el conocimiento del profesorado en formación inicial sobre la naturaleza de la ciencia en una actividad «auténtica» que requiere planificar un diseño de investigación

dad «auténtica» que requiere planificar un diseño de investigación. Para ello, grabamos las sesiones de los distintos grupos, tomando notas acerca de la marcha de la actividad. En este artículo examinamos las respuestas escritas de los grupos a la primera pregunta del guion de la actividad, que requería planificar el estudio. Los resultados los analizamos en función de las tres fases que comprende la planificación: respuesta a las preguntas de las tarjetas, orden de las tarjetas y nombre científico de cada tarjeta.

Contenido de las respuestas a las preguntas

La mayoría de las respuestas a las preguntas de las tarjetas son poco elaboradas y, en los casos en los que estas se desarrollan, la información que incluyen es poco precisa, destacando las tarjetas

Tabla 1. Dimensiones de la naturaleza de la ciencia que se trabajan en esta actividad

Aspectos sobre la naturaleza de la ciencia	Actividad «¿Qué bolsa es mejor?»
1. La ciencia parte de preguntas o problemas sin resolver.	Pregunta: ¿cuál es la mejor bolsa para transportar la compra del supermercado?
2. Los problemas se resuelven planificando una investigación.	Los estudiantes tienen que planificar un diseño experimental para evaluar la bolsa y elegir la más adecuada. Las tarjetas sirven como guía de la planificación.
3. La planificación requiere atender a distintos aspectos: control de variables, material, etc.	Los estudiantes deben identificar la variable independiente (material de cada bolsa) y definir la variable dependiente (peso), y controlar la variable peso.

relativas a la explicación del procedimiento (pasos a seguir) y al material a utilizar. Respecto a esto último, la mayoría de los grupos confunden el material necesario con las variables (el peso), señalando solo dos grupos instrumentos como la «pesa» (balanza), el «cronómetro» y la calculadora.

Hay que destacar que a la pregunta «¿Cuántas veces debo repetir cada prueba con cada bolsa para que esta sea fiable?», la mayoría señalan solo el número de veces de cada prueba, sin dar una justificación. Algunos proporcionan respuestas poco precisas y no proponen un número, sino las suficientes veces para que sea fiable.

Otro resultado a comentar es el relativo a la pregunta «¿Cómo vas a presentar los resultados de la investigación?». Algunos proponen el uso de gráficos con las variables que identifican y otros deciden presentarlos de forma cualitativa, como, por ejemplo, a través de un vídeo donde se observe lo que sucedió, a través de un informe escrito, etc. El uso de una tabla, que era lo que esperábamos, solo lo señala una pequeña proporción.

Orden de las tarjetas

Cada grupo ordena las tarjetas de distinto modo. Las preguntas que inician el proceso de planificación en la mayoría de los grupos son: ¿qué material/equipamiento necesito para investigar la cuestión? y ¿qué voy a hacer (pasos a seguir) para investigar la cuestión?, es decir, eligen el material a utilizar y proponen el procedimiento a seguir sin identificar previamente qué es lo que va suceder en el problema.

La pregunta «¿Qué pienso que va a suceder?» la colocan generalmente hacia el final del proceso, ya que confunden la predicción con la interpretación de resultados. En el caso de los grupos que sitúan esta pregunta al inicio, todos indican que la bolsa de rafia

Hay que destacar que a la pregunta «¿Cuántas veces debo repetir cada prueba con cada bolsa para que esta sea fiable?», la mayoría señalan solo el número de veces de cada prueba, sin dar una justificación

sería la más resistente, excepto un grupo, que elige la bolsa de fécula de patata como la más adecuada por ser la de mayor resistencia y la que causa menor impacto en el medio ambiente. Se trata del único que atiende a criterios medioambientales en la elección de la mejor bolsa, probablemente debido a que no se hace hincapié sobre esto en el guion de la tarea ni en las preguntas de las tarjetas.

Las preguntas «¿Qué aspectos van a cambiar en cada prueba?» y «¿Qué aspectos necesito mantener constantes y cómo?» las ordenan indistintamente, ya que tienen dificultades para identificar la variable independiente y definir las variables dependientes. A veces, ambas coinciden, señalando el peso como variable dependiente e independiente al mismo tiempo.

La pregunta «¿Cómo voy a presentar los resultados de la investigación?» la sitúan todos al final, aunque algunos grupos se refieren a las conclusiones del estudio y otros, a los datos que obtendrían.

Nombre de las tarjetas

Los nombres que los participantes deben dar a cada tarjeta se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Nombres asociados a cada pregunta relacionados con las partes de la planificación

Pregunta	Nombre
¿Qué pienso que va a suceder?	Predicción/hipótesis
¿Qué material/equipamiento necesito para investigar la cuestión?	Material
¿Qué aspectos van a cambiar en cada prueba para cada bolsa?	Identificación de variables
¿Qué aspectos necesito mantener constantes y cómo?	Control de variables
¿Qué voy a hacer (pasos a seguir) para investigar la cuestión?	Procedimiento
¿Cómo voy a medir la resistencia de las bolsas? ¿Cuál será la más resistente?	Criterio de medida
¿Cuántas veces debo hacer la prueba para cada bolsa para que sea fiable?	Reproducibilidad
¿Cómo voy a presentar los resultados de la investigación?	Presentación de resultados

Todos los grupos nombran correctamente la tarjeta con la pregunta sobre material y equipamiento necesario para investigar la cuestión. La pregunta «¿Qué va a suceder?» la identifican como hipótesis, a pesar de que algunos grupos no la entienden como una predicción previa al diseño, sino como resultados que obtendrían al realizar el experimento. En el caso de un grupo, denominan a este paso *conclusión*, en lugar de hipótesis. Queremos destacar que la mayoría utilizan los términos *repetición* y *comprobación* para referirse a la pregunta que tiene que ver con la reproducibilidad del experimento: ¿cuántas veces debo hacer la prueba para cada bolsa para que sea fiable? Cabe seguir investigando en los debates orales a qué se refieren con *comprobación*, ya que los informes escritos no nos permiten conocer este aspecto.

En cuanto a las preguntas «¿Qué aspectos van a cambiar en cada prueba para cada bolsa?» y «¿Qué aspectos necesito mantener constantes y cómo?», los participantes no son capaces de darles un nombre, probablemente debido a la falta de familiarización con la metodología científica.

Un ejemplo del proceso global de uno de los grupos se representa en la fig. 2.

En este ejemplo, los participantes elaboran el procedimiento de resolución de la tarea antes de formular la hipótesis de trabajo, siendo este muy poco detallado y preciso. A continuación, seleccionan el material necesario para resolver la tarea, considerando solo las bolsas y los materiales a introducir en ellas para comprobar la resistividad, a los que llaman *medidas*. Nos sorprende que no tengan en cuenta la necesidad de utilizar una balanza, cuando consideran como variable a mantener constante el «peso», además del tiempo y la forma de las bolsas. Además, cuando indican el número de veces que van a repetir cada medida, proponen realizarlas siete veces, aspecto que no tienen en cuenta para seleccionar el material, ya que solo deciden utilizar una bolsa de cada tipo.

Estos resultados nos llevan a pensar que el alumnado no reflexiona sobre el conjunto de la investigación, sino que se limita a responder las preguntas por separado. Creemos que puede deberse a que los estudiantes eran conscientes desde el principio de

que no iban a poner en práctica la investigación. Consideramos que las respuestas a las preguntas serían más detalladas y precisas si tuviesen que llevar a cabo la puesta en práctica, aspecto que tenemos en cuenta para futuras investigaciones sobre este tema.

La tarea suscitó un gran interés, los participantes debatieron sus ideas dentro del grupo, respondieron a las preguntas solicitadas en las tarjetas y participaron activamente en la puesta en común

Conclusiones

La tarea suscitó un gran interés, los participantes debatieron sus ideas dentro del grupo, respondieron a las preguntas solicitadas en las tarjetas y participaron activamente en la puesta en común. Relacionamos estos resultados con el contexto de la tarea: la elección de la bolsa de la compra. Hay que señalar que, a pesar de que el problema a investigar despertó curiosidad entre los participantes, a la hora de elegir la mejor bolsa, solo un grupo tuvo en cuenta criterios medioambientales, además de la resistencia.

Los resultados muestran que la mayoría tiene dificultades para identificar algunas dimensiones que forman parte de la planificación de un diseño experimental. Existe confusión entre hipótesis y conclusiones, entre variables dependientes e independientes y entre la identificación de variables y el material necesario para llevar a cabo la investigación. Somos conscientes de las dificultades de la tarea, ya que es la primera vez que estos participan-

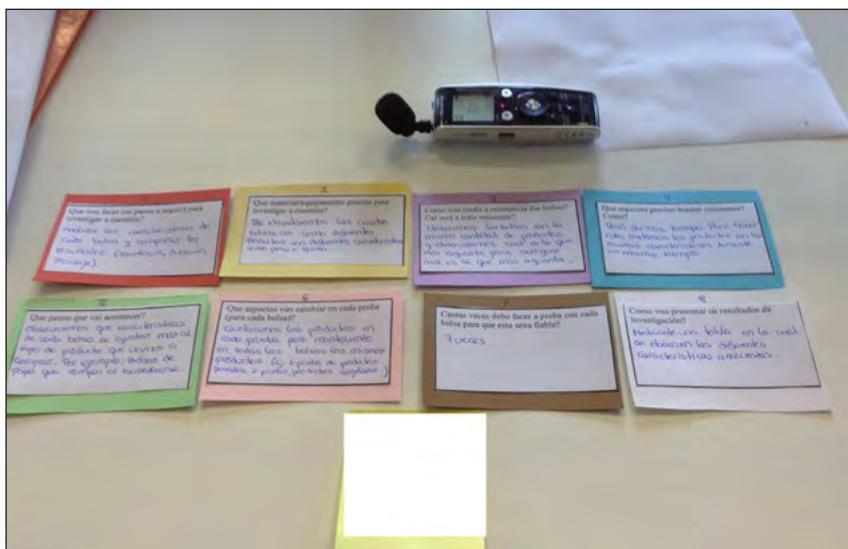


Figura 2. Resultados de uno de los grupos (respuestas y orden de las tarjetas).

tes cursan una materia de ciencias en su titulación y, además, la mayoría no cursó el bachillerato de ciencias. De todas maneras, nos interesaba dar a conocer cómo se construye el conocimiento científico y, al mismo tiempo, investigar cómo ponen en práctica este proceso y qué imagen tienen sobre el mismo los futuros maestros.

Sugerimos la realización de actividades prácticas sobre la construcción del conocimiento científico para promover el interés por las ciencias y sobre las ciencias, así como para ayudar a superar las dificultades por parte del profesorado en formación en la puesta en práctica de investigaciones. Introducir tareas de ciencias en las que el alumnado participe en las prácticas científicas y reflexione acerca de las dimensiones de la naturaleza de la ciencia (Crujeiras Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2012) puede contribuir a mejorar la formación de maestros.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto EDU-2012-38022-C02-01, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Nuestro agradecimiento al alumnado y al profesorado que participó en el estudio.

Referencias

- ABD-EL-KHALICK, F. (2012). «Examining the sources for our understandings about science. Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education». *International Journal of Science Education*, vol. 34, n.º 3, p. 353-374.
- CRUJEIRAS PÉREZ, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2012). «Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes». *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n.º 72, p. 12-19.
- DUSCHL, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. Nueva York: Teachers College Press.
- (2008). «Science education in three-part harmony. Balancing conceptual, epistemic and social learning goals». *Review of Research in Education*, vol. 32, n.º 1, p. 268-291.
- DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (2013). «Two views about explicitly teaching nature of science». *Science & Education*, n.º 22, p. 2109-2139.
- GIL, D. (1993). «Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación». *Enseñanza de las Ciencias*, n.º 11, p. 197-212.
- GUISASOLA, J.; MORENTIN, M. (2007). «¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de educación primaria?». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6, n.º 2, p. 246-262.
- KELLY, G. J. (2008). «Inquiry, activity and epistemic practice». En: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (ed.). *Teaching scientific inquiry*. Rotterdam: Sense Publishers, p. 99-117.
- LEDERMAN, N. G. (1992). «Students' and teachers' conceptions of the nature of science. A review of the research». *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 29, p. 331-359.



Beatriz Crujeiras Pérez

Es licenciada en Química y profesora interina en la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Santiago de Compostela (USC, Campus de Lugo). Está finalizando su tesis doctoral sobre competencias y prácticas científicas en el laboratorio de química de secundaria, financiada en gran parte por una beca FPI del Ministerio de Economía y Competitividad. Imparte docencia en el grado en Primaria y en el máster de Formación de Profesorado de Secundaria. Es investigadora del grupo RODA (Razonamiento, Discurso, Argumentación) de la USC y coautora de publicaciones sobre competencias y prácticas científicas. Participa en actividades de formación del profesorado de ciencias de secundaria sobre competencias científicas en el aula. C. e.: beatriz.crujeiras@usc.es.



Blanca Puig Mauriz

Es licenciada en Biología y doctora en Didáctica de las Ciencias por la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Es profesora en el Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais de la Facultad de Ciencias de la Educación de la USC. Imparte docencia en el grado en Primaria y en el máster de Formación de Profesorado de Secundaria. Es investigadora del grupo RODA (Razonamiento, Discurso, Argumentación) de la USC y coautora de publicaciones científicas sobre las competencias científicas de argumentación y uso de pruebas. Participa en actividades de formación del profesorado de ciencias de secundaria sobre competencias científicas en el aula. C. e.: blanca.puig@usc.es.