

# Capítulo 13

---

## **Desarrollando la formación inicial de maestros en ciencias a partir de sus concepciones y obstáculos**

*Gabriela Carolina Cattani Delord<sup>33</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE24003414>



---

<sup>33</sup> Doctora en Educación, Universidad de Sevilla, gcattani1@us.es

## Introducción

Bastantes estudios muestran las limitaciones y obstáculos que presentan los y las docentes de Educación Primaria, en formación y en ejercicio, en relación con sus concepciones acerca de la ciencia y su enseñanza, y cómo éstas afectan a su forma de enseñar y al mantenimiento de un modelo didáctico basado en la transmisión directa de los contenidos (Porlán, 1995).

Una de las razones de esta situación es el hecho de que, con frecuencia, la formación inicial como maestros y maestras no constituye un momento de toma de conciencia y de reelaboración consciente del modelo de enseñanza-aprendizaje interiorizado en la larga etapa de estudiantes. Uno de los obstáculos más importantes en el caso de la enseñanza de las ciencias es la falta de conexiones significativas entre la *ciencia de los científicos* y la *ciencia de la escuela* (Delord, 2020).

Por ejemplo, una de las características básicas de la ciencia es la resolución de problemas abiertos, sin embargo, en la escuela, la enseñanza de las ciencias predominante, de forma muy contraria al contexto científico, se basa en la memorización mecánica de conceptos ya elaborados, de forma lineal y parcelada. Es decir, el aprendizaje de la ciencia se convierte en demasiadas ocasiones en la memorización de nomenclaturas (Barrón, 2015; Porlán, 2018).

De esta manera, se acaban transmitiendo de manera implícita falsas creencias como que la ciencia es una acumulación de contenidos acabados de muy difícil comprensión, o que los científicos son personas excepcionales y, por tanto, que esta profesión no es para personas normales. No es de extrañar que pocos niños, y, menos aún, niñas, quieran estudiar ciencias en el futuro.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es resaltar la importancia de diseñar durante la formación inicial de maestros y maestras actividades y propuestas de trabajo relevantes que provoquen contraste y cambio en

sus ideas sobre la ciencia y su enseñanza, atendiendo a sus modelos implícitos y a los obstáculos que presentan.

### **Aproximación teórica**

Desde diferentes ámbitos y desde hace tiempo se viene promoviendo un cambio en la enseñanza de las ciencias hacia un modelo más acorde con la ciencia real y, por tanto, más centrado en la actividad investigadora del estudiante. Este cambio se fundamenta en una concepción constructivista e investigativa de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, según la cual los y las estudiantes han de enfrentarse por sí mismos a retos vinculados a las ciencias, y próximos a la vida cotidiana, para, desde sus propias hipótesis, ir construyendo un conocimiento progresivamente más valioso y completo (Porlán, 1995).

A partir de este punto de vista, el papel de los y las docentes debe evolucionar y, por tanto, también su formación, desde un mero transmisor de información a un diseñador de actividades y tareas que constituyan el “andamiaje” necesario para la evolución de las ideas de los y las estudiantes, y para la superación de los obstáculos asociados a ellas, tanto al principio como durante todo el proceso de enseñanza.

Recientemente, conectando con la idea del *docente como investigador* en el aula (Delord, Porlán y Harres, 2017), se viene poniendo el valor lo que se ha dado en llamar “investigaciones de diseño” (Kelly, 2003), en la que los y las docentes adoptan una mirada experimental en el diseño y desarrollo de sus propuestas de enseñanza-aprendizaje, de tal manera que aporten evidencias sobre la validez de las actividades diseñadas para promover un aprendizaje de calidad en el alumnado.

Este trabajo se enmarca en este tipo de investigaciones al basar el diseño de las actividades de clase en el análisis de un cuestionario sobre las ideas iniciales de los futuros maestros y maestras sobre qué es y cómo es la ciencia (Cademártori y Parra, 2004), y al comprobar posteriormente, con una aplicación final del mismo cuestionario, la validez de dichas actividades, analizando la evolución del aprendizaje alcanzado por los y las estudiantes.

## Metodología

El problema central de esta investigación, por tanto, es el siguiente: *¿Qué concepciones y obstáculos tenían sobre la ciencia y su enseñanza los y las estudiantes de la asignatura Didáctica de las Ciencias antes de empezarla y qué cambios se han dado después del primer cuatrimestre de clases?* Para abordarlo se diseñó un cuestionario con cuatro preguntas abiertas muy básicas que se aplicó antes y después de la asignatura. Dichas preguntas además constituyeron los problemas sobre los que se trabajó e investigó durante el cuatrimestre.

Las preguntas del cuestionario y las categorías de análisis correspondientes son las siguientes:

1. *¿Cómo se hace la ciencia?* Categoría de análisis: El método científico. Justificación: La enseñanza de las ciencias debe inspirarse en el método científico y en la investigación de problemas abiertos y significativos.
2. *¿Describe en detalle cómo son los científicos?* Categoría de análisis: Características de los científicos y científicas. Justificación: Es frecuente una visión muy estereotipada, distorsionada y reduccionista de las personas que se dedican a la investigación. En esta pregunta se evitó deliberadamente utilizar un lenguaje inclusivo para no condicionar las respuestas y poder observar si los y las estudiantes consideraban a las mujeres como investigadoras.
3. *¿Qué hay que hacer para ser investigador o investigadora?* Categoría de análisis: La investigación como profesión. Justificación: Existe un gran desconocimiento social sobre el proceso profesional que se debe seguir para dedicarse a la ciencia.
4. *¿Qué dicen la ciencia y la investigación sobre cómo se debe enseñar ciencia en la escuela?* Categoría de análisis: La didáctica de las ciencias como enseñanza de conocimiento. Justificación: En la enseñanza de las ciencias predominan ideas y prácticas incoherentes con las aportaciones de la investigación científica en este ámbito, en gran parte porque la enseñanza y el aprendizaje no se consideran objetos de estudio científico.

El contexto en el que se aplicó el cuestionario fue la asignatura obligatoria de Didáctica de las Ciencias Experimentales del 2º año del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Sevilla, durante el primer cuatrimestre

del curso 2021/22 (desde octubre de 2021 hasta enero de 2022). La muestra estaba formada por 53 estudiantes, 62 % de mujeres y 38 % de hombres. El mismo cuestionario fue aplicado antes y después del cuatrimestre.

El enfoque metodológico utilizado para el análisis de las ideas y obstáculos de los y las estudiantes ha sido de carácter cualitativo y a través del *análisis del contenido* de las respuestas (Bardin, 1986; Cohen, Manion y Morrison, 2007; Delord, 2015). Dicho análisis se basó en la lectura interpretativa como instrumento de recogida de *unidades de información significativas*. En cada pregunta del cuestionario se han seleccionado sujeto a sujeto las unidades de información significativa y se han ordenado por niveles de complejidad, desde los significados menos complejos a los más complejos en una *escalera de aprendizaje* (Porlán, 2017; Delord, Hamed, Porlán y De-Alba, 2020), calculando finalmente la frecuencia de sujetos cuyas respuestas se encontraban en cada nivel (escalón) antes y después de la enseñanza.

## Desarrollo

El estudio se ha desarrollado con los siguientes pasos:

1. Diseño y aplicación inicial de forma anónima del cuestionario sobre *ideas de los estudiantes acerca de la ciencia y su enseñanza*.
2. Selección de las unidades de información significativa de las respuestas al cuestionario inicial y organización de las mismas en niveles, de forma escalonada, de las más simples a las más complejas, calculando la distribución de la muestra en dichos niveles y describiendo y analizando los obstáculos de aprendizaje más significativos.
3. Siguiendo la lógica de las *investigaciones de diseño*, se han elaborado y aplicado experimentalmente *actividades de contraste*, basadas en los resultados de cada pregunta del cuestionario inicial, y pensadas para ayudar al alumnado a superar sus obstáculos (Delord y Porlán, 2018; Delord & Pérez-Robles, 2022), y a llevarlos a un nivel más complejo y adecuado de sus concepciones respecto al nivel de partida (Duit, 2009; Porlán, Martín del Pozo, Rivero, Harres y Pizzato, 2010).
4. Nueva aplicación del cuestionario al final del proceso formativo, categorizando de nuevo las respuestas en niveles, calculando la distribución porcentual de la muestra y comparándola con la distribución inicial.

5. Análisis de la evolución de las ideas y obstáculos iniciales y finales de la muestra y del papel de las actividades de contraste en dicha evolución.

## Resultados

Se presentan a continuación las escaleras de aprendizaje obtenidas en el análisis inicial y final de las 4 preguntas/problemas del cuestionario, indicando los porcentajes de estudiantes que estaban en cada nivel (escalón), los obstáculos más importantes detectados al principio, las actividades de contraste experimentadas y los avances en el aprendizaje de los y las estudiantes.

*El método científico.* Como se puede observar en la figura 1, en el cuestionario inicial, los y las estudiantes, ante la pregunta de *¿cómo se hace la ciencia?*, respondían que no lo sabían (60 %) o incluían expresiones genéricas vinculadas a la palabra investigación, pero sin describir las características y las fases del proceso. Solo un 10 % aludía a la dimensión de rigor propia del trabajo científico. Sin embargo, en el cuestionario final, un 95 % describe las fases del método científico basado en la investigación rigurosa de problemas relevantes. El obstáculo fundamental, por tanto, es el *desconocimiento de que existe un método para el trabajo científico*.

**Figura 1**

*Obstáculo: desconocimiento del método científico*



Fuente: elaboración propia.

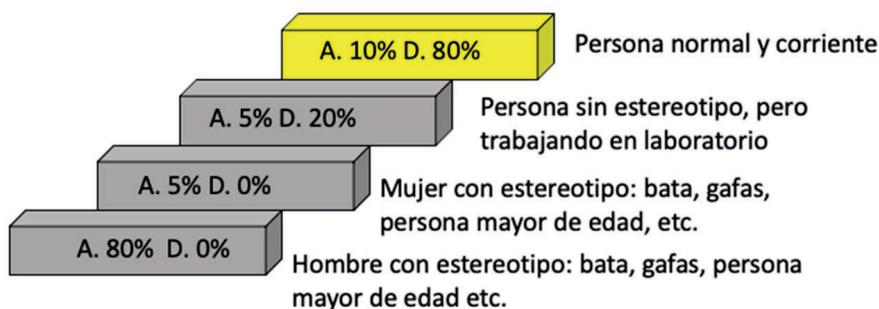
Las actividades de contraste diseñadas para abordar dicho desconocimiento fueron: a) Investigar el *origen de las diferentes rocas de las playas de Almería*

(España), teniendo en cuenta las pautas del método científico; b) Investigar el problema *¿por qué no se hunden los barcos?*, teniendo en cuenta las pautas y los criterios del método científico; c) Leer y analizar varios artículos científicos para conocer el trabajo de los investigadores y la forma de comunicar y organizar sus resultados y conclusiones.

*Las características de los científicos y científicas.* En la figura 2 podemos observar la escalera de aprendizaje relativa a la pregunta *¿describe en detalle cómo son los científicos?* Al principio, la mayoría de la muestra mostraba un prototipo de hombre mayor, con bata de laboratorio, gafas y aspecto excéntrico. Solo un 5 % se referían a mujeres y solo un 10 % los describían como personas normales. En el cuestionario final, el 80 % los describe ya como personas normales con características diversas de edad y género y que investigan en diferentes contextos, pues la ciencia tiene muchas ramas y especialidades, mientras que un 20 % los sigue relacionando exclusivamente con actividades de laboratorio. Esta fuerte vinculación con el laboratorio está relacionada con la imagen que la sociedad, los libros texto, las películas y otros medios difunden de manera reiterada sobre los científicos. El obstáculo aquí, por tanto, se refiere a la *imagen estereotipada de los científicos*.

**Figura 2**

*Obstáculo: Imagen estereotipada de los científicos*



Fuente: elaboración propia.

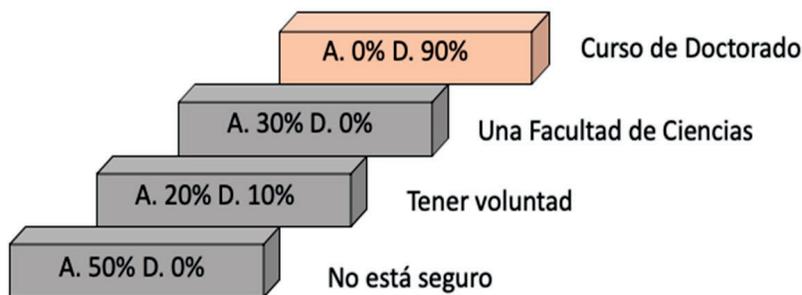
Las actividades de contraste diseñadas y aplicadas en este caso fueron: a) Investigar la vida y las características de diversos científicos y científicas, incluso de la propia universidad, participando en clase investigadores e investigadoras de diferentes edades, especialidades y estilos personales; b)

Estudio sobre las mujeres en la Ciencia: sus aportaciones y dificultades y c) Análisis del vídeo de una entrevista con la física Julieta Fierro que cuenta su trayectoria como investigadora.

*La investigación como profesión.* En la figura 3 vemos que en el cuestionario inicial, ante la pregunta de *¿qué hay que hacer para ser investigador o investigadora?*, el 50 % de la muestra manifiesta no estar seguro de la respuesta, el 20 % alude a una actitud genérica como la “voluntad” y el 30 % se refiere a la necesidad de realizar estudios en una facultad de ciencias, pero sin aludir a los estudios específicos de doctorado o a la realización de una tesis de doctoral. Al final, el 90 % de los y las estudiantes ya reconocen que hay unos estudios específicos para seguir la carrera científica. El obstáculo aquí es *ignorar que existe una carrera profesional para ser investigador/a*.

**Figura 3**

*Obstáculo: Ignorar la existencia de una carrera profesional científica*



Fuente: elaboración propia.

Las actividades de contraste que se experimentaron en relación con este problema fueron: a) Investigar diferentes tipos de carreras, trayectorias profesionales, trabajos laborales, salarios, etcétera, relacionados con la investigación (becas, estancias en centros de investigación, concursos, oposiciones, carreras...) y b) Análisis del vídeo de una entrevista con la física Julieta Fierro que cuenta su trayectoria como investigadora.

*La didáctica de las ciencias como área de conocimiento.* En la figura 4, ante la pregunta *¿qué dice la ciencia y la investigación sobre cómo se debe enseñar ciencia en la escuela?*, se observa que en el cuestionario inicial, el 60 % plantea que la enseñanza de las ciencias ha de basarse en experimentos, juegos

didácticos, recursos innovadores, etc., mostrando ya una visión de cambio respecto a la enseñanza transmisiva, aunque un 30 % se refieren al libro de texto como recurso fundamental.

Al final, el 70 % de la muestra considera que los resultados de investigación en el área de Didáctica de las Ciencias aconsejan poner en práctica un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación del alumnado (Stenhouse, 2004; Porlán, Delord, Hamed y Rivero, 2020). Mientras que el 30 % restante considera que la ciencia escolar se debe hacer a través de actividades que motiven a los estudiantes.

En este caso, el obstáculo destacado es una *visión activista del cambio de la enseñanza de las ciencias basada en experiencias y juegos*, pero no articulada como un auténtico modelo constructivista e investigativo.

**Figura 4**

*Obstáculo: Visión activista del cambio en la enseñanza de las ciencias*



Fuente: elaboración propia.

Las actividades de contraste puestas en juego en este caso fueron: a) Investigar en revistas científicas de Didáctica de las Ciencias sobre qué aportan las investigaciones sobre cómo enseñar ciencias en la escuela; b) Analizar los libros de texto de primaria y sus propuestas de actividades y comparar las conclusiones de dicho análisis con las conclusiones de la actividad anterior.

En síntesis, los resultados indican que en todas las preguntas del cuestionario la mayoría de los estudiantes han evolucionado significativamente desde respuestas más simples a otras más complejas al final de la formación, pasando de una visión de los científicos como hombres mayo-

res encerrados en laboratorios a identificar que los científicos pueden ser hombres y mujeres de diferentes edades y de vida normal. También de un desconocimiento o una visión genérica de la actividad científica a reconocer las características y fases del método científico. O a ignorar que para ser investigador o investigadora hay que realizar estudios específicos, a ser conscientes de que hay que seguir una carrera profesional. Y, por último, a identificar la enseñanza de las ciencias con la mera lectura del libro de texto o, en una visión alternativa, con un activismo no estructurado, a considerar que la didáctica de las ciencias recomienda un modelo de enseñanza basada en la investigación en el aula.

Por último, este estudio confirma que las investigaciones de diseño, en las que las actividades se elaboran a partir de las ideas y obstáculos iniciales de los estudiantes, promueven en ellos aprendizajes de mayor calidad.

## **Conclusiones**

Se puede concluir que, a través de las ideas de las y los estudiantes, es posible implementar actividades más coherentes y que realmente sean significativas para el perfil de estudiantes que tiene en clase. Creemos que esta estrategia es clave para ayudar a realizar una enseñanza de las ciencias más significativa.

Para finalizar, hemos identificado cinco conclusiones claves que podemos sacar de esta investigación:

- a) Las ideas de las y los estudiantes nos ayudan a diseñar clases más significativas.
- b) Los cuestionarios son buenos recursos para conocer las ideas de nuestros estudiantes antes y después de la enseñanza.
- c) Identificar los obstáculos de los y las estudiantes nos permite diseñar contenidos y actividades de contraste más adecuados para su punto de partida (Rivero, Hamed, Delord y Porlán, 2020).
- d) Las actividades de investigación provocan la contrucción del conocimiento de forma autónoma, sin la necesidad de transmisión directa de los contenidos.
- e) Los y las estudiantes son capaces de llegar a ideas más complejas siendo ellos mismos los protagonistas.

## Referencias

- Bardín, L. (1996). *Análisis del contenido*. Akal.
- Barrón, C. (2015). Concepciones epistemológicas y práctica docente. Una revisión. *Revista de Docencia Universitaria*, 13(1), 35-56. <https://doi.org/10.4995/redu.2015.6436>
- Cademártori, Y. & Parra, D. (2004). Reforma Educativa y Teoría de la Argumentación. *Signos*, 33, 69-85.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. Routledge: Falmer.
- Delord, G. (2015). Análise do Discurso com M. Pêcheux. En G. T. Duro, G.T (Coord). *Re-significando os labirintos da pesquisa qualitativa* (pp. 95-110). EDIPUCRS.
- Delord, G. (2020). *Investigar en la clase de ciencias*. Ediciones Morata.
- Delord, G. & Pérez-Robles, A. (2022). Investigando el aprendizaje de los estudiantes de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Modelo tradicional versus Modelo investigativo. En Porlán, R. & Villarejo-Ramos, A.F. (Coords.), *Aprendizaje Universitario: resultados de investigaciones para mejorarlo*, (pp. 149-170). Ediciones Morata.
- Delord, G. & Porlán, R. (2018). Del discurso tradicional al modelo innovador en enseñanza de las ciencias: obstáculos para el cambio. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (35), 77-90. <https://doi.org/10.7203/dces.35.12193>
- Delord, G., Porlán, R. & Harres, J. (2017). La importancia de los proyectos y redes innovadoras para el avance de la enseñanza de las ciencias: El caso de un profesor de la Red Ires. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 653-665. DOI: <http://hdl.handle.net/10498/19514>.
- Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. & De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En De Alba, N. & Porlán, R. (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*, (pp. 127-162). Ediciones Morata.
- Duit, R. (2009). *Students' and teachers' Conceptions and Science Education*. IPN.
- Kelly, A. E. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-14.
- Porlán, R. (1995). *Constructivismo y Escuela*. Díada.

- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Ediciones Morata.
- Porlán, R. (2018). Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 36(3), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795>
- Porlán, R.; Delord, G.; Hamed, S. & Rivero, A. (2020). El cambio de las concepciones y emociones sobre la enseñanza a través de ciclos de mejora en el aula: un estudio con profesores universitarios de ciencias. *Formación Universitaria*, 13(4), 183-200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000400183>
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres J., Azcárate, P. & Pizzatto, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- Rivero, A., Hamed, S., Delord, G. & Porlán, R. (2020). Las concepciones de docentes universitarios de ciencias sobre los contenidos. *Enseñanza de las ciencias*, 38(3), 15-35. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2845>
- Stenhouse, L. (2004). *La investigación como base de la enseñanza*. Ediciones Morata.