

# ¿Podemos doblar la luz? Actividades experimentales para estudiar la trayectoria de la luz en el aula secundaria

Can we curve the light? Experimental activities to study the trajectory of light in the secondary classroom

Esteban G. Szigety<sup>1,2\*</sup>, Jorge N. López<sup>3</sup>, Luis J. Bernal<sup>3</sup>, Pablo A. Sánchez<sup>3</sup>, Gabriel H. Pérez<sup>2,3</sup>, Horacio Tesolin<sup>3</sup>, Roberto M. Insabella<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ing. Rateriy 1-99, CP 7600, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Colegio Nacional "Dr. Arturo U. Illia", Universidad Nacional de Mar del Plata, Matheu 4051, CP 7600, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Dean Funes 3350, CP 7600, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Av. Paseo Colón 1850, CP 1063, CABA, Argentina.

\*E-mail: [esteszige@gmail.com](mailto:esteszige@gmail.com)

## Resumen

El presente trabajo sintetiza una actividad experimental sobre la enseñanza de la luz y sus propiedades como ondas electromagnéticas en el aula de la escuela media. Por medio de una serie de dispositivos caseros se pueden realizar experiencias con el haz de luz de un puntero láser. Los diseños presentados permiten abordar experiencias ágiles, atractivas y acordes al nivel de la enseñanza a que va dirigidas. Una característica a tener en cuenta es que tanto el estudiante como el docente puedan manipular estos dispositivos con seguridad y construirlos con bajo costo. Además se presenta una serie de preguntas implementadas por los autores para que los estudiantes realicen una actividad experimental de indagaciones sobre la naturaleza de la luz.

**Palabras clave:** Láser; Enseñanza de la ciencia; Refracción; Trabajo práctico de laboratorio; Óptica.

## Abstract

The present work synthesizes an experimental activity on the teaching of light and its properties as electromagnetic waves in the middle school classroom. By means of a series of homemade devices, experiments can be carried out with the light beam of a laser pointer. The designs allow to approach agile, attractive experiences and according to the level of the education to which it is directed. One feature to keep in mind is that both the student and the teacher can safely manipulate these devices and build them at low cost. In addition, a series of questions implemented by the authors is presented for the students to carry out an experimental activity of inquiries about the nature of light.

**Keywords:** Laser; Science teaching; Refraction; Practical laboratory work; Optics.

## I. INTRODUCCIÓN

Los autores de este artículo, trabajaron en el diseño un material de laboratorio escolar que permitió realizar actividades áulicas en la materia Física, correspondiente a 5to año orientación Ciencias Naturales de la escuela secundaria de la Provincia de Buenos Aires. Se trabajó sobre un eje importante del diseño curricular: la luz. Los principios de las ondas electromagnéticas y su propagación son fundamentales para explicar fenómenos relacionados con la tecnología cotidiana que nos rodea (señales de wifi, fibra óptica, conexión a internet). Así mismo, la luz y todas las radiaciones electromagnéticas son la base para comprender el mundo natural que nos rodea. Este equipo de laboratorio además de permitir desarrollar distintas intervenciones pedagógicas en el laboratorio del colegio o en el aula, se diseñó teniendo en cuenta que sea fácil de construir y de bajo costo.

La propuesta trata de dar respuesta a una pregunta que todo docente se ha formulado: ¿Qué práctico se puede desarrollar en el aula permitiendo al estudiante construir un conocimiento significativo de los conceptos del tema y al mismo tiempo hacer uso del material del laboratorio? Numerosas investigaciones en el ámbito de la enseñanza de la ciencia se han enfocado en los trabajos prácticos de laboratorio y su relación con los procesos de aprendizaje. Gil Pérez (1986) y Gil Pérez y Valdés Castro (1996) argumentan a favor de prácticas de laboratorio de tinte investigativo, donde el estudiante pueda hacerse preguntas y proponer modificaciones a la actividad propuesta por el docente. Las actividades de laboratorio demasiado pautadas y repetitivas donde el estudiante no puede aportar aspectos creativos a la actividad didáctica producen numerosas interferencias de aprendizaje (Saraiva-Neves, Caballero y Moreira, 2006) y no favorece a una participación activa. Es necesario replantear los trabajos de laboratorio tanto en el aula secundaria como universitaria para que favorezcan a la formación de habilidades superiores (Borges, 2002; Borges y Gomes, 2005; Petrucci, Ure y Salomone, 2011).

Desde un punto de vista epistemológico diremos que es necesario un análisis más cuidadoso de la relación entre la observación, el experimento y la teoría. Evitando así caer en el simplismo de ver a la práctica de laboratorio desde el dominio del "inductivismo ingenuo" (Chalmers, 2000). Esto quiere decir evitar que el estudiante arribe a una solución basándose en un razonamiento inductivo a partir exclusivamente de los datos empíricos que obtuvo. Esto implicaría que la finalidad de la práctica de laboratorio se convierta en ilustrar un conocimiento ya procesado, perdiendo así su potencial didáctico. Además la posibilidad de observar un fenómeno no solo le permite al estudiante conceptualizar la teoría a través de una experiencia, sino también poder comprender el papel que juega esta instancia dentro del quehacer científico (Hodson, 1994). Por último, diremos a favor de la actividad experimental que hay una necesidad cada vez mayor de los estudiantes y docentes de traer el mundo real al aula para que este sea analizado, indagado y puesto en observación bajo la lupa de los modelos científicos.

La propuesta aquí presentada se basa en la construcción de una serie de dispositivos, los cuales son de fácil elaboración para docentes y estudiantes. La elección de los mismos fue pensada para llevar con ellos trabajos de laboratorio o actividades experimentales del tipo investigación según la clasificación propuesta por Caamaño (2004).

Además de los diseños se proponen una serie de preguntas para los estudiantes con las que se trabajó en el aula con la intención de que salieran de una posición pasiva y participaran en forma más activa en la construcción de su aprendizaje guiados por el profesor a cargo. El proceso de generar preguntas y permitirles interactuar con los dispositivos fortalece objetivos de enseñanza esperados para las clases en ciencia: aprender teorías y conceptos, aprender sobre los métodos de la ciencia y aprender a hacer ciencia.

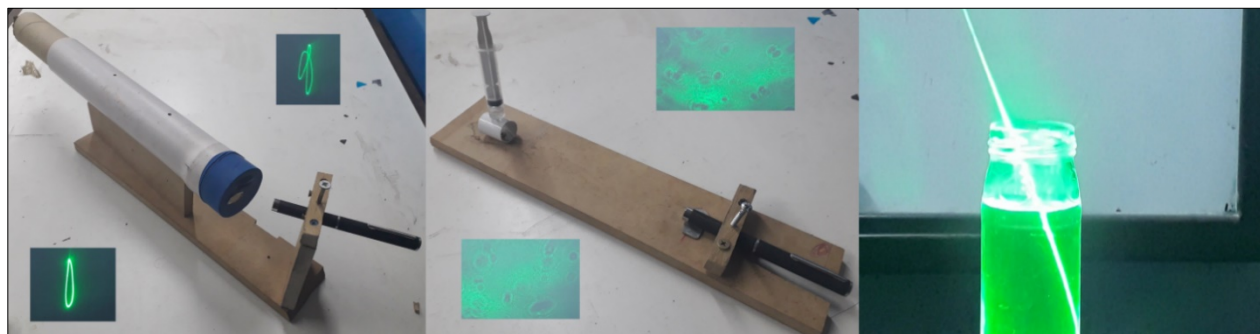
## II. DISEÑO DEL EQUIPO

Las actividades de laboratorio que aquí se proponen son tres. El conjunto completo permite realizar un recorrido didáctico para que los estudiantes analicen y estudien la forma de propagarse un haz de luz teniendo en cuenta sus distintas propiedades como onda electromagnética. Las tres actividades están pensadas para ser realizadas en aula con baja intensidad lumínica ambiente, esto significa que oscurecerlo parcialmente basta para realizar los experimentos con resultados satisfactorios.

*El Megáfono óptico.* Este dispositivo se puede fabricar con un tubo de PVC o cartón de aproximadamente 30 cm de longitud y 6 cm de diámetro. Un trozo de globo cubre un extremo, formando una membrana que mantiene cierta tensión. Por el extremo abierto se emite el sonido de la voz que hará vibrar dicha membrana. Sobre la membrana pegaremos un trozo de 0.5 cm<sup>2</sup> de material reflectante, como por ejemplo un espejito o papel de aluminio. El tubo se acopla a un soporte, el cual mantiene fijo un puntero láser de forma que el haz apunte al espejo, formado algún ángulo con la perpendicular del mismo. Cuando emitimos una onda sonora por el extremo abierto del tubo, la membrana vibra modificando el plano del espejo a causa de los modos de vibración de una membrana elástica. El haz del láser dibuja sobre una pantalla o pared las conocidas curvas de Lissajous (1857). Este llamativo efecto se debe, en este experimento, a las componentes armónicas que contiene la voz humana.

*La Gota-lupa.* Sobre un diseño muy simple, se monta en una madera el puntero láser y un tubo con una perforación. En dicha perforación se introduce el extremo de una jeringa llena con agua de red. El haz del puntero debe tener una dirección rasante a la punta de la jeringa. Cuando se presiona suavemente la jeringa para que una gota quede pendiendo de su extremo por tensión superficial, el haz de láser queda intersectado por la gota. Sobre una pantalla la luz de láser nos muestra el maravilloso universo que existe en una gota de agua potable. La curvatura de la gota se comporta como una lente gruesa y amplifica las partículas que se encuentran en suspensión en el interior de la gota. Las imágenes observadas son resultados de la óptica geométrica y la linealidad con que viaja la luz. Mientras más lejos nos ubiquemos de la pantalla mayor es la amplificación lograda. También se puede observar anillos de discos de Airy (Hetch, 2000) y máximos de difracción alrededor de las partículas. Se hace notorio el movimiento algo caótico o irregular producido por la dinámica interna del fluido.

*El Doblador de la luz.* Distintos recipientes transparentes de vidrio o plástico son útiles para esta experiencia. Estos recipientes se van a llenar con un líquido fluorescente de fabricación artesanal; mediante el siguiente procedimiento: se extrae el cartucho contenedor de tinta de distintas fibras marcadores de color amarillo, naranja o verde; posteriormente se lo sumerge en un recipiente con agua. Pasadas 24 h se tendrá listo un líquido fluorescente con el que se llenará recipientes. Al hacer incidir luz láser con distintos ángulos se observa la refracción que sufre la misma en el interior del líquido. El uso de rociadores de aerosol (se recomienda fijador de cabello) permite visualizar fácilmente el haz que incide y refleja en la interface.



**FIGURA 1.** Se observa los diseños llevados adelante en las tres experiencias. De izquierda a derecha: “El megáfono óptico”, “La Gota-Lupa” y “El Doblador de la luz”.

### III. ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

No se puede hablar de objetivos definidos cuando de un trabajo práctico de laboratorio se trate, es más apropiado hablar de abordaje didáctico (Séré, Coelho y Nunes, 2003). Una práctica puede ser concebida para abordar distintos aspectos que el docente quiere fortalecer. Puede consistir en verificar una ley, discutir y manipular las incertezas de las mediciones, enfrentar la teoría con una experiencia o estudiar una técnica o procedimiento de medición. A continuación, se han elaborado una serie de preguntas y actividades para que el docente realice un abordaje didáctico alrededor de la posibilidad de hacer que la luz cambie su trayectoria.

*El Megáfono óptico.* Es un dispositivo mediante el cual los estudiantes pueden observar y analizar la trayectoria recta de la luz, su reflexión, la amplificación angular del haz. Permite a los estudiantes formularse preguntas, debatir y proponer respuestas acerca de la forma en que funciona el megáfono. Usar el megáfono óptico implica que los estudiantes participen hablando a través del dispositivo. El dispositivo permite al docente formular preguntas disparadoras como, por ejemplo: ¿existen diferencias en las figuras proyectadas por los distintos estudiantes al utilizar el megáfono?; ¿depende las figuras de características y acciones propias a cada persona, como por ejemplo la altura, el género, el tono de la voz, la vocal y/o palabra pronunciada, etc.?; ¿se puede hablar de una transformación de la energía sonora en energía lumínica o en una transformación mecánica?; ¿qué pasa si nos ubicamos más lejos de la pantalla o más cerca?

*La Gota-lupa.* Así como fue posible amplificar las pequeñas variaciones que produce el sonido sobre una pantalla, esta experiencia permite plantear el desafío de utilizar el mismo láser para amplificar las pequeñas partículas que flotan en una gota de agua. Las preguntas disparadoras pueden abarcar desde la química de los sólidos en suspensión hasta el comportamiento térmico de las partículas. Se sugiere que, de forma grupal, los estudiantes respondan las siguientes cuestiones: ¿el tamaño de la gota modifica la amplificación de los objetos?; ¿es este un ejemplo del viaje recto de la luz?; el acercamiento y alejamiento de la pantalla ¿qué consecuencias trae sobre las imágenes de las partículas?; acerca de la forma de las partículas: ¿tienen realmente forma esférica?; ¿por qué la luz forma esas extrañas

aureolas alrededor de los objetos? Si bien no todas estas preguntas puedan ser contestadas espontáneamente por los estudiantes, el objeto de ellas es que generen dudas y despierten la curiosidad, permitiéndoles esbozar nuevas preguntas sobre lo observado.

*El Doblador de la luz.* Los distintos recipientes que contienen sustancias fluorescentes permiten a los estudiantes observar la refracción. El uso de un aerosol posibilita apreciar el comportamiento del haz de luz láser cuando se refleja en el líquido o cuando lo atraviesa. En base a estas observaciones el docente puede trabajar las siguientes preguntas: ¿qué vínculo tiene la densidad del medio con el ángulo de desvío de la luz?; ¿qué diferencia nota entre la refracción cuando el medio que atraviesa es más denso que el medio que incide?; ¿cuál es el ángulo en el que ocurre la reflexión interna total? En caso que se disponga de un recipiente alargado (por ejemplo, una pecera) es posible desarrollar un modelo para interpretar el principio de funcionamiento de la “fibra óptica”, pudiendo hacer las siguientes preguntas: ¿es posible contener un haz dentro de un recipiente muy largo?; ¿qué características debiera poseer dicho recipiente?

#### IV. CONCLUSIONES

Las actividades propuestas en este trabajo se desarrollaron en el aula de 5to año orientación Ciencias Naturales del Instituto Don Bosco de la ciudad de Mar del Plata en el ciclo lectivo 2019. Los dispositivos fueron llevados por el docente previamente armados y despertaron la atención y curiosidad del grupo. Esto permitió generar un ambiente propicio para trabajar las preguntas en grupo de cinco estudiantes. Cada grupo fue interactuando con los distintos arreglos experimentales en forma alternada. El hecho de poder modificar ellos mismos las distintas variables de cada experiencia fue una motivación extra, además de interactuar con el docente generando nuevas preguntas. El entusiasmo que despertó la actividad, rompió con el orden habitual de la clase y tuvo como punto en contra haber sido más desordenada de lo habitual para el docente. Sin embargo, si la construcción de cada dispositivo hubiera estado a cargo de cada grupo es probable que esto hubiera generado dinámica más ordenada dentro del laboratorio del colegio. Los logros y beneficios en el aprendizaje de esta actividad experimental no fue medida en esta oportunidad, no obstante, se introdujeron nuevas situaciones físicas que les permitió a los estudiantes conectar el modelo teórico del desplazamiento rectilíneo de la luz con situaciones concretas y cercanas de su mundo cotidiano.

En concordancia con la idea que una práctica de laboratorio no debe utilizarse como un instrumento acabado o demostrativo en el que el alumno es pasivo a su propio aprendizaje, sino que por el contrario debe permitir la construcción de conocimientos, generar preguntas y asociaciones con otros temas de ciencias; los autores consideran que existen razones bien fundadas en la interacción de los estudiantes con las experiencias para considerar a estas tres prácticas como una herramienta para favorecer la enseñanza de la luz y las ondas electromagnéticas en el aula secundaria de ciencias naturales.

Un paso fundamental es el carácter motivacional para los estudiantes de realizar una experiencia, ya sea en el laboratorio o en el aula. La concreción de actividades de este tipo en la escuela secundaria es un factor muy importante a la hora de generar y fortalecer vocaciones científicas (Vázquez Alonso y Manassero Más, 2015). Sin embargo, se percibe que las clases de laboratorio suelen ser dejadas de lado. La cantidad de horas destinada a los experimentos y laboratorios de física resultan superadas por las horas de clase convencionales donde se explica los contenidos teóricos. Es por eso que brindamos este aporte para incitar a la comunidad de docentes a realizar estas actividades y generar otros recorridos didácticos al respecto.

#### REFERENCIAS

- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Borges, A. T. y Gomes, A. D. T. (2005). Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 22(1), 71-94.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: una clasificación útil de los trabajos prácticos. *Alambique*, 39(8), 19.

- Chalmers, A. F. (2000). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?: una valorización de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. México: Siglo XXI.
- Gil Pérez, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163.
- Hecht, E. (2000). *Óptica*. Madrid, España: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Lissajous, J. A. (1857). *Mémoire sur l'étude optique des mouvements vibratoires*. Mallet-Bachelier. Reproducido en H. B. Miller, *Acustical Measurements* (Hutchinson Ross, 1982).
- Petrucci, D., Ure, J. y Salomone, H. D. (2011). Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 19(1), 7-19.
- Saraiva-Neves, M., Caballero, C. y Moreira, M. A. (2006) Repassando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da Física, em sala de aula. Um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(3), 383-401.
- Séré, M. G., Coelho, S. M. y Nunes, A. D. (2003). O papel da experimentação no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(1), 30-42.
- Vázquez Alonso, Á. y Manassero Más, M. A. (2015). La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 264-277.