

# Enseñando a enseñar: Reconstruyendo una experiencia de la práctica con futuros docentes de física

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Laura Buteler<sup>1</sup>, Enrique Coleoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física Enrique Gaviola - Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Medina Allende y Haya de la Torre. Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

E-mail: lbuteler@famaf.unc.edu.ar

## Resumen

La experiencia que se relata se inscribe en la asignatura Metodología y Práctica de la Enseñanza (MyPE) de un profesorado de física universitario en Argentina. Durante el desarrollo de esa asignatura detectamos que los futuros docentes consideraban que todo diseño de una unidad didáctica debía comenzar recabando las ideas previas de los estudiantes en relación al contenido a desarrollar. Sin embargo, las actividades que estos futuros docentes proponían para desarrollar esos contenidos, no tenían en cuenta esas ideas previas. A partir de esta situación, se realizaron actividades durante el transcurso de la asignatura, a fin de que los futuros docentes pudieran construir esa conexión. En este relato se muestra una de ellas y, a modo de resultado, parte de uno de los proyectos de práctica y su implementación en un sexto año de la escuela secundaria. Los resultados muestran que estos futuros docentes lograron poner en “práctica” su constructivismo “declarado”.

**Palabras clave:** Metodología y Práctica de la Enseñanza, Física, Ideas previas, Constructivismo, Fluidos.

## Abstract

The experience reported occurred during the last course in a Teacher training career for Physics teachers, in a public university in Argentina. During the course, we detected that our students were very aware of the importance of knowing their students' previous ideas related to the content to be taught. However, the activities they proposed to be carried out in class were not related to those ideas. Thus, we planned a number of activities during the course, so that our soon-to-become-teacher students, could build this non-existing connection. We show one of these activities in some detail, and, as a result, we present the one of our students' teaching project and its implementation in the last year of a secondary-school course. Results show how our students were able to enact their constructivist ideas, which were until then only declarative.

**Keywords:** Pre-service teacher training, Physics, Prior knowledge, Constructivism, Fluids.

## I. CONTEXTO DEL PROBLEMA

La experiencia que se relata se inscribe en la asignatura Metodología y Práctica de la Enseñanza (MyPE, Asignatura anual, de 8 hs. semanales, último año) de un profesorado de física universitario en Argentina, durante 2014. En el primer cuatrimestre, los estudiantes realizan observaciones de clases de física en un curso de una escuela secundaria, y durante el segundo cuatrimestre tienen lugar sus prácticas en ese mismo curso. Ambas experiencias duran un mes cada una, y el período de prácticas es el único que estos estudiantes transitan durante su carrera. Los cuatro estudiantes que cursaban MyPE eran regulares y habían cursado y aprobado todas las materias didáctico-pedagógicas de su plan de estudios, a saber: Sujeto del Aprendizaje, Pedagogía y Didáctica y Taller de Física.

Adhiriendo a una postura constructivista para la enseñanza, un objetivo que se planteó desde la asignatura fue indagar las concepciones previas de estos estudiantes de MyPE sobre la enseñanza de la física. Una de estas actividades que se planteó para tal fin, consistió en retomar sus propias producciones en relación al diseño de una unidad didáctica realizada en otro espacio curricular, y ponerlas a consideración del grupo-clase. Cada producción era leída por todo el grupo, presentada por su autor, y analizada por sus pares. De las interacciones y discusiones surgidas en ese espacio de debate, pudimos relevar algunas características de su conocimiento previo en relación a la enseñanza de la física: a)

Consideraban importante relevar las ideas previas de los estudiantes en relación a los contenidos que iban a desarrollar; **b)** Evidenciaban conocimiento de un amplio repertorio de actividades (simulaciones, distintos tipos de resolución de problemas, actividades de argumentación, trabajos de laboratorio, uso de videos, etc.) para proponer a los estudiantes; **c)** El constructivismo era la filosofía de enseñanza que explicitaban al comienzo de sus presentaciones; **d)** No establecían conexiones entre las supuestas ideas previas de los aprendices y las actividades de enseñanza que ellos proponían para desarrollar el contenido en cuestión.

Pudimos advertir entonces, que ellos contaban con interesantes recursos curriculares para sus proyectos de práctica, pero que no habían construido aún un modelo de estudiante a ser interpelado por las actividades de enseñanza. Esto les impedía retomar las ideas previas de sus supuestos estudiantes e incorporarlas como ingrediente básico en el diseño de las actividades de enseñanza para el desarrollo del contenido en cuestión. Este problema ha sido extensamente reportado en la literatura sobre formación docente, y se enmarca en un tipo de conocimiento previo de futuros docentes que Shulman denominó *Conocimiento Didáctico de la Disciplina* o *PCK* (Pedagogical Content Knowledge) (Shulman, 1987).

## II. LA CLASE DE LA CLASE

Diseñamos una actividad en la que los futuros docentes pudieran vivenciar la conexión entre sus ideas previas en relación a un concepto (empuje) y las actividades que nosotros (como sus docentes) preparamos para retomar esas ideas y, sobre esa base, brindarles una oportunidad para refinar ese concepto. Sin comunicarles inicialmente cuáles eran nuestros objetivos didácticos les propusimos que en dos grupos resolvieran el problema que se muestra en la Figura 1 para luego hacer una puesta en común.

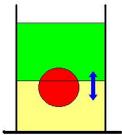
*Un objeto flota en agua con 3/4 de su volumen sumergido en agua. Se vierte aceite sobre el agua, cuya densidad es la mitad que la del agua. Prediga qué ocurrirá cuando se alcance el equilibrio.*

1) *El objeto se hundirá más en el agua.*

2) *El objeto permanecerá a la misma altura con respecto al nivel del agua.*

3) *El objeto subirá con respecto al nivel del agua.*

4) *No hay suficiente información.*



**FIGURA 1.** Problema dado a los estudiantes de MyPE

El conocimiento de resultados de investigación con este problema (Buteler y Coleoni, 2014a y 2014b), nos permitió hipotetizar que algunos de estos estudiantes de MyPE responderían que el objeto se hundirá más en el agua debido a la fuerza que la columna de aceite ejerce sobre él. Es decir, si bien consideran que el agua y el aceite ejercen un empuje sobre esta esfera, perciben que al verter aceite, se agrega una fuerza “extra” hacia abajo que la hunde más. En síntesis, suelen entender que el aceite vertido participa de dos formas independientes sobre la esfera: en el peso del aceite desplazado por la pelota, y agregando una fuerza de arriba hacia abajo sobre ella. Esta es una idea previa o intuición que pone de manifiesto un aspecto no contemplado de la conceptualización de empuje, y que constituye una excelente oportunidad para refinar ese concepto, contrastando este aspecto no contemplado en la definición de empuje como ‘peso del volumen de fluido desalojado’.

Tal como lo preveíamos, no hubo una única respuesta, y la discrepancia los puso en situación de explicitar sus razonamientos a sus compañeros. En el pizarrón mostraban cómo habían pensado la situación y a partir de allí surgían cuestionamientos de sus pares. Cada vez que estos cuestionamientos eran tenidos en cuenta y aceptados, el otro grupo intentaba continuar desde allí, o bien abordar el problema de otra manera. Así la discusión se mantuvo durante más de media hora. Como docentes nos mantuvimos al margen de las discusiones, y les manifestamos que la consigna era lograr acuerdo en una solución. Sólo una respuesta era posible. Uno de los grupos logró plantear (correctamente), y todos entendían, que el empuje era igual al peso, a partir de lo cual despejaban el volumen de esfera sumergida en agua. Este volumen les daba un medio de su volumen total, por lo que la respuesta elegida sería la 3. Sin embargo, no podían explicar la conexión de ese resultado con el “peso” de la columna de aceite, la que todos sospechaban que empujaría a la esfera hacia abajo. Se encontraron con un conflicto entre dos ideas surgidas de *sus propias* discusiones. La oportunidad para refinar el concepto de empuje estaba dada.

Con el objetivo de que comenzaran a considerar al empuje como la consecuencia de las presiones que rodean al cuerpo sumergido, les planteamos otra actividad, parte de la cual se muestra en la Figura 2. La apuesta fuerte era cambiar la geometría del objeto para que cualquier cálculo resultara más simple y, a la

vez, llevar a cabo el proceso de verter aceite en “capas” para que pudieran “descubrir” cómo la presencia de las sucesivas capas de aceite modificaba también la presión del agua. Dos ingredientes, a nuestro criterio, fundamentales para refinar el concepto de empuje en esta situación.

Suponga que ahora en vez de una esfera, tenemos un cubo del mismo material. Se coloca este cubo en agua, y se observa que se sumerge  $\frac{3}{4}$  de su volumen en ella. Partiendo del cuerpo flotando en agua, se vierte lentamente el aceite **SOBRE LA SUPERFICIE LIBRE DEL AGUA**, y en cantidad tal que el aceite no llegue a cubrir la porción del cuerpo que sobresale del agua. Prediga si en ese caso, el cuerpo,

a) Se hundirá más en el agua, como se muestra en la figura I, o  
 b) Se hundirá menos, como lo muestra la figura II.

Figura I: al verter el aceite, el cuerpo se sumerge más en el agua

Figura II: al verter el aceite, el cuerpo se sumerge menos en el agua

c) Si se continúa vertiendo aceite (sin cubrir la cara superior del cubo), ¿el cubo sigue hundiéndose o elevándose en relación a la superficie de separación de ambos líquidos?  
 d) ¿Podría corroborar esta predicción por medio de alguna estimación de los cambios de presión del agua en la base del cubo a medida que se agrega aceite?

FIGURA 2. Actividad dada a los estudiantes de MyPE

A continuación se planteó la situación de seguir vertiendo aceite hasta cubrir la cara superior del cubo (por razones de espacio no incluimos aquí la actividad completa). Se plantearon las mismas preguntas que para la esfera y se repitió el ítem d de la Figura 2. Así arribaron a la conclusión que el cubo sube a medida que agrego aceite debido al aumento de presión en su base inferior y, que una vez cubierto de aceite, agregar más aceite aumenta la presión de igual manera en la cara inferior y superior, por lo que el cubo ya no se mueve más. A partir de esta conclusión, se les propuso volver al problema original y así poder “conciliar” las dos ideas en conflicto mantenidas por ellos al comienzo. Así lograron entender que el “peso” de la columna de aceite ya estaba “incluido” en el cálculo de empuje a lo Arquímedes, puesto que la presencia de esa columna aumentaba la presión del agua también en la parte inferior del objeto.

Una vez finalizada la actividad les preguntamos, ¿De qué se trató esta clase? ¿Por qué creen que incluimos esta actividad en MyPE? Respondieron: “esta es una clase de una clase”. Luego les solicitamos que hicieran una narrativa sobre lo que había pasado en esa clase, sobre la cual trabajamos en la siguiente. La cuestión de fondo era cuán importante había sido para ellos explicitar y cuestionar sus ideas previas y cómo, las actividades que hicieron les permitieron explicitarlas, ponerlas en cuestión y volver sobre ellas para esclarecer su conceptualización de empuje.

### III. ALGUNOS RESULTADOS DE LA PRÁCTICA EN LA ESCUELA

Las actividades llevadas a cabo en nuestro curso de práctica, parte de las cuales se encuentran descriptas en la sección anterior, apuntaron a recuperar el valor de modelar el proceso de aprendizaje de los estudiantes para diseñar las actividades de enseñanza. Buscamos construir un sentido de la importancia para el docente de conocer las ideas de los estudiantes potencialmente útiles para el aprendizaje y a partir de ellas imaginar posibles caminos de construcción de nuevos conocimientos. En esta sección mostraremos, a modo de resultado, una parte de las actividades desarrolladas por uno de los estudiantes de la Práctica, en su aula. Recordemos que, al comenzar el curso, éste estudiante, al igual que sus compañeros declaraban explícitamente la importancia de relevar las ideas previas de los alumnos<sup>1</sup>, pero en los hechos, las actividades que proponían luego estaban desconectadas de esas ideas y seguían, casi

<sup>1</sup> Utilizaremos el término “alumnos” para referirnos a los aprendices en el aula en la cual el estudiante de MyPE realizó sus prácticas, en diferenciación del término “estudiante(s)” con el cual nos referiremos a los aprendices en el curso de MyPE del cual somos docentes.

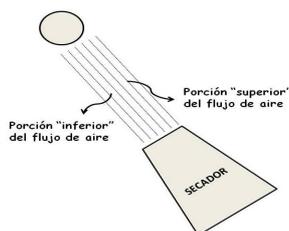
indefectiblemente, una lógica disciplinar u orientada por los recursos curriculares disponibles. El caso que presentamos en esta sección muestra cómo uno de nuestros estudiantes logra salir de esa lógica y plantear actividades en las cuales las ideas previas de sus alumnos resultan centrales, y cómo toma decisiones que priorizan la construcción a partir de esas ideas por sobre la lógica disciplinar. Los resultados presentados forman parte del informe final de la Práctica (Bustos, 2014)

Nuestro estudiante aborda la ecuación de Bernoulli en un curso de 6<sup>to</sup> año, luego de haber trabajado la idea de Presión, la relación entre Presión y Fuerza, y el Principio de Pascal. Durante toda su práctica, el abordaje apuntó a comenzar desde lo fenomenológico. Sus clases iniciaban con alguna propuesta experimental, con una etapa de discusión y predicción, y una posterior de experimentación para contrastar las predicciones. Su intención era apelar a las explicaciones que los alumnos articulaban para explicar los fenómenos y a partir de preguntas sobre esas explicaciones llevarlos a relacionar fuerzas con cambios de presión y cambios de presión con diferencias de velocidad. Intentaremos ilustrar esto con algunos ejemplos.

**A. Las actividades de recolección de ideas previas.**

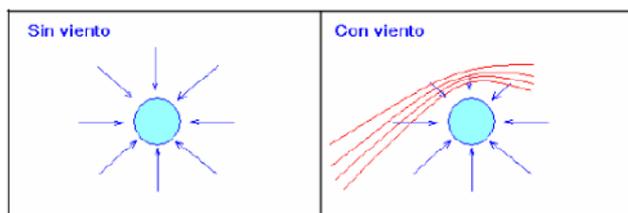
La sustentación de la esfera de telgopor. La primera actividad presentada fue la de mostrar la sustentación de una esfera de telgopor en la corriente de aire generada por un secador de pelo. A los alumnos se les mostró esta experiencia (un esquema de la misma se encuentra en la Figura 3), incluso inclinando la columna de aire. Ante el pedido de que los alumnos compartieran sus ideas acerca de por qué la pelota se sostenía, surgieron ideas como “el aire de la parte ‘inferior’ del chorro de aire sostiene a la pelota y evita que se caiga” (ver figura), o, “que el aire del secador está más caliente que el ambiente y por eso se sostiene la pelota”. Estas respuestas de los alumnos, sentaron la base para proponerles que predijeran lo que sucedería si:

- a) Obstruían el paso del aire en la parte inferior del flujo (ver figura)
- b) Obstruían el paso de aire en la parte superior del flujo.
- c) Cambiaban a “frío” la temperatura del secador.



**FIGURA 3:** Esquema de la actividad inicial, experimental.

Los alumnos, en consonancia con las ideas anteriores, predecían que la pelota se caería si obstruían la porción inferior del flujo de aire, o si apagaban la resistencia del secador. Ante la observación de que la pelota “se cae” cuando se obstruye la parte superior y no la inferior del flujo de aire, los alumnos cuestionaron sus ideas y elaboraron algunos modelos explicativos como el que se muestra en la figura 4.



**FIGURA 4:** Un modelo explicativo para la sustentación, elaborado por los alumnos del curso de física.

Este es un esquema de lo que algunos alumnos dibujaron en el pizarrón para explicar su razonamiento. Allí vemos cómo la sustentación de la pelota es explicada mediante una serie de fuerzas ejercidas por el aire, y que aparecen como mayores en la parte inferior de la pelota que por encima de esta.

Soplando láminas de papel. Las respuestas a la actividad anterior llevaron a nuestro estudiante a advertir que los alumnos estaban articulando sus ideas de “presión”, pero que aún no vinculaban las diferencias de presión con las velocidades del fluido. Por este motivo, en la clase siguiente se plantearon las siguientes situaciones (ver figura 5, a y b):

- a) Predecir qué sucederá al soplar fuertemente dentro del tubo formado por una hoja de papel doblada como en la figura 5 a).
- b) Predecir el comportamiento que tendría una hoja de papel “colgada” sobre el respaldo de una silla al soplar horizontalmente sobre el borde superior (figura 5 b)



FIGURA 5: (a) la hoja en el escritorio. (b) la hoja en el respaldo de la silla.

Las discusiones generadas entre los alumnos, y con el futuro docente, permitieron a éste formular preguntas, in situ, mediante las cuales logró establecer: i) el papel y la pelota se mueven o se sustentan por la acción de fuerzas realizadas por el aire, es decir, por presiones diferentes en diferentes lugares del fluido aire; ii) estas diferencias de presión están relacionadas con distintas velocidades del fluido, siendo menores las presiones en los lugares donde el aire se mueve más rápido. Sobre esta base, y para apoyarse en estas ideas que los alumnos habían articulado por sí mismos a instancias de las actividades, nuestro estudiante presentó, a modo de formalización, la expresión matemática que da cuenta de la diferencia de estas presiones, con una importante característica: ex-profeso dejó de lado el término que da cuenta de la energía potencial gravitatoria, es decir:

$$p + \frac{1}{2} \delta \cdot v^2 = cte. \quad (\text{con } v = \text{velocidad del aire; } p: \text{presión; } \delta: \text{densidad del aire}) \quad (1)$$

Y utilizó esta ecuación para, dando estimaciones de la superficie efectiva de la esfera de telgopor, su masa, y las velocidades del aire arriba y abajo de la pelota, calcular que las diferencias de presiones y ver que efectivamente dan cuenta de la sustentación de la pelota.

La ecuación (1), en términos físicos, es incorrecta, o al menos incompleta. Sin embargo, la decisión de presentarla así y permitir a los alumnos trabajar con ella para obtener estimaciones y predicciones cuantitativas y cualitativas fue una decisión didácticamente fundamentada: nuestro estudiante pretendía que esta ecuación tuviera sentido para sus alumnos, en función de las ideas que él ya conocía que manejaban.

La actividad de cierre: En la clase siguiente, nuestro estudiante planteó una actividad en la cual se pondría de manifiesto que la ecuación (1) no puede dar cuenta de algo que ellos “ya sabían”, y es que la presión de un fluido encerrado es menor para alturas mayores. Esta actividad se enuncia de la siguiente manera, y se corresponde con el esquema de la figura 6:

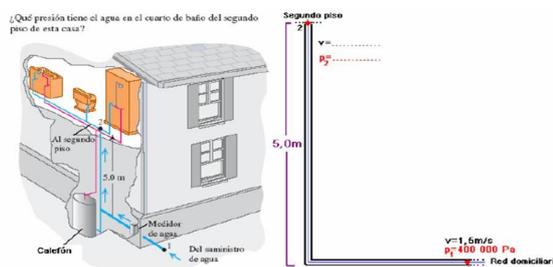


FIGURA 6: Actividad final.

“Nuestras viviendas se abastecen de agua a través de una red domiciliaria. La empresa de agua asegura que el suministro se realice a una presión de 400.000 Pa (unas 4 atm). A través del caño de la conexión es posible llevar agua a un cuarto de baño que se encuentra a unos 5 m de altura. Si sabemos que la rapidez con que ingresa el agua a la conexión del domicilio es de 1,6 m/s, prediga cuál será la velocidad con la que el agua circula por el punto 2. De las razones para su respuesta y finalmente calcule la presión en el punto 2”.

Al realizar los cálculos, los alumnos advirtieron y manifestaron su incomodidad con el hecho de que, mediante la ecuación (1), el resultado que se obtiene es que la presión en el punto 2 es igual a la presión en el punto 1. “¡No puede ser que la presión en el piso de arriba sea la misma que en el piso de abajo!”.

De hecho, ellos ya podían asegurar y respaldar esa predicción en el caso estático. Esta situación fue tomada por el practicante para aclarar que, efectivamente, ellos estaban en lo correcto: a la ecuación (1) le faltaba un término, muy importante, que da cuenta de cosas que ellos ya sabían (como las diferencias de presión en un fluido estático, a alturas diferentes). Esto permitió darle el argumento para escribir la ecuación “correcta”:

$$p + g \cdot \delta_{\text{fluido}} \cdot h + \frac{1}{2} \delta_{\text{fluido}} \cdot v^2 = cte. \quad (2)$$

Y aclarar que el término de gravedad no se había incluido en la clase anterior por dos razones: **a)** Agregaría una complicación extra a la descripción de la situación de la pelota, y habría dificultado entender lo importante que era considerar las diferentes velocidades del fluido para entender las distintas presiones del mismo; **b)** En el caso del aire, con el valor de densidad correspondiente, las correcciones que agrega la ecuación (2) frente a la (1) no superan el 5% (para los casos analizados en clase)

### III. CONCLUSIÓN

Al comenzar el curso de MyPE nos encontramos con una situación que debíamos enfrentar didácticamente. Nuestros estudiantes declaraban la importancia de conocer las ideas previas de sus alumnos. Sin embargo, esta enunciación, que podríamos llamar un “constructivismo declarado”, no se coordinaba con sus propuestas de enseñanza. Las posibles ideas previas de los alumnos no jugaban ningún papel en los diseños de actividades de nuestros estudiantes, y sus decisiones se basaban, fundamentalmente, en la lógica del contenido disciplinar.

Nuestro trabajo, que consistió en poner a nuestros estudiantes de M.yP.E. en situación de estudiantes de física (es decir, en una situación parecida a la que se encontrarían SUS alumnos) nos permitió abrir una brecha en esa desconexión y trabajar, como elemento central, los posibles caminos y razonamientos que siguen los alumnos cuando aprenden física. A modo de resultado, mostramos una parte de la práctica de uno de nuestros estudiantes quien, al final del curso, plantea una serie de actividades en las cuales prioriza la lógica de construcción de conocimiento de los alumnos por encima de la lógica disciplinar. Esto se evidencia en el hecho de que plantea, en primer lugar, experiencias mediante las cuales los alumnos utilizarán y explicitarán sus ideas previas. Aún más importante, es capaz de advertir que sus alumnos vinculan fuerzas con presión, pero necesitan otras situaciones para relacionar cambios de presión con diferencias de velocidad. Las actividades que propone son anticipadas de manera relativa, de modo que las participaciones de los alumnos juegan un papel central para decidir qué preguntas hacer, y cómo continuar la secuencia de actividades.

Finalmente, y a modo de rasgo importante a rescatar, nuestro estudiante fue capaz de subordinar la deducción formal de la ecuación de Bernoulli a otro objetivo que consideró más importante: que sus alumnos pudieran dar sentido a las relaciones que esa ecuación expresa en los términos de sus propias intuiciones y conocimientos previos. Esta decisión fue tan evidente que incluso llegó a dejar planteada una ecuación “físicamente incompleta” entre una clase y la siguiente, porque consideró más importante que sus alumnos pudieran entender significativamente la relación entre velocidades y presión, para luego incorporar una “corrección” a la misma, incluyendo el término de energía potencial gravitatoria. Creemos que esta es una muestra clara de hasta qué punto logró este estudiante cambiar su postura en relación a lo que significa “enseñar a partir de lo que sus alumnos saben”

### REFERENCIAS

- Bustos, A.M. (2014). Informe Final MOPE. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba. (acceso 16/06/2015): <http://www2.famaf.unc.edu.ar/institucional/biblioteca/trabajos/6287/17132.pdf>
- Buteler, L. y Coleoni, E (2014). El aprendizaje de empuje y sus variaciones contextuales: Un análisis de caso desde la teoría de clases de coordinación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), pp. 135-155.
- Buteler, L. y Coleoni, E. (2014). Exploring the Relation Between Intuitive Physics Knowledge and Equations During Problem Solving. *Electronic Journal of Science Education*, 18 (2), pp. 1-20.

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), pp. 1-21.