

Multidisciplinary Journal of Educational Research
Volume 14, Issue 2, 14th June, 2024, Pages 181 – 201
© The Author(s) 2024
<http://dx.doi.org/10.17583/remie.10662>

Desing-Based Research: A Improvement Cycle in the Initial Training of Teachers on Science Teaching

Gabriela Delord¹ & Rafael Porlán¹

1) *University of Sevilla, Spain*

Abstract

This article presents a Improvement Cycle in the Classroom understood as a Desing-Based Research and carried out with students of teachers in the field of science education. It was intended to promote quality learning in relation to the characteristics of science and the contributions of research to science teaching. Six sequences of constructivist and research-inspired activities have been experimented with. The results have been obtained from an initial/final, open and individual questionnaire, and from a map on the learning achieved by the student teams. The analysis shows that valuable learning has been achieved in relation to the scientific method, scientific communication, the characteristics of scientists, with emphasis on the role of women in science, the scientific spirit, the teaching-learning approach through research. and the change of teaching model. Absence of learning has been detected in relation to the importance of intellectual procedures and the characteristics of scientific knowledge. Finally, improvements to be introduced in the experimented activities are provided. This work confirms the importance of Design-Based Research as an epistemological bridge between theory and classroom practice.

Keywords

Improvement cycles in the classroom, desing-based research, characteristics of science, science teaching, learning

To cite this article: Delord, G., & Rafael Porlán, R. (2024). Desing-Based Research: a Improvement Cycle in the Initial Training of Teachers on Science Teaching. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 14 (2), pp. 181-201. <http://dx.doi.org/10.17583/remie.110662>

Corresponding author(s): Gabriela Delord

Contact address: gcattani1@us.es

Multidisciplinary Journal of Educational Research
Volumen 14, Número 2, 14 de junio de 2024, Páginas 181 – 201
© Autor(s) 2024
<http://dx.doi.org/10.17583/remie.10662>

La Investigación Basada en Diseño: Un Ciclo de Mejora en la Formación Inicial de Maestros sobre la Enseñanza De Las Ciencias

Gabriela Delord¹ y Rafael Porlán¹

1) *Universidad de Sevilla*, España

Resumen

Este artículo presenta un Ciclo de Mejora en el Aula entendido como una Investigación Basada en Diseño y realizado con estudiantes de maestros en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. Se pretendía favorecer un aprendizaje de calidad en relación con las características de la ciencia y las aportaciones de la investigación a la enseñanza de las ciencias. Se han experimentado seis secuencias de actividades de inspiración constructivista e investigativa. Los resultados se han obtenido de un cuestionario inicial/final, abierto e individual, y de un mapa sobre los aprendizajes alcanzados realizados por los equipos de estudiantes. El análisis muestra que se han logrado aprendizajes valiosos en relación con el método científico, la comunicación científica, las características de los científicos, con énfasis en el papel de la mujer en la ciencia, el espíritu científico, el enfoque de enseñanza-aprendizaje por investigación y el cambio de modelo docente. Se ha detectado ausencia de aprendizaje en relación con la importancia de los procedimientos intelectuales y con las características del conocimiento científico. Finalmente, se aportan mejoras a introducir en las actividades experimentadas. Este trabajo confirma la importancia de las Investigaciones Basadas en Diseño como puente epistemológico entre la teoría y la práctica de aula.

Palabras clave

Ciclos de mejora en el aula, investigación basada en diseño, características de la ciencia, enseñanza de las ciencias, aprendizaje

To cite this article: Delord, G., y Rafael Porlán, R. (2024). La Investigación Basada en Diseño: un Ciclo de Mejora en la Formación Inicial de Maestros sobre la Enseñanza De Las Ciencias. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 14 (2), pp. 181-201.
<http://dx.doi.org/10.17583/remie.10662>

Corresponding author(s): Gabriela Delord

Contact address: gcattani1@us.es

La Investigación Basada en Diseño (IBD) o Design-Based Research (DBR) es un enfoque de investigación educativa emergente que trata de acortar distancias entre las teorías educativas y las prácticas de aula vinculadas a contenidos concretos (Collins, 1992), promoviendo diseños fundamentados de intervención y analizando los aprendizajes promovidos en los estudiantes, con el triple objetivo de: mejorar el diseño; comprender los procesos de aprendizaje y aportar información relevante para otras prácticas y para las teorías que las sustentan (Brown, 1992; Shavelson et al., 2003; Rinaudo y Donolo, 2010).

En los últimos años, este enfoque está teniendo un crecimiento significativo en el ámbito de las Didácticas Específicas y particularmente en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas (Steffe y Thompson, 2000; Guisasola et al., 2021). En nuestro caso, y en el marco del Programa de Formación e Innovación Docente de la Universidad de Sevilla, venimos trabajando en la experimentación de Ciclos de Mejora en el Aula (CIMA), inspirados en esta corriente de investigación y en el ámbito de la formación inicial de maestros y maestras sobre la enseñanza de las ciencias. Este artículo se centra en el diseño, experimentación y análisis de una propuesta de enseñanza relacionada con los siguientes tópicos: Características de la ciencia y de las personas que se dedican a ella y aportaciones de la investigación a la enseñanza de las ciencias.

Uno de los problemas de la formación de maestros en relación con la enseñanza de las ciencias es la ausencia de coherencia entre la ciencia y la manera de enseñarla (Delord, 2020). Por ejemplo, una característica de la ciencia es la resolución de problemas, sin embargo, en la escuela, la enseñanza de las ciencias se suele basar en la memorización de conceptos elaborados, sin que los estudiantes se hagan las preguntas que les dan sentido (Barrón, 2015; Porlán, 2018). Pocas veces se abordan problemas o se hacen investigaciones escolares (Azevedo et al., 2017). Para que esto cambie, los futuros maestros deben vivir experiencias de aprendizaje a partir de problemas y retos, y tener la oportunidad de conocer qué es la ciencia, cómo se produce y cómo debe influir en la enseñanza.

Por tanto, nos ha parecido relevante conocer en qué medida, futuros maestros que participan en una enseñanza que promueve la conexión entre la ciencia y la escuela, construyen un modelo mental consecuente (Duit, 2009) y qué logros y carencias presentan (Martínez-Chico et al., 2015).

La investigación Basada en Diseño y los Ciclos de Mejora en el Aula

Diferentes autores han definido las principales características de las IBD y de los CIMA (DBRC, 2003; Shavelson et al., 2003; Confrey, 2006; Delord et al., 2020a; 2020b; Porlán et al., 2020; Guisasola et al., 2021). Teniéndolas en cuenta, y aportando nuestra propia reflexión, dichas características pueden resumirse en las siguientes:

- Se trata de investigaciones sobre prácticas de aula y problemas de aprendizaje en contexto, en relación con contenidos concretos.
- Se fundamentan en principios teóricos multidisciplinares vinculados al enfoque constructivista y al aprendizaje por investigación (Rivero et al., 2017). En algún grado,

las IBD y los CIMA tratan de testar dichas teorías en prácticas contextualizadas, haciendo de puente epistemológico entre la teoría y la práctica.

- Recuperan la idea del docente-investigador y promueven la colaboración entre investigadores académicos y docentes.
- Se concretan en un diseño con cuatro elementos: a) Análisis del contexto; b) Metas de aprendizaje; c) Modelo metodológico y secuencias de actividades que guiarán la acción en el aula y d) Instrumentos de evaluación formativa que aporten datos para el ajuste entre enseñanza y aprendizaje durante la experimentación y para la mejora final del diseño.
- Parten de un diagnóstico del punto de partida del alumnado acerca de los tópicos a trabajar, formulando posibles hipótesis de progresión del aprendizaje (García-Díaz, 1998) o corredores conceptuales (conceptual corridors) (Confrey, 2006).
- Conciben la mejora de la enseñanza como un proceso cíclico y gradual basado en evidencias (Porlán y Villarejo-Ramos, 2022), con cuatro fases: a) Elaboración del diseño; b) Aplicación del mismo a modo de experimento de enseñanza (Kelly y Lesh, 2000); c) Análisis de la experiencia y d) Revisión del diseño inicial, lo que Collins y otros (2004) denominan el refinamiento progresivo del diseño.

La Ciencia y la Escuela

Si el conocimiento científico se produce atendiendo a unos procedimientos que denominamos método científico y con unas actitudes propias del espíritu científico, ¿tiene sentido que en la escuela no estén presentes, con las necesarias transposiciones, en el proceso de construcción del conocimiento escolar?, ¿es razonable que la enseñanza de las ciencias quede reducida a la transmisión directa de conceptos acabados, obviando los procedimientos seguidos para su construcción, los problemas que los han provocado y las actitudes que se requieren para una actividad científica solvente?, ¿no implica esto un cambio en el modelo docente y en su formación que favorezca una enseñanza de las ciencias más coherente con la ciencia y que promueva una alfabetización científica del alumnado?

Según Acevedo (2010), la mayoría de los docentes de primaria, cuando enseñan ciencia, lo hacen sobre algo de lo que tienen poco conocimiento, y no es posible realizar una enseñanza significativa sobre lo que se desconoce. Para solucionar esto, Cademártori y Parra (2004) proponen una formación inicial centrada en conocer la dinámica de la ciencia y en un aprendizaje basado en la resolución argumentada de problemas (Jimenez-Liso et al., 2021). Otros autores (Lederman, 2007; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2016; Rivero et al., 2020) defienden una formación docente basada en el encuentro entre la enseñanza de la ciencia y la naturaleza de la ciencia. Acevedo (2010), por ejemplo, propone dos competencias que todo maestro debe tener en este ámbito: conocer las principales características de la ciencia y saber promover procedimientos de indagación en el aula. Sin embargo, el cambio hacia un nuevo modelo docente es un asunto complejo (De Alba y Porlán, 2020; Duarte et al., 2020). La socialización profesional que se da en la escuela refuerza el modelo didáctico que los docentes tienen interiorizado desde que fueron alumnos, provocando que la cultura tradicional se considere la única forma posible de enseñanza (Delord et al., 2017); de ahí, la

importancia de vivir experiencias alternativas en la formación inicial, a través de actividades sobre problemas relevantes, que sirvan de contraejemplos para promover una enseñanza de las ciencias acorde con su naturaleza.

La Representación de las Concepciones del Alumnado en Mapas

Como veremos, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos con dos instrumentos utilizados durante la evaluación formativa del CIMA: un cuestionario inicial/final y un mapa con los aprendizajes alcanzados según el propio alumnado (Pontes, 2012).

Los mapas son organizadores gráficos que ayudan a estructurar una información de manera visual (Campos, 2005). Los utilizados en este caso pretenden que los estudiantes identifiquen sus aprendizajes y los organicen. Al analizarlos, se pueden establecer comparaciones entre las metas de aprendizaje y lo que los estudiantes consideran haber aprendido.

Desde las aportaciones de Novak (1990), muchos docentes e investigadores han venido utilizando mapas con diferentes objetivos. Todas estas experiencias coinciden en que los mapas, en sus diferentes formas, son una inestimable ayuda para favorecer el aprendizaje significativo frente al memorístico (Novak, 1998; Rodríguez-Palmero y Moreira, 2018). Por ejemplo, Ontoria (2010), analizando mapas de estudiantes, plantea que ayudan a que organicen sus ideas y establezcan relaciones, evitando el aprendizaje por memorización mecánica del contenido. En un trabajo con estudiantes de secundaria, Chen et al (2021) estudiaron dos tipos de mapas de equipo sobre los ecosistemas: Los conceptuales y los *mapas de razonamiento*, donde se incluyen las reflexiones seguidas para elaborarlos. En las conclusiones afirman que los mapas de razonamiento fueron más útiles que los clásicos para mejorar el aprendizaje.

En relación con mapas de estudiantes universitarios, Costamagna (2001), en una investigación con estudiantes de Bioquímica, utilizó estas categorías de análisis: a) Jerarquización de los contenidos; b) Interrelaciones entre ellos; c) Errores de contenido y d) Grado de profundidad. Entre los resultados destaca que los exámenes de los estudiantes que habían realizado mapas fueron mejores que los del resto. La autora concluye que los mapas son un buen recurso para conocer los logros alcanzados y mejorar el diseño didáctico. En el mismo sentido, Ura (2020) refuerza la idea de que los mapas mejoran la calidad del aprendizaje y aportan información sobre el éxito de la enseñanza. Por último, Gil et al. (2020) los utilizaron con estudiantes de Ingeniería para comprobar su utilidad para la evaluación, comparándolos con una prueba de opción múltiple. Los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre ambos instrumentos. Los autores concluyen que los mapas son una herramienta adecuada para evaluar a los estudiantes, para detectar sus dificultades y para mejorar el diseño didáctico.

Kinch y Alias (2006), en una muestra de docentes en formación inicial, como en este estudio, destacan la diversidad de los mapas individuales y la información que esto aporta para conocer cómo “ve” la temática cada estudiante. En la misma línea, Reyes-Santander y Ramos-Rodríguez (2018) estudiaron los mapas de estudiantes de Didáctica de las Matemáticas. Las categorías utilizadas fueron: Matemáticas, Enseñanza de las Matemáticas y

diseño didáctico de las clases. Los resultados muestran un aprendizaje satisfactorio en las tres categorías y un desarrollo de la capacidad de reflexión.

Por último, Schwendimann y Linn (2016) plantean la necesidad de realizar actividades críticas con los mapas. En su estudio con estudiantes de Biología, probaron dos tipos: La comparación de mapas elaborados por diferentes equipos y la comparación con mapas de expertos. Los autores afirman que la eficacia de los mapas para el aprendizaje se incrementa con el trabajo colaborativo y con el análisis crítico de los mismos.

Metodología

Fase de Diseño

El Contexto de la Intervención

Esta IBD se realizó en la asignatura Didáctica de las Ciencias del 2º año del Grado de Educación Primaria, impartido en la Escuela Universitaria de Osuna, adscrita a la Universidad de Sevilla durante el curso 2020/21. El grupo estaba constituido por 64 estudiantes (47 mujeres y 17 hombres), organizados en equipos de 4 personas, con edades entre los 19 y 22 años.

Según sus declaraciones, la mayoría era la primera vez que trabajaba en base a sus propias ideas y a la progresiva mejora de las mismas. La propuesta inicial de la docente causó expectativa y cierto grado de desconfianza, que se fue diluyendo con el paso de las sesiones. Al mismo tiempo, el hecho de saber que su aprendizaje iba a ser objeto de posterior publicación fue un elemento de motivación. El dialogo, la argumentación, el respeto y la confianza impregnaron el clima del aula, especialmente a partir de la tercera sesión.

La IBD fue llevada a cabo por los dos autores, asumiendo roles complementarios, la docente actuó también como investigadora y el investigador asistió como observador al 50% de las sesiones, ayudando en la tarea docente. Ambos compartían principios teóricos de carácter multidisciplinar como: a) Una visión del aula como sistema de interacciones (García-Díaz, 1998); b) Una concepción multidireccional de la comunicación, asumiendo que está condicionada por interferencias de todo tipo; c) Una concepción evolutiva, relativa y socialmente condicionada de la ciencia (Rivero et al., 2017); d) Una perspectiva integrada de los procesos cognitivos y emocionales, sabiendo que, este hecho, limita o expande las motivaciones y capacidades de los sujetos (Porlán et al., 2020); e) Una visión de la enseñanza de las ciencias, y de la enseñanza en general, como un andamiaje fino para el aprendizaje de los estudiantes basado en actividades educativas de éxito (Flecha et al., 2014), y f) Una concepción formativa de la evaluación como retroalimentación del aprendizaje.

Las Metas de Aprendizaje.

Se consideraron las siguientes:

- ¿Qué es la ciencia? Se diagnosticó una visión de la ciencia como generadora de un conocimiento absoluto. Se favorecerá una visión relativa y evolutiva del conocimiento científico.
- ¿Cómo se produce la ciencia? Se diagnosticó desconocimiento del método científico. Se promoverá un acercamiento al método, resaltando las ideas de problema científico, hipótesis, análisis de datos y conclusiones.
- ¿Cómo son las personas que se dedican a la ciencia? Se diagnosticó una visión de los científicos como hombres de edad avanzada, en su laboratorio y aislados de la sociedad. Se pondrá el foco en cambiar esta visión, incorporando a la mujer y a los jóvenes.
- ¿Cómo se produce la comunicación científica? Se diagnosticó desconocimiento o una visión basada en formas convencionales (WhatsApp, correo electrónico...). Se favorecerá el conocimiento de las formas propias de la comunicación científica: congresos, revistas especializadas, etc.
- ¿Qué aporta la investigación en relación con los contenidos de la enseñanza de las ciencias? Se diagnosticó desconocimiento o una visión basada en los libros de texto. Se promoverá ampliar la visión sobre los tipos de contenidos, incorporando los procedimientos intelectuales y las actitudes, así como en comprender la importancia de las interacciones entre contenidos.
- ¿Qué aporta la investigación en relación con la metodología y el modelo de docente para enseñar ciencias? Se diagnosticó la existencia de una perspectiva tradicional y otra activista entre los estudiantes. Se pondrá el foco en una visión constructivista, como superadora de ambos extremos, basada en la evolución de las ideas propias de los estudiantes.

El Modelo Metodológico y las Secuencias de Actividades

El modelo metodológico diseñado comienza en la primera sesión con una introducción para animar al alumnado a incorporarse a la experimentación que se pone en marcha (Introducción-I). A continuación, en cada secuencia de actividades, se presenta el problema a investigar (Problema-P). A partir de ahí los estudiantes debaten en equipos sus ideas acerca del mismo, a partir de sus respuestas individuales a un cuestionario inicial (Ideas de los Alumnos-IA1), que son posteriormente corroboradas, ampliadas o desechadas a través de las *actividades de contraste* dirigidas por la docente y orientadas a superar los obstáculos detectados en el diagnóstico previo y en la actividad anterior (Actividad de Contraste-AC). Finalmente, los equipos reelaboran sus ideas iniciales sobre el problema y formulan sus conclusiones (Conclusiones-C), compartiéndolas y debatiéndolas con la clase (IA2).

Las secuencias de actividades diseñadas en coherencia con este modelo, y basadas en actividades educativas de éxito (como el análisis de artículos de investigación o la investigación de problemas abiertos) (Flecha et al., 2014), se presentan a continuación.

- Secuencia 1: ¿Qué es la ciencia y cómo se produce? (P). Debate en equipo y en gran grupo sobre las ideas del alumnado acerca del problema, partiendo de las respuestas

individuales al cuestionario inicial, estableciendo conclusiones iniciales, dudas y controversias (IA1). Investigación dirigida sobre el origen de las piedras de una playa (AC1). Investigación dirigida sobre ¿por qué no se hunden los barcos? (AC2). Reelaboración en equipo de sus ideas acerca del problema y establecimiento de conclusiones (C). Presentación y debate con toda la clase (IA2).

- Secuencia 2: ¿Cómo son las personas que se dedican a la ciencia? (P). Ideas iniciales de los equipos (IA1). Investigación sobre las características de autores y autoras de artículos científicos, incluyendo autores de la Facultad (AC1). Entrevista directa con investigadores/as de la Facultad con diversidad de género, edad, etc. (AC2). Estudio sobre las mujeres en la ciencia (AC3). Reelaboración de las ideas de los equipos y conclusiones (C). Debate final con la clase (IA2).
- Secuencia 3: ¿Cómo se produce la comunicación científica? (P). Ideas iniciales de los equipos (IA1). Análisis dirigido de un artículo periodístico sobre el descubrimiento de fósiles en Asia, centrado en controversias científicas (AC1). Reelaboración y conclusiones de los equipos (C). Debate final de la clase (IA2).
- Secuencia 4: ¿Qué aporta la investigación en relación con los contenidos de la enseñanza de las ciencias? (P). Ideas iniciales de los equipos (IA1). Análisis dirigido de varios artículos sobre la importancia de los procedimientos intelectuales y las actitudes y sobre una visión interactiva de los contenidos (AC1). Debate con docentes innovadores de primaria sobre estas temáticas (AC2). Reelaboración y conclusiones de los equipos (C). Debate de la clase (IA2).
- Secuencia 5: ¿Qué aporta la investigación en relación con la metodología y el modelo de docente para enseñar ciencias? (P). Ideas iniciales de los equipos (IA1). Análisis dirigido de varios artículos sobre la metodología de enseñanza de las ciencias y sobre el modelo de docente (AC1). Debate con docentes innovadores de primaria (la misma AC2 anterior). Reelaboración y conclusiones de los equipos (C). Debate de la clase (IA2).

Instrumentos y Técnicas para la Recogida y Análisis de los Datos

Se disponía de 3 fuentes de datos: a) *Cuestionario inicial/final* (individual y anónimo) sobre los problemas que se abordan en las actividades, basado en el diagnóstico previo descrito; b) Producciones del alumnado y d) Diario de la docente e informes de observación del investigador. En este artículo se analizan los datos de 128 cuestionarios (64 iniciales y 64 finales), comparando los resultados en ambos momentos gracias a una clave personal, y los obtenidos de una de las producciones de los equipos, realizada al final, también de forma anónima: los mapas del aprendizaje alcanzado, analizándose un total de 16. Se eligió la opción de mapas de equipos siguiendo la recomendación de Schwendimann y Linn (2016) sobre que el trabajo colaborativo incrementa la eficacia de este recurso.

El cuestionario tiene una introducción sobre la conveniencia de organizar la enseñanza a partir de las opiniones del alumnado y explica que su resolución es voluntaria (aunque necesaria para la buena realización del CIMA) y que el hecho de contestarlo implica la aceptación de que los resultados, también los del mapa, sean publicados. Las preguntas son:

- Para ti, ¿qué es la ciencia? Explica y argumenta tu respuesta con tus propias palabras.
- ¿Cómo crees que se produce el conocimiento científico? Puedes usar ejemplos concretos
- ¿Cómo crees que son las personas que se dedican a la ciencia? Ilústralo con los casos que consideres.
- ¿Cómo se produce la comunicación científica? Indica medios y recursos que favorecen dicha comunicación.
- ¿Qué crees que aporta la investigación a la enseñanza de las ciencias en la escuela? Piensa en los contenidos, en la metodología de enseñanza, en la manera de actuar del docente...

El cuestionario se aplicó una semana antes del CIMA y una semana después. El análisis de las respuestas se representó en escaleras de aprendizaje y evaluación (Müller y Schmalenbach, 2016; Porlán, 2017). Para ello se clasificaron las respuestas a cada pregunta en niveles de complejidad creciente por cada investigador. Las discrepancias fueron debatidas por ambos, eliminándose aquellas en las que no hubo acuerdo. El porcentaje de coincidencia en las dos aplicaciones del mismo fue del 86%. Los niveles finalmente resultantes se organizaron en las escaleras (Figuras 3 y 4), en la que cada escalón representa un nivel de respuesta, y el salto entre ellos el obstáculo de aprendizaje que hay entre un nivel y el siguiente. En cada nivel se incluyó la frecuencia de respuestas antes y después del CIMA, para poder observar la progresión de los estudiantes. Esta técnica permite representar de forma intuitiva sus avances, retrocesos y dificultades.

Por su parte, los mapas de aprendizaje se realizaron después del CIMA en una sesión de 3 horas. Se les aportó un guion con las siguientes tareas: a) Elaborar una lista con los aprendizajes que cada miembro del equipo cree haber alcanzado; b) Debatir y sintetizar en palabras claves los consensos sobre dichos aprendizajes; c) Decidir las relaciones más importantes que hay entre ellos y d) Representar lo anterior en un mapa.

El análisis de los mapas fue descriptivo a través del análisis del contenido (Bardin, 1986; Cohen et al., 2007). Dicho análisis se basó en una lectura interpretativa como medio para formular unidades de significado (UI) que posteriormente fueron clasificadas, siguiendo los principios de validez, replicabilidad y sistematización (Krippendorff, 2004). Se han seguido dos procedimientos de análisis. El primero, para determinar la frecuencia de aparición de los aprendizajes en los mapas y su tipología (conceptuales, procedimentales o actitudinales) (aquí la unidad de análisis ha sido cada contenido), y el segundo para determinar las relaciones más frecuentes que aparecen entre ellos (aquí la unidad de análisis ha sido cada interacción entre dos elementos del mapa).

En el primer análisis, cada investigador/a ha analizado los 16 mapas siguiendo estos pasos: a) Listar todos los elementos que aparecen; b) Formular UI que integren denominaciones literalmente diferentes, pero con sentido similar (por ejemplo: investigación científica y método científico o enseñanza por investigación e investigación en el aula); c) Categorizar dichas unidades en las metas de aprendizaje descritas y d) Calcular la frecuencia de cada una, determinando además si era un concepto, procedimiento o actitud. En el segundo caso, cada

investigador/a también ha analizado de manera independiente los mapas, siguiendo pasos similares, pero en relación con las interacciones entre dos elementos (o entre tres, cuando uno de ellos era una matización de otro). Finalmente, se han comparado los resultados de los dos investigadores, dándose un porcentaje de coincidencia del 87% en el primer análisis y del 89% en el segundo. Los desacuerdos se han debatido y en los casos de no haber acuerdo se han desestimado.

Fase de Experimentación

No se hará aquí una descripción de los acontecimientos ocurridos durante el desarrollo del CIMA, recogidos en el diario del docente y en las observaciones del investigador, pues serán objeto de otro trabajo. No obstante, de manera sintética enunciamos los aspectos más importantes: a) Gran implicación de los estudiantes; b) Dificultades iniciales para el trabajo en equipo por falta de experiencia; c) Más interés por el método científico que por el conocimiento científico; d) Interés muy especial por cómo son los científicos y por el papel de la mujer en la ciencia y e) Máximo interés por las aportaciones de la investigación a la enseñanza de las ciencias.

Resultados y Discusión

Fase de Análisis

Los Aprendizajes Alcanzados según los Estudiantes

Se han seleccionado las UI que aparecen en la mitad o más de los 16 mapas. Las unidades con esta característica son 128 (52 aprendizajes conceptuales, 24 procedimentales y 52 actitudinales). En lo que sigue, se compararán estas UI con las metas de aprendizaje, estableciendo 3 grados de cumplimiento: Aprendizajes logrados, parcialmente logrados y aprendizajes débiles o no logrados.

- ¿Qué es la ciencia?: La ciencia se identifica solo con hacer investigación ($f=10$). Ningún mapa incluye alusiones al conocimiento científico y sus características. En este caso es un aprendizaje no logrado, pues no hay indicios de que la visión absolutista del conocimiento científico se haya reflejado y superado.
- ¿Cómo se produce la ciencia?: En 15 mapas se menciona el método científico. En 11 se describen las siguientes etapas: problemas científicos, hipótesis, análisis de datos (experimentación, observación...), conclusiones (leyes, teorías...). En 8 se pone el énfasis en saber aplicar el método científico. Hay un aprendizaje parcialmente logrado en relación con el número de mapas que mencionan etapas del método científico y surge una dimensión no prevista sobre saber aplicar el método científico.
- ¿Cómo son las personas que se dedican a la ciencia? En 13 mapas se mencionan cualidades que deben tener los científicos (no tener prejuicios, paciencia, saber trabar

en equipo y curiosidad). También en 13 se indica la necesidad de promover la igualdad de la mujer en la ciencia y en 8 la conveniencia de conocer el papel de las mujeres en la historia de la ciencia, cuestiones ambas de una gran vigencia en la universidad (Rodríguez y Flecha, 2011). En este caso, la mayoría del alumnado ha puesto el foco en las actitudes del espíritu científico y en el papel de la mujer de la ciencia, lo que consideramos un aprendizaje logrado.

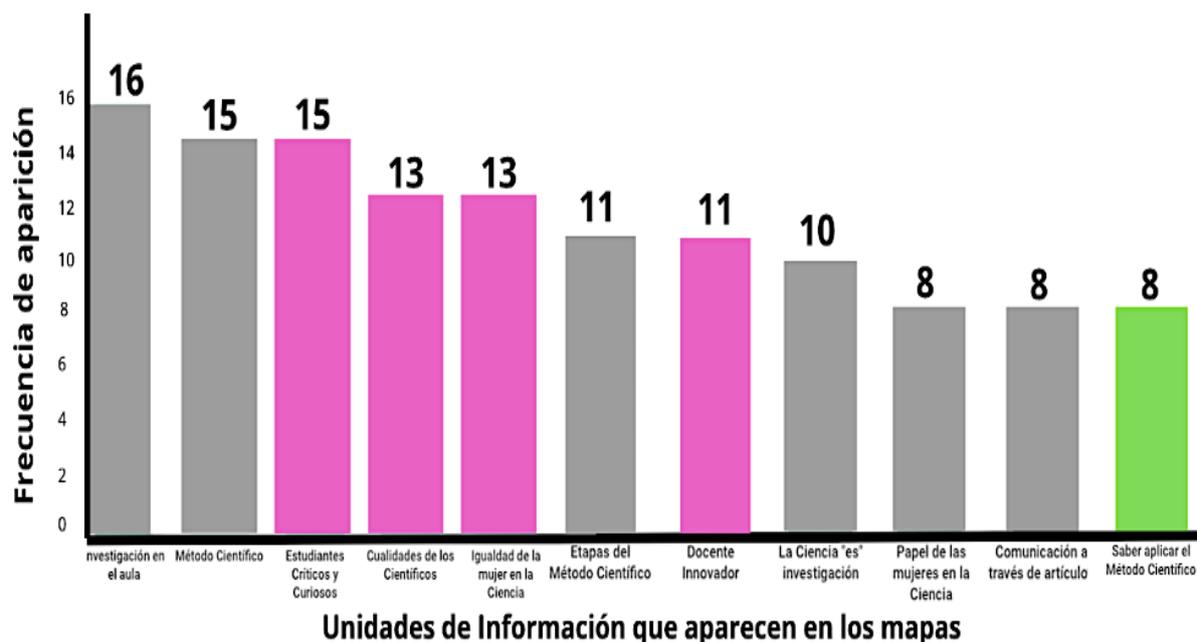
- ¿Cómo se produce la comunicación científica? 13 mapas aluden a los artículos en revistas científicas, por lo que consideramos que esta meta ha sido alcanzada y es un aprendizaje logrado.
- ¿Qué aporta la investigación en relación con los contenidos de la enseñanza de las ciencias? 15 mapas se refieren a promover en los alumnos dos contenidos actitudinales: espíritu crítico y curiosidad. Sin embargo, en pocos de ellos se alude a la importancia de trabajar las relaciones entre los contenidos. Por tanto, creemos que es un aprendizaje parcialmente logrado, al incorporar contenidos actitudinales, pero no procedimentales, y al no haber referencias a que los contenidos se construyen en la interacción de unos con otros.
- ¿Qué aporta la investigación en relación con la metodología y el modelo de docente para enseñar ciencias? Todos los mapas incluyen la idea de saber aplicar metodologías de investigación en el aula y 11 de ellos resaltan que el docente ha de ser innovador. Consideramos que, en relación con la metodología, es un aprendizaje logrado y en relación con el nuevo rol docente es un aprendizaje parcialmente logrado, pues ha sido alcanzado por un número importante de estudiantes, aunque no suficiente.

Es interesante resaltar que en los mapas hay más UI relacionadas con la ciencia ($f=86$) que con la enseñanza de las ciencias ($f=42$), posiblemente debido a que muchos estudiantes era la primera vez que se planteaban cuestiones relativas a la ciencia y los científicos, y realmente estaban muy interesados en esta temática. También destaca el hecho de que el número de contenidos de carácter conceptual ($f=52$) es similar al actitudinal ($f=52$), y ambos superan a los de naturaleza procedimental ($f=24$), confirmando la poca importancia dada a los procedimientos intelectuales.

Observando cada meta de aprendizaje, vemos que 34 UI pertenecen a la relacionada con el método científico, y que, incluso, en la pregunta ¿qué es la ciencia?, las unidades se refieren a que es fundamentalmente investigación. La otra meta de aprendizaje que destaca está relacionada con las personas que se dedican a la ciencia ($f=34$), en la que vemos que el feminismo en la ciencia es una idea representativa del aprendizaje alcanzado ($f=21$), sumada a las actitudes del espíritu científico ($f=13$).

Figura 1

Frecuencia de Aparición de Aprendizajes en los Mapas, por Orden de Importancia

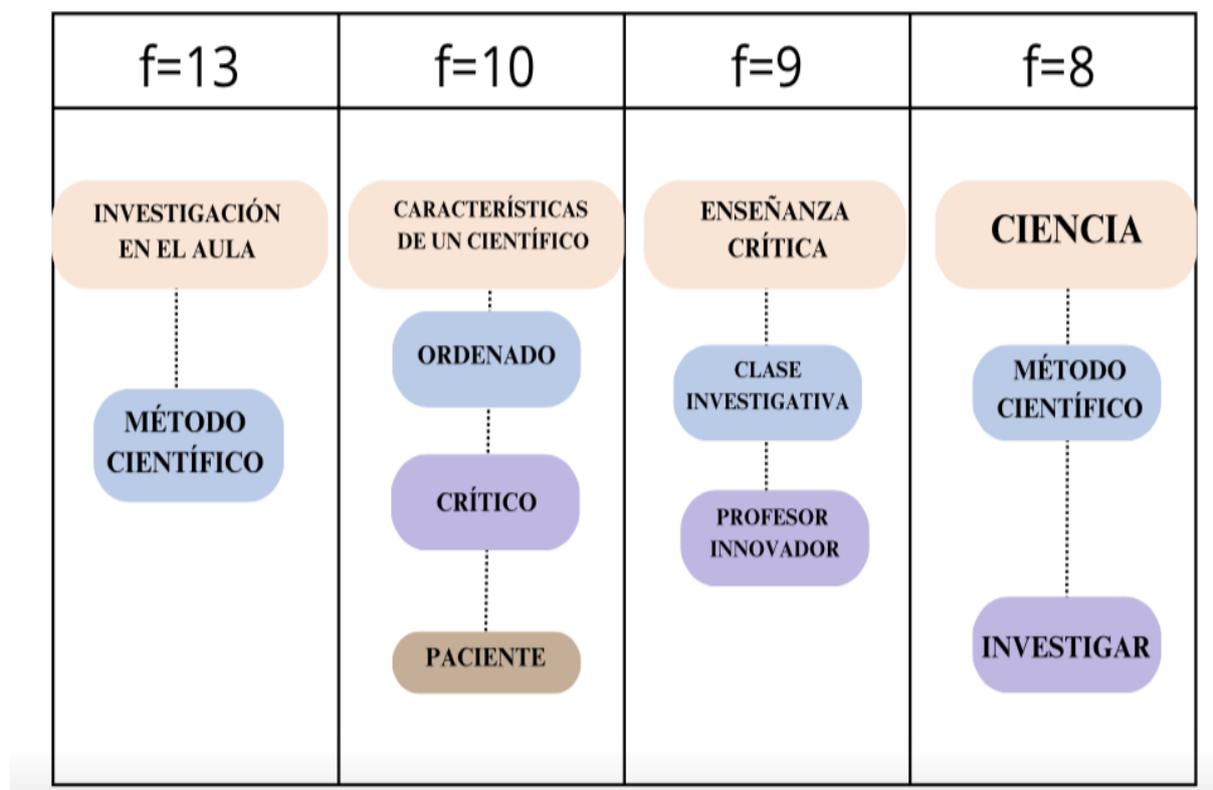


En la Figura 1, se ofrece una perspectiva complementaria a la anterior, al ordenar las UI por su frecuencia. Los colores se refieren a los tipos de contenidos (gris conceptual, rojo actitudinal y verde procedimental). Se observan 4 niveles: a) El primero, relacionado con UI que están en todos o casi todos los mapas (15/16), y que parecen ser los aprendizajes más potentes de la mayoría de los estudiantes (investigación en el aula, metodología científica y estudiantes críticos y curiosos); b) El segundo, con unidades muy frecuentes (13 mapas), tiene que ver con contenidos actitudinales y con la promoción de las mujeres en la ciencia; c) El tercero, con unidades frecuentes (10/11 mapas) sobre las etapas del método científico y sobre un modelo de docente innovador y d) el cuarto que incluye unidades que están en la mitad de los mapas (8), donde se plantea el método científico desde la perspectiva del saber hacer, el papel de la mujer en la historia de la ciencia y la importancia de los artículos como medio de comunicación científica.

En lo que se refiere a las relaciones más frecuentes entre los contenidos, en la Figura 2 mostramos las que aparecen en más de 8 mapas. Destaca, reforzando lo que aparece en los resultados anteriores, la relación que los estudiantes han establecido entre el método científico y la investigación en el aula ($f=13$ mapas). Es importante también la relación que se establece en bastantes mapas ($f=10$) entre los/las científicos/as y unas ciertas actitudes (en el ejemplo: orden, espíritu crítico y paciencia). Por último, la mitad de los equipos establecen dos tipos de interacciones relativamente significativas: a) Entre una metodología de enseñanza de las ciencias crítica e investigativa y la necesidad de desarrollar una actitud innovadora en los docentes ($f=9$ mapas) y b) Entre la ciencia, la investigación y el método científico, obviando, sin embargo, la dimensión del conocimiento científico, confirmando lo dicho en el análisis por metas de aprendizaje.

Figura 2

Frecuencia de Relaciones Directas entre Contenidos, según los Mapas del Alumnado



Las Escaleras de Aprendizaje Antes y Después del CIMA

En las Figuras 3 y 4 observamos la evolución de los aprendizajes de los estudiantes en relación con las metas de aprendizaje, al contestar el cuestionario inicial/final. El análisis nos lleva a las consideraciones siguientes.

En relación con las preguntas ¿qué es la ciencia? y ¿cómo se produce? (Figura 3) confirmamos que es un aprendizaje no logrado en relación con las características del conocimiento científico, ya que no se hace alusión a los productos de la ciencia, y un aprendizaje parcialmente logrado en relación al método científico, pues, al final, una parte de la muestra vincula el proceso científico solo con la experimentación o el descubrimiento (20% y 50% respectivamente), obviando otras dimensiones. Hay que resaltar que las actividades de contraste relacionadas con estas preguntas fueron sendas investigaciones (las piedras de una playa y la flotación de los barcos), en las que, atendiendo al informe de observación, el gran interés que provocaron estuvo más centrado en la práctica de la investigación que en comprender el proceso cognitivo que estaban siguiendo. Se plantea como mejora una actividad de reflexión epistemológica sobre las diferencias entre el conocimiento producido durante las investigaciones y el conocimiento común, y sobre las estrategias seguidas para elaborarlo.

En relación a la pregunta ¿cómo son las personas que se dedican a la ciencia?, se confirman los resultados obtenidos en los mapas, pues los estudiantes han evolucionado hacia una visión centrada en las actitudes propias del trabajo científico y en la incorporación de la mujer a la ciencia. Consideramos, por tanto, un aprendizaje logrado. Las actividades dedicadas a debatir con investigadores de la propia Facultad y al estudio sobre el papel de la mujer en la ciencia, además de resultar muy atractivas para los estudiantes, promovieron las metas de aprendizaje esperadas.

En relación con la pregunta ¿cómo se produce la comunicación científica? Los resultados de las escaleras confirman los obtenidos en los mapas, pues un 75% responde haciendo alusión a los artículos, congresos y tesis doctorales. Aprendizaje logrado, por tano, y sin propuesta de mejora para la secuencia de actividades. Hay que resaltar que el artículo sobre los fósiles en Asia y el debate que se promovió, fueron recursos excelentes.

En relación con las aportaciones de la investigación en relación con los contenidos, la metodología y el modelo de docente para la enseñanza de las ciencias (Figura 4), de nuevo se observa que, en relación con los contenidos, hay un aprendizaje parcialmente logrado, pues solo el 55% alude al análisis didáctico de los contenidos (adaptarlos a los alumnos, centrarse en los más importantes, trabajar actitudes, realizar mapas para ver las relaciones, etc.). Hay que señalar que la actividad de contraste realizada con un maestro y una maestra despertó gran entusiasmo entre los estudiantes, pero estuvo condicionada por la posición activista de ambos, más que constructivista, pues el debate se orientó hacia el plano actitudinal y emocional del aprendizaje, obviando los procedimientos intelectuales y otras características de los contenidos.

En cuanto a la metodología, los resultados matizan los obtenidos en los mapas. Téngase en cuenta que las respuestas al cuestionario permiten un mayor desarrollo de las opiniones de los estudiantes, mientras que los mapas reflejan una síntesis de equipo. Por eso, aunque en todos los mapas aparecen expresiones del tipo investigación en el aula, viendo las respuestas individuales hay que considerar que dicho término incluye tanto interpretaciones centradas en el juego y en dinámicas participativas (45%), pero poco consistentes a nivel del aprendizaje de conceptos y procedimientos, lo que denominamos un enfoque activista, como otras más propiamente constructivistas (55%). Por tanto, consideramos ahora que es un aprendizaje parcialmente logrado, en el que ha influido las características de los docentes participantes.

Algo similar podemos decir sobre el modelo de docente. Aunque la expresión docente innovador ha sido mayoritaria en los mapas, en las respuestas individuales al cuestionario final hemos encontrando que unas se orientan hacia un docente activista (preparar muchas actividades divertidas, lo importante no son los contenidos sino las dinámicas, hay que tener a los alumnos en movimiento para que no se aburran...) y otras hacia un docente constructivista (promover la reflexión y los argumentos, formular problemas atractivos que provoquen aprendizaje, diseñar de forma coherente los contenidos, la metodología y la evaluación...). También aquí consideramos un aprendizaje parcialmente logrado y creemos que el debate con los docentes influyó en los resultados.

Se plantea como mejora una selección más variada de los docentes, de manera que la orientación constructivista esté representada. También una mejor preparación de la actividad a través de un guion orientativo.

Figura 3

Escaleras de Aprendizaje Inicial y Final Relacionadas con la Ciencia

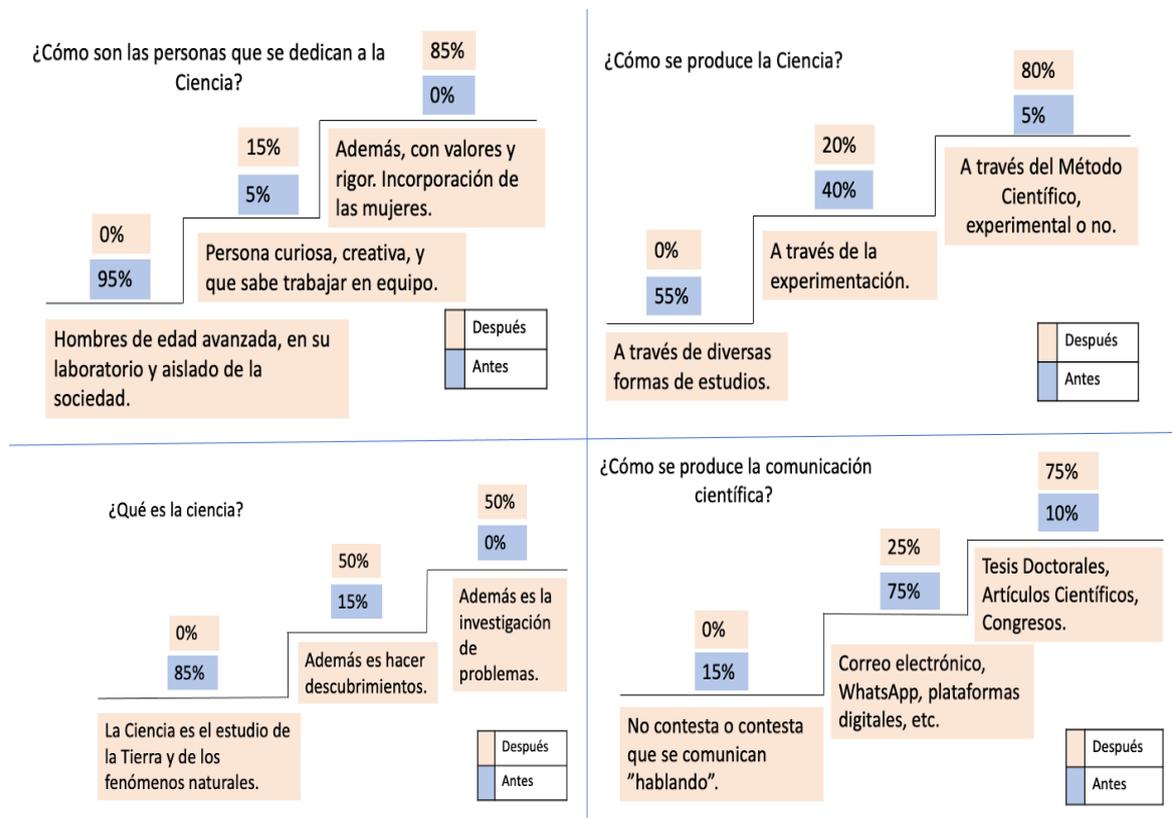
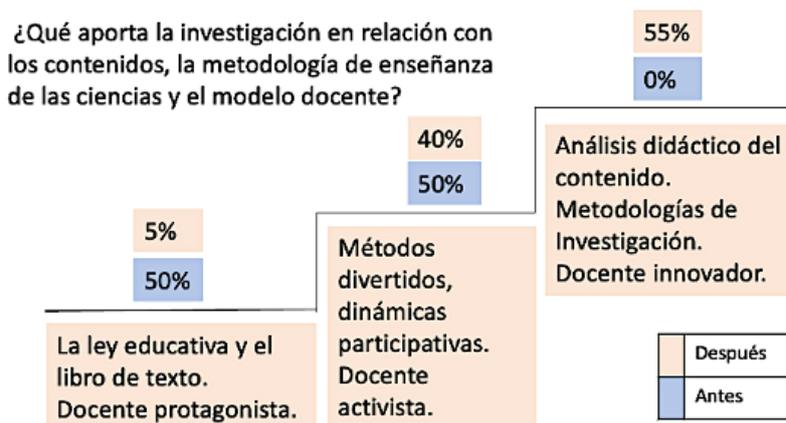


Figura 4

Escalera de Aprendizaje Inicial y Final Relacionada con la Enseñanza de las Ciencias



Conclusiones

En relación con el diagnóstico sobre los estudiantes, y a la luz de los resultados, podemos afirmar que:

- Se diagnosticó una visión absolutista del conocimiento científico y los resultados ni confirman ni contradicen esta afirmación, al no haber datos sobre ello, aunque consideramos que esto puede ser debido a que dicha visión actúa de manera implícita (Porlán, 2018).
- Se diagnosticó desconocimiento del método científico y los resultados indican que un 40% de la muestra ya relacionaba al inicio la ciencia con la experimentación.
- Se diagnosticó una visión de los científicos como hombres de edad avanzada, en su laboratorio y aislados de la sociedad y los resultados lo confirman.
- Se diagnosticó desconocimiento sobre la comunicación científica o una visión basada en formas convencionales y los resultados lo confirman.
- Se diagnosticó desconocimiento sobre las aportaciones de la investigación sobre los contenidos o una visión basada en los libros de texto y los resultados lo confirman, pues, al inicio, un 50 % no alude a ello y otro 50% se refiere a la ley y a los libros de texto.
- Se diagnosticó la existencia de una perspectiva tradicional en relación con la metodología y el modelo de docente junto a otra activista y los resultados lo confirman.

En relación con las metas de aprendizaje consideramos aprendizajes logrados los cambios relativos a las personas que se dedican a la ciencia, con énfasis en la incorporación de las mujeres, y los relacionados con la comunicación científica. Consideramos Aprendizaje parcialmente logrados los cambios relacionados con el método científico y con los aportes de la investigación a la enseñanza de las ciencias en relación con los contenidos, metodología y modelo docente. Por último, consideramos aprendizajes débiles o no logrados los relacionados con las características del conocimiento científico.

En relación con las secuencias de actividades, y siguiendo las recomendaciones sobre refinamiento progresivo del diseño de Collins y otros (2004), la mayoría de ellas han provocado avances significativos en el aprendizaje, y por tanto deben mantenerse, destacando aquellas relacionadas con las actividades educativas de éxito contrastado a nivel internacional (Flecha et al., 2014), concretamente: a) Las investigaciones de problemas abiertos; b) El análisis de artículos atractivos y c) El debate con agentes vinculados al tema de estudio. No obstante, se plantean dos mejoras para incorporar al diseño: a) Una nueva actividad de contraste, en la primera secuencia, dedicada a reflexionar en equipo y en gran grupo sobre el tipo de conocimiento generado en las investigaciones sobre el origen de las piedras y la flotación de los barcos, con el apoyo de un guion de reflexión y b) Modificar parcialmente la actividad de contraste de las secuencias 4 y 5 basada en el debate con maestros y maestras de primaria, seleccionando mejor a los docentes y preparando la sesión con un guion.

En síntesis, en relación con los avances conseguidos, los resultados muestran: a) Una mejor comprensión del método científico, del espíritu científico y de la comunicación científica, lo que implica un avance en la visión sobre la naturaleza de la ciencia (Lederman, 2007); b) Una imagen más acertada y diversa de las personas que hacen ciencia, con énfasis en la incorporación de la mujer a la actividad científica y c) Una nueva visión, aún limitada, de la enseñanza de las ciencias apoyada en evidencias científicas y no en el peso de la tradición.

En cuanto a las debilidades detectadas, destacan tres: a) La ausencia de opiniones relacionadas con el conocimiento científico; b) La poca valoración de los procedimentales intelectuales y c) El sesgo activista muy presente en la visión alternativa a la enseñanza tradicional de las ciencias.

En definitiva, el análisis corrobora la idea de Cademártori y Parra (2004) sobre que una formación inicial que promueva el conocimiento de la dinámica de la ciencia ayuda a que el futuro maestro promueva en sus aulas un aprendizaje investigativo. También la importancia de las competencias que propone Acevedo (2010): el conocimiento de la naturaleza de la ciencia y el saber promover procedimientos de indagación en la escuela.

En relación con los mapas, este estudio refuerza las conclusiones de Reyes-Santander y Ramos-Rodríguez (2018) con docentes en formación inicial, en el sentido de que los mapas son una herramienta útil para la formación del profesorado y una fuente de información para conocer los modelos de los estudiantes y para evaluar sus aprendizajes (Gil et al., 2020). De cara al futuro se tomará en consideración la idea de Schwendimann & Linn (2016) del análisis comparativo de mapas de equipos diferentes y de mapas de expertos, así como la comparación antes y después de la enseñanza y los mapas de razonamiento que proponen Chen et al. (2021).

En cuanto a las escaleras de aprendizaje consideramos que son un instrumento adecuado para reflejar la evolución de la clase e, incluso, como propuesta de futuro, para un seguimiento individualizado de cada estudiante (Müller y Schmalenbach, 2016; Porlán, 2017).

En conclusión, este trabajo demuestra la utilidad de las Investigaciones Basadas en Diseño y los Ciclos de Mejora en el Aula para promover un cambio fundamentado y progresivo del aprendizaje docente sobre la enseñanza de las ciencias y sobre la enseñanza en general. Para nosotros la idea fuerza es asumir que el conocimiento teórico académico y el conocimiento práctico docente necesitan puentes epistemológicos para promover una práctica fundamentada y unos fundamentos útiles para la práctica.

Financiación

Este trabajo se ha realizado en el marco del Programa de Formación e Innovación docente (FIDOP), financiado por el ICE de la Universidad de Sevilla.

Referencias

- Acevedo, J. (2010). Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Eureka*, 7(3), 653-660.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.04
- Azevedo, I., Morais, M. F. & Martins, F. (2017). Educação para a criatividade em adolescentes: Uma experiência com future problem-solving program internacional. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 15(2), 75-87.
<https://doi.org/10.15366/reice2017.15.2.004>
- Bardin, L. (1986). *El 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>
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Cademártori, Y. & Parra, D. (2004). *Reforma Educativa y Teoría de la Argumentación*. *Revista Signos*, 33, 69-85. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342000004800006>
- Campos, A. (2005). *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Magisterio.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. Routledge/Falmer.
- Collins, A. (1992). Towards a design science of education. En E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology*, (pp. 15-22). Springer-Verlag.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *Journal of the learning sciences* 13(1), 15- 42.
https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. En R. Keith (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, (pp. 135-152). Cambridge University Press.
- Costamagna, A. M. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 309-318. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4006>
- Chen, J., Wang, M., Dede, Ch. & Grotzer, T. A. (2021). Analyzing student thinking reflected in self-constructed cognitive maps and its influence on inquiry task. *Instructional Science*, 49, 287-312. <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09543-8>
- De Alba, N. & Porlán, R. (Coord.) (2020). *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*. Morata.
- DBRC (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8. <http://www.designbasedresearch.org/>
- Delord, G. (2020). *Investigar en la Clase de Ciencias*. Morata.
- 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. *Eureka*, 14(3), 653-665. <http://hdl.handle.net/10498/19514>

- Delord, G., Hamed, S., Porlán, R. & Hortigón, B. (2020a). Estudio de Caso de un Ciclo de Mejora en Ciencias y Tecnología. En N. De Alba & R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*, (pp. 271-308). Morata.
- Delord, G., Hamed, S., Porlán, R. & De Alba (2020b). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba & R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*, (pp. 127-162). Morata.
- Duarte, O., Pérez-Rodríguez, N., Navarro-Medina, E. & Delord, G. (2020). La investigación sobre formación docente del profesorado universitario. Algunas aportaciones relevantes. En N. De Alba & R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*, (pp. 103-125). Morata.
- Duit, R. (2009). *Students' and teachers' Conceptions and Science Education*. IPN.
- Flecha, R., Racionero, S. Tintoré, M. & Arbós, A. (2014). Actuaciones de Éxito en la Universidad. Hacia la Excelencia Tomando las Mejores Universidades como Modelo. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 4(2), 131-150.
<https://doi.org/10.4471/remie.2014.08>
- García-Díaz, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Díada.
- Gil, J., Solano, T. & Tobaja, L. M. (2020). The Use of Concept Maps as an Assessment Tool in Physics Classes: Can One Use Concept Maps for Quantitative Evaluations? *Research in Science Education*, 50, 1789-1804. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9753-4>
- Guisasola, J., Ametller, J. & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Eureka* 18(1), 1801. <http://reuredc.uca.es>
- Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., Avraamidou, L. & López-Gay, R. (2021). Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors and emotions. *Research in Science & Technological Education*, 39(1), 44-67.
<https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158>
- Kelly, A. E. & Lesh, R. A. (2000). *Handbook of research design in Mathematics and Science Education*. Erlbaum.
- Kinch, I. M. & Alias, M. (2006). Exploiting variations in concept map morphology as a lesson-planning tool for trainee teachers in higher education. *Journal of In-Service Education*, 53(3), 70-94. <https://doi.org/10.1080/13674580500200284>
- Krippendorff, K. (2004). Reliability in content analysis: Some common misconception and recommendations. *Human Communication Research*, 30, 411-433.
http://repository.upenn.edu/asc_papers/242
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, (pp. 831- 879). Mahwah.
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R. & López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Eureka*, 12(1), 149-166.
<http://hdl.handle.net/10498/16929>
- Müller, T. & Schmalenbach, C. (2016). Escaleras de aprendizaje: enseñando con la metodología Multigrado-Multinivel. *Diálogos*, 10(18), 47-56.
https://www.udb.edu.sv/editorial/index.php/publicaciones/dialogos/dialogos_18

- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal Research in Science Teaching*, 27, 937-949.
- Novak, J. D. (1998) *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Alianza.
- Ontoria, A. (2010). *Mapas Conceptuales: Una técnica para aprender*. Narcea.
- Pontes, A. (2012). Representación y comunicación del conocimiento con mapas conceptuales en la formación del profesorado de ciencia y tecnología. *Eureka*, 9(1), 106-123. <http://hdl.handle.net/10498/14628>
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. 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. & Villarejo-Ramos, A. F. (2022). *Aprendizaje universitario. Resultados de investigaciones para mejorarlo*. Morata.
- Reyes-Santander, P. A. & Ramos-Rodríguez, E. (2018). Mapas conceptuales en educación matemática a nivel universitario. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(2), 25-36. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.2.1657>
- Rinaudo, M. C. & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de educación a distancia*, 22, 1-29. <http://www.um.es/ead/red/>
- 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>
- Rivero, A., Martín-del-Pozo, R., Solís, E. & Porlán, R. (2017). *Didáctica de las ciencias experimentales en educación primaria*. Síntesis.
- Rodríguez, H. & Flecha, R. (2011). La Revolución Científica y Democrática en Educación. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 1(1), 34-52. <http://dx.doi.org/10.4452/remie.2011.02>
- Rodríguez-Palmero, M. L. & Moreira, M. A. (2018). *Mapas conceptuales: herramientas para el aula*. Octaedro.
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L. & Feuer, M. J. (2003). On the science of education design studies. *Educational Researcher*, 32(1), 25-28.
- Schwendimann, B. A. & Linn, M. C. (2016). Comparing two forms of concept maps critique activities to facilitate knowledge integration processes in evolution education. *Journal of research in Science Teaching*, 1(53), 70-94. <https://doi.org/10.1002/tea.21244>
- Steffe, L. & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: underlying principles and essential elements. En A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education*, (pp. 267-306). Lawrence Erlbaum Associates.
- Ura, S. (2020). Concept Map and Knowledge. *Education Sciences*, 10(9), 246. <https://doi.org/10.3390/educsci10090246>

Vázquez-Alonso, A. & Manassero-Mas, M. A. (2016). El efecto de un programa de formación para profesores sobre sus concepciones de la naturaleza de la ciencia y tecnología. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19(2)*, 223-239. <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.19.2.254221>