

# PRÁCTICAS CIENTÍFICAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: INDAGACIÓN PARA DESCRIBIR Y MODELIZAR

María Martínez-Chico, Rafael López-Gay y M<sup>a</sup> Rut Jiménez Liso  
*Universidad de Almería*

**RESUMEN:** La enseñanza basada en la indagación ha sido criticada por reducir el aprendizaje de las ciencias a hechos dispersos y olvidar prácticas científicas como la modelización. Este trabajo pretende salir al paso de ese reduccionismo y mostrar que la enseñanza por indagación, además de ser idónea para desarrollar el conocimiento profesional de los futuros maestros, puede y debe incorporar esas prácticas científicas. En particular, permite construir un conocimiento descriptivo preciso que facilita el proceso de modelización como práctica científica, lo que queda reflejado en el análisis de las grabaciones de audio realizadas por estudiantes de Didáctica de las Ciencias Experimentales del grado de Maestro E. Primaria durante la construcción del modelo Sol-Tierra para explicar las horas de luz solar en una localidad.

**PALABRAS CLAVE:** Formación inicial de maestros, indagación, conocimiento descriptivo, modelización.

**OBJETIVO:** analizar y evaluar el papel de la indagación para construir conocimiento descriptivo y su uso para facilitar el proceso de modelización en la formación inicial de maestros.

## INTRODUCCIÓN

El cambio de pensamiento y práctica docentes que todos tratamos de construir en la formación inicial de maestros choca con las limitaciones espacio-temporales de los planes de estudio. Estas limitaciones constituyen el lecho de Procusto para el sinfín de saberes y destrezas que todo maestro y maestra debería aprender en su formación inicial, lo que nos obliga a sus formadores a comprimir, buscar coherencia y ser eficientes. Ante esta limitación temporal, las decisiones se tornan dicotómicas, e incluso pendulares, entre el contenido científico escolar y el contenido didáctico que precisa todo docente (García-Barros, 2016), a caballo entre querer compensar las posibles deficiencias en la formación científica básica de los futuros docentes y proporcionar conocimientos didáctico suficiente para poder enseñar.

Para lograr el ideal de la eficiencia, en otras ocasiones, hemos descrito nuestra propuesta de integrar ambos lados del péndulo (aprendizaje de contenido científico y contenido didáctico) a través del enfoque de enseñanza por indagación (Martínez-Chico, López-Gay y Jiménez-Liso, 2013). Sin embargo, la mala praxis reflejada en la avalancha de propuestas que reducen la indagación a actividades meramente

manipulativas ha desplazado el énfasis de la investigación y la enseñanza hacia actividades mentales como la modelización o la argumentación (Couso, 2014). Así parece abrirse otro lecho “limitante” al tener que elegir entre prácticas científicas centradas en la modelización, argumentación e indagación.

Nuestra intención es salir al paso de este rechazo del enfoque de enseñanza por indagación y resaltar su valor para desarrollar esas actividades mentales en la formación inicial de maestros. De esta manera, continuamos con el debate que ya se inició en las I Jornades de Modelització i Aprenentatge de les Ciències<sup>1</sup>.

## LA INDAGACIÓN Y LAS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS EN LA FORMACIÓN DE MAESTROS-AS

El enfoque de enseñanza por indagación, de acuerdo con NRC (2000), reúne cinco características esenciales: se plantean preguntas científicas, se da prioridad a las pruebas, se formulan explicaciones a partir de pruebas, se comunican esas explicaciones y se evalúan a la luz de explicaciones científicas. Este enfoque se ha justificado por la concepción de cómo aprenden los alumnos, de la naturaleza de la investigación científica y del contenido básico que hay que aprender que lo sustenta (Worth, Duque & Saltiel, 2009). Para entender el enfoque de forma adecuada, conviene advertir que su objetivo es enseñar ciencia escolar, es decir, ayudar a comprender las ideas sobre el mundo natural (Osborne, 2014).

Sin embargo, la indagación ha generado un exceso de propuestas que la reducen a actividades manipulativas basadas en una imagen “empírica” de la ciencia (Couso, 2014). Para evitar este énfasis en el “cacharreo”, el NRC (2012) en lugar de referirse a la “indagación” se refiere a las “prácticas científicas” y proponen una larga enumeración de tales prácticas resaltando la modelización y argumentación, al menos con la misma importancia que las prácticas asociadas a la indagación. En este mismo simposio Garrido y Couso (2017) insisten en que *no es suficiente con permitir que se indague con fenómenos, sino que se hace necesaria la ayuda del experto, en el momento adecuado, que enfoca la mirada y aporta ideas nuevas*.

Estas críticas son acertadas pero, desde nuestro punto de vista, no apuntan al corazón de la enseñanza por indagación sino que advierten de ciertos reduccionismos. Además de las razones que se han expuesto más arriba para justificar el enfoque de indagación, consideramos que la enseñanza por indagación constituye un enfoque adecuado para la formación de maestros porque:

- Proporciona una secuencia clara y ordenada para organizar la enseñanza, una guía necesaria para que los docentes analicen y modifiquen propuestas de enseñanza
- Es útil para construir conocimiento descriptivo sólido que permita, en un segundo paso, cuestionar y modificar modelos
- Promueve la modelización y argumentación, siempre que se exija la justificación de hipótesis y sea esa justificación la que se esté contrastando.

Intentaremos describir brevemente nuestra propuesta de formación para indicar cómo la indagación adquiere este valor añadido.

### Nuestra propuesta de indagación para incorporar prácticas científicas

Los futuros maestros, para cuestionar su pensamiento docente espontáneo, necesitan disponer de experiencias de aprendizaje, alternativas a sus experiencias previas que les sirvan como referente y mo-

1. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLiikyHIURtaUFBGj2zsIoy688auQTf1cg>

delo (Martínez-Chico et. al., 2013). Haefner & Zembal-Saul (2004) señalan que los futuros docentes necesitan vivir prácticas con las que adquirir una visión adecuada de la ciencia y el trabajo científico, aumentando la confianza y seguridad y que puedan trasladar a sus futuras clases en Primaria.

La indagación ayuda a generar un ciclo que organiza la enseñanza perfectamente reconocible por los futuros docentes, por lo que se convierte en una herramienta “técnico-profesional” para el análisis, mejora y diseño de secuencias de enseñanza. Cuando analizan y discuten propuestas de enseñanza para niños, este ciclo les proporciona criterios fundamentados: ¿hay una pregunta que dé sentido a las actividades?, ¿los niños pueden adelantar sus respuestas?, ¿las justifican?, ¿discuten cómo pueden saber si son correctas o no esas respuestas?, etc. Consideramos que esta confianza y fundamento en su destreza profesional compensa el riesgo de que puedan adquirir una visión inicial excesivamente rígida del trabajo científico.

Además las propuestas de indagación permiten construir conocimiento descriptivo, muy cercano a los hechos. Somos conscientes de que se trata de una opción no exenta de riesgos y polémica, pero hay distintas razones que justifican esa opción. Por un lado, es un conocimiento cuya construcción no exige apenas abstracción, lo que permite centrarse con más detalle en el propio proceso de indagación y de aprendizaje, promoviendo un conocimiento profesional útil para el diseño y análisis de secuencias de enseñanza. Por otro lado, este conocimiento descriptivo y experiencial es el único punto de partida en las edades tempranas. Por fin, el conocimiento descriptivo preciso proporciona criterios fiables a los estudiantes para cuestionar y construir modelos, pues a falta de ese conocimiento concreto se produce una amalgama entre modelos intuitivos y supuestos hechos que los confirman (creemos lo que vemos) que hacen difícil el cuestionamiento de algunos modelos importantes.

También las propuestas de indagación permiten resaltar la funcionalidad y proceso de construcción de los modelos en la ciencia. En nuestra propuesta de indagación los estudiantes justifican de forma reiterada sus hipótesis, en qué se basan para pensar como piensan y analizan los resultados obtenidos no tanto para validar o no la hipótesis como el conocimiento que la sustenta. Se trata de una práctica científica importante: no investigamos para conocer hechos concretos sino para poner a prueba los modelos que utilizamos para observar esos hechos.

Esta integración entre aprender ciencias y conocimiento profesional lo desarrollamos con mayor extensión en otro simposio de este congreso (López-Gay et. al., 2017). En dicho trabajo describimos dos secuencias de indagación consecutivas sobre el sistema Sol-Tierra: la primera, más centrada en conocimiento descriptivo, buscar respuesta a la pregunta: ¿cómo cambian las horas de luz solar a lo largo del año en tu localidad?, mientras la segunda secuencia, más centrada en la construcción y uso del modelo, busca respuesta a una pregunta precisa que ahora sí tiene sentido: ¿cuál debe ser la posición de la Tierra y el Sol para explicar que en Almería haya 12h de luz solar en un día de equinoccio, *menos de 12 h en el solsticio de invierno y más de 12 h en el solsticio de verano?*

El conocimiento descriptivo preciso adquirido en la primera secuencia puede jugar un importante papel en la segunda secuencia para dirigir la construcción del modelo y probar su validez. El diseño metodológico y análisis de resultados pretenden obtener evidencias sobre ese papel del conocimiento descriptivo.

## METODOLOGÍA

La asignatura de “Didáctica de las Ciencias Experimentales I”, de 2º curso de Maestro de Educación Primaria de la Universidad de Almería, es cursada por 210 estudiantes en el curso 16-17. La pregunta con la que finalizamos el apartado anterior, se planteó a los estudiantes y se les pidió que grabasen en audio su discusión en grupos de cuatro y la enviasen a los docentes.

Estas grabaciones han sido transcritas y analizadas por tres investigadores independientemente buscando identificar el papel jugado por el conocimiento descriptivo (adquirido en la primera secuencia de indagación) en la construcción de su modelo explicativo.

## RESULTADOS

El análisis de los audios nos ha permitido identificar dos categorías emergentes en el papel del conocimiento descriptivo asociadas al proceso de modelización: un papel *reorientador* y otro *probatorio*.

El conocimiento descriptivo preciso ha servido para marcar el objetivo de la modelización y *reorientar* la discusión, como se refleja en los siguientes extractos de una grabación.

- *A ver... En el equinoccio de primavera el día tiene 12 horas de luz y va aumentando, pero... ¿por qué dan esas horas de luz en ese equinoccio?, ¿por qué cambia?, ¿tiene algo que ver con el sol?*

- *Porque la Tierra gira más rápido o más lento*  
- *Nunca lo había escuchado, pero... ¿eso valdría para explicar qué pasa con las horas en Almería?*

Por otro lado, el conocimiento descriptivo les ha servido *para poner a prueba* sus pequeños avances en la construcción del modelo, para apreciar las inconsistencias y reconocer la necesidad de otro modelo:

- *Pero si lo acercas da menos. Ocupa menos espacio.*  
- *¿Eso qué tiene que ver con las horas?*  
- *Ahora abarca más espacio (...)*  
- *Pero él lo que dice es que, si está muy cerca, hay menos espacio que abarca el sol.*  
- *Así que entonces, el 21 de diciembre estaría muy cerca.*  
- *Sí, pero... ¡qué calor! (...)*  
- *¿Es razonable?*  
- *Claro que es razonable*  
- *¿Explica bien lo que pasa en Almería?*

- *Yo ya te digo que este ejercicio ya lo he hecho con una representación. Poner una linterna, poner una pelota como si fuera el sol, ves el haz de luz y vas jugando con la Tierra.*  
- *Entonces, ¿por qué el 21 de marzo y el 22 de septiembre hay 12 horas?*  
- *Los dos se encuentran en la misma posición, ¿no? Con respecto al sol*  
- *Claro (...)*  
- *¿Cómo debería estar para que haya menos de 12 horas de luz solar?*  
- *También puede ser lo que dice Antonio, porque si depende de la separación del sol...*  
- *Sería más cerca entonces*

La investigación didáctica (Navarrete, Azcárate y Oliva, 2004) ha mostrado que los estudiantes en sus explicaciones espontáneas sobre la sucesión de las estaciones mezclan distintas variables a considerar (temperatura, altura solar, distancia al foco, facilidad para quemarse...) y generan modelos verificacionistas y confirmatorios como el modelo “estufa” de mayor o menor distancia al Sol, seleccionando hechos que parecen confirmar lo que pensamos previamente. La falta de seguridad en el conocimiento descriptivo, generalmente apoyadas en un conocimiento impreciso (no apoyado en pruebas) del fenómeno a explicar, impide la discusión, parece que todo vale pues siempre hay un supuesto hecho que confirma la idea inicial. Nuestros resultados muestran que, al tener que explicar un fenómeno probado (cambio de horas de luz en Almería), este orienta la discusión y sirve para poner a prueba el modelo que se está construyendo. A pesar de ese conocimiento descriptivo preciso, ninguno de los grupos consiguió construir de forma autónoma un modelo para explicarlo correctamente. Esto indica que es

necesario pero no suficiente y demanda la ayuda experta a través de preguntas precisas e informaciones puntuales.

## CONCLUSIONES

Al plantear preguntas explicativas a los estudiantes en general y a los futuros maestros en particular, pretendemos que los estudiantes utilicen sus experiencias y conocimientos para generar una explicación plausible. El intento de explicar la sucesión de las estaciones pone en juego explicaciones basadas en las diferentes temperaturas asociadas al frío y al calor lo que genera un modelo “estufa” (Navarrete, Azcárate y Oliva, 2004) de mayor o menor acercamiento al Sol. El conocimiento descriptivo escaso anterior, apoya un modelo o protomodelo que genera un bucle del que es difícil salir o poner en conflicto. Este bucle se rompe si previo a la construcción de modelos hacemos vivir un ciclo de indagación descriptivo sobre el número de horas de luz solar y se comienza el ciclo de construcción de modelo tratando de explicar las diferencias de horas de luz solar. Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto que al tener que explicar un conocimiento descriptivo preciso, construido de manera significativa por indagación (lo que le aporta credibilidad y validez a este conocimiento), los estudiantes superan la dispersión e, incluso, son capaces por sí solos de detectar inconsistencias de manera que el modelo “estufa” les permitiría explicar menos de 12 h de luz solar pero nunca más de 12 h.

Hemos mostrado que la enseñanza por indagación, además de ofrecer una guía a los futuros docentes para el diseño de las secuencias de enseñanza, promueve el conjunto de prácticas científicas, en especial la modelización. Es cierto que un mal enfoque basado en la indagación reduce la práctica científica al cacharreo, del mismo modo que es cierto que un mal enfoque de la modelización reduce esa práctica científica al aprendizaje de conceptos abstractos y no funcionales, o que un mal enfoque de la argumentación reduce esa práctica científica a la sintaxis lingüística.

## AGRADECIMIENTOS

A los proyectos EDU2015-69701-P y P11-SEJ-7355 (@Sensociencia).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUSO, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva.
- GARCÍA-BARROS, S. (2016). Conocimiento científico conocimiento didáctico. Una tensión permanente en la formación docente. *Campo Abierto*, 35(1), 31-44.
- GARRIDO, A. & COUSO, D. (2017). La modelización en la formación inicial de maestros: ¿qué mecanismos o detonantes la promueven? *X Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias*. Sevilla.
- HAEFNER, L.A., & ZEMBAL-SAUL, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.
- LÓPEZ-GAY, R., JIMÉNEZ-LISO, M.R., MARTÍNEZ-CHICO, M. & TRABALÓN, M. (2017). Una propuesta integrada para la formación inicial de maestros: desde el aprendizaje de ciencias mediante indagación y modelización a la competencia para enseñar ciencias. *X Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias*. Sevilla.

- MARTÍNEZ-CHICO, M. LÓPEZ-GAY, R. & JIMÉNEZ-LISO, M.R. (2013). Propuesta de formación inicial de maestros fundamentada en la enseñanza por indagación centrada en el modelo de Sol-Tierra. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 2173-2178.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- NAVARRETE, A., AZCÁRATE, P. & OLIVA, J.M. (2004). Algunas interpretaciones sobre el fenómeno de las estaciones en niños, estudiantes y adultos: revisión de la literatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), 146-166.
- OSBORNE, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- WORTH, K., DUQUE, M. & SALTIEL, E. (2009). *Designing and implementing inquiry-based science units for primary education*. [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net)