

# Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología

STEM education: integrating photometry concepts into math class using technology

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Viviana Angélica Costa<sup>1</sup>, Karina Amalia Rizzo<sup>1,2,3</sup> y Juana Inés Gallego Sagastume<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IMApEC, Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Av. 1 750, B1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nuestra Señora del Perpetuo Socorro, Escuela Secundaria, Av. República de Francia 3074, Ezpeleta Oeste, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>ISFDyT N°. 24, Doctor Houssay, Cramer 470, B1876CZJ Bernal, Buenos Aires, Argentina.

**E-mail:** [vacosta@ing.unlp.edu.ar](mailto:vacosta@ing.unlp.edu.ar)

## Resumen

En este trabajo se presenta una actividad enmarcada en la Teoría Antropológica de lo Didáctico y en el enfoque de enseñanza STEM. La misma se realiza en el nivel secundario, habiendo sido adaptada de otra realizada en el nivel universitario, con el objetivo es vivenciar nuevas formas de hacer ciencia. Se propone investigar sobre una pregunta disparadora del área de la óptica, en especial de la fotometría. Para dar respuesta, se utiliza tecnología de bajo costo y al alcance de la mayoría de los jóvenes y docentes: dispositivos móviles y el *software GeoGebra*. Se describe la actividad y se presentan resultados. Finalmente se concluye que este estilo de iniciativa, en concordancia con las actuales tendencias de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es posible de desarrollar en cursos habituales de nivel secundario.

**Palabras clave:** Fotometría; STEM; *GeoGebra*; Dispositivos móviles; Teoría antropológica de lo didáctico.

## Abstract

In this paper we present an activity framed in the anthropological Theory of the Didactic and in the STEM teaching approach. The same is done at the secondary level, having been adapted from another realized at the university level, with the aim to experience new ways of doing science. It is proposed to investigate a triggering question of the area of optics, especially photometry. To respond, low cost and affordable technology is used for most young people and teachers: mobile devices and *GeoGebra* software. The activity is described and results are presented. Finally, it is concluded that this style of initiative, in accordance with the current trends of teaching and learning of the sciences, is possible to develop in secondary-level courses.

**Keywords:** Photometry; STEM; *GeoGebra*; Smart phones; Anthropological theory of the didactic.

## I. INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales de enseñanza y aprendizaje de las ciencias contemplan entre otras ideas, el uso de tecnologías como herramienta educativa, la interdisciplinaridad y el hacer ciencia en el aula concibiendo al alumno como actor activo y al docente como guía de sus aprendizajes. Además, tal como lo menciona Gil Pérez (1982; 1983), varios investigadores proponen construir los conceptos a estudiar por descubrimiento e investigación. Esto es en contraposición con el paradigma actual, aún vigente en varias instituciones educativas, que se enfoca en una pedagogía tradicional, con aprendizajes mecánicos y muchas veces sin sentido para el alumno.

En esta línea de enseñanza y aprendizaje, que bien describe Campanario y Moya (1999), es que se enmarca este trabajo que tiene por objetivo experimentar en el aula, una pedagogía diferente a la tradicional, basada en el “cuestionamiento del mundo” y apoyada en un enfoque de enseñanza STEM.

Para ello se diseña un dispositivo didáctico que es propuesto en un curso de matemática de quinto año de una escuela secundaria en Argentina. La actividad se inicia con una pregunta disparadora del área de física, que indaga sobre la relación existente entre la distancia a un foco luminoso y la luminiscencia que ésta irradia. Se les propone a los estudiantes investigar sobre algunos aspectos básicos de la ciencia que lo estudia.

Para el desarrollo de la actividad y dar respuestas a la pregunta, se les propone a los estudiantes realizar un experimento utilizando teléfonos inteligentes para registrar pares de datos que relacione luz-distancia a una fuente luminosa, para luego modelarlos mediante *GeoGebra*, *software* de geometría dinámica, destinado para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, que combina dinámicamente, geometría, álgebra, análisis y estadística en un único conjunto tan sencillo a nivel operativo como potente

Abordarán las funciones matemáticas de variable real, que les servirá para modelar los datos experimentalmente hallados y contrastarán así, el modelo funcional encontrado, con la Ley Física de la Inversa del Cuadrado a la Distancia.

La metodología adoptada para el trabajo, es descriptiva y el objetivo es mostrar la viabilidad de implementar en un curso de nivel secundario, modos diferentes de enseñar, que promuevan la investigación, la motivación en los estudiantes por el estudio de las ciencias y abordar contenidos curriculares de física y matemática en forma articulada. Además, exhibir cómo el uso de dispositivos móviles, de *software* matemático y la tarea de modelar matemáticamente, surgen naturalmente cuando se proponen actividades de este estilo.

A continuación, se presenta el marco teórico adoptado, se describe la actividad didáctica y se exponen conclusiones.

## II. OBJETIVOS

- Vivenciar en un curso de matemática de nivel secundario la enseñanza por investigación.
- Estudiar en un enfoque STEM conceptos de física y de matemática en forma articulada.

## III. MARCO DE REFERENCIA

### A. Teoría Antropológica de lo Didáctico

La investigación se enmarca en la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) propuesta por Yves Chevallard (2007; 2012; 2013) que propone abordar el estudio de los contenidos curriculares (en especial de matemática y de física) a partir de buscar respuestas a preguntas. Esto es en contraposición con el paradigma actual de enseñanza, al que denomina “*monumentalización del saber y pérdida de sentido de las cuestiones que se estudian en la escuela media y en la universidad*”.

Esta teoría propone instalar una nueva pedagogía que denomina “*Pedagogía de la Investigación y del Cuestionamiento del Mundo*”. Para ello, y en respuesta al problema de la desarticulación, del monumentalismo de los saberes y de la falta de sentido de los contenidos a estudiar, propone materializarlo en el aula mediante la implementación de un dispositivo didáctico que organiza el proceso de estudio en torno a una pregunta disparadora, abierta y no acotada, seleccionada por el profesor, que tenga el potencial de generar el estudio y la construcción, por parte de los alumnos, de ciertos contenidos curriculares. La gestión en el aula de estos dispositivos didácticos presupone una resignificación del saber, pues deja de ser algo que se conoce de antemano para volverse una construcción (o reconstrucción) de común acuerdo en el transcurso de la clase.

### B. Enfoque de enseñanza STEM

El enfoque de educación STEM surgió cerca del año 2008 en Estados Unidos. Es un acrónimo de los términos Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, en inglés (*Science, Technology, Engineering-Mathematics*), que se refiere a agrupar grandes áreas del conocimiento en las que trabajan científicos e ingenieros. El propósito es desarrollar una nueva manera de enseñar conjuntamente Ciencia, Matemáticas y Tecnología, enfocados a la resolución de problemas tecnológicos (Sanders, 2008).

Este modo de enseñar y de aprender puede ser motivador para transmitir a los estudiantes la metodología con que se desarrolla la ciencia, explorando, haciendo preguntas, planteando hipótesis, conjeturando, buscando soluciones, para luego validarlas y difundirlas. STEM posee un enfoque de enseñanza transdisciplinar, en el cual el estudiante aprendería los conocimientos de una forma integrada, conectando conceptos de diferentes disciplinas, y lograría la comprensión de un concepto más rico y de mayor alcan-

ce que si lo aprendiera del modo habitual dentro de los límites de cada campo disciplinar. Además, le permitiría construir conexiones entre conceptos de distintas disciplinas. Asimismo, el estudiante desarrollaría competencias para combinar prácticas de dos o más disciplinas para resolver un problema o un proyecto, obteniendo el conocimiento desde distintas miradas que puede dar lugar a las innovaciones.

En este enfoque, el uso de la tecnología es fundamental. No sólo como una herramienta para acceder a la información que se convertirá en conocimiento, si no para propiciar el desarrollo de la creatividad y la capacidad de innovación, provocando aprendizajes que difícilmente ocurrirían en un aula de clases habitual. El uso de la tecnología mediará para resolver tareas de diseño, de construcción, de modelación o de fabricación digital, que puede tener lugar en estos espacios de co-creación.

Una propuesta educativa se enmarca en este enfoque si: (i) centra el proceso de aprendizaje en el estudiante, quien construye y reconstruye conocimientos a través de su participación activa en la resolución de problemas provenientes del mundo real; (ii) integra los componentes de STEM, ya que ayuda a la resolución de los problemas planteados; (iii) los objetos de estudio son parte de alguno de los campos STEM y pertenecen al dominio de las disciplinas duras (García y otros, 2017).

### C. Aspectos conceptuales

Los contenidos físicos a abordar se enmarcan en los que estudia la Óptica, y más en particular en la Fotometría, que aborda los fenómenos relativos a la intensidad de la luz y de los métodos para medirla (Sears, 1960).

La Ley física que es de interés en este trabajo es la Ley del Inverso del Cuadrado a la distancia. Esta Ley refiere a que cualquier fuente puntual que extiende su influencia en todas las direcciones por igual, sin límite de alcance, se regirá por la Ley del Inverso del Cuadrado. Es decir, si denominamos  $E$  a la iluminancia y su unidad es el lux (lx),  $I$  la intensidad luminosa medida en candelas (cd) y  $d$  la distancia medida en metros (m), se tiene que:

$$E = I/d^2 \quad (1)$$

Es decir que, para una fuente puntual, si un objeto situado a un metro recibe 100 lux, a los dos metros recibirá 25 lux. Además, la ley del inverso del cuadrado se aplica a diversos fenómenos: fuentes puntuales de fuerzas de gravitación, campo eléctrico, luz, sonido o radiación, en distintos campos de la Física.

Por otro lado, los contenidos matemáticos que se abordan en este trabajo se vinculan con los de función, modelo funcional, coordenadas cartesianas y el método de Mínimos Cuadrados del cual se obtiene el ajuste de datos. Este método del análisis numérico, permite obtener a partir de una lista de pares datos  $(x_i, y_i)$ , un modelo funcional que minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias:  $(y_i - f(x_i))$ .

## IV. METODOLOGÍA

La metodología del trabajo es de corte cualitativa y descriptiva. El objetivo es describir el dispositivo didáctico diseñado e implementado en el nivel secundario en un curso del 5<sup>o</sup> año de una escuela de enseñanza de gestión privada, con 100% de subvención estatal, de la ciudad de Quilmes (Provincia de Buenos Aires) con jóvenes de 16 a 17 años. La actividad fue adaptada de otra realizada en el nivel universitario en un curso de Matemática C (Álgebra Lineal) - Física III (Óptica) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. La descripción de este último se relata en Costa (2018). Se describen las etapas del dispositivo didáctico, las preguntas disparadoras que dieron lugar al estudio de los contenidos, y los recursos tecnológicos que se les propuso utilizar a los estudiantes para obtener las respuestas. Entre ellos, los sensores disponibles en los teléfonos inteligentes, en especial el sensor de luz, que es posible utilizarlo a partir de la descarga de alguna aplicación. En nuestro caso se recomendó el uso de la aplicación *Physics Toolbox Sensor Suite*, descargable en cualquier dispositivo móvil en forma gratuita. Además, se propuso el uso de *GeoGebra*, software libre, gratuito, multiplataforma y recomendado en el diseño curricular de la provincia de Buenos Aires, para realizar el análisis de los datos obtenidos y la dar la expresión del modelo funcional que los ajustará.

## V. RESULTADOS

### A. Etapa 1

La primera etapa del dispositivo didáctico se inicia con la pregunta disparadora: *¿Cómo regula el flash de la cámara el fotógrafo?* Para esto se les propuso a los alumnos trabajar en grupo o individualmente sobre las siguientes preguntas pre-laboratorio:

- ¿Qué entiendes por intensidad luminosa?
- ¿Cómo se mide la intensidad luminosa?
- ¿Cuáles son las unidades más usuales en las que se mide la intensidad luminosa?
- ¿La intensidad luminosa varía en función de la distancia al foco?
- ¿Conoces de qué forma varía?
- ¿Podrías dar otros ejemplos del uso de conocer la intensidad luminosa?
- ¿Sabes cuál ciencia estudia los efectos de la luz?

Esto lo investigan antes de realizar la etapa dos, en otra clase. Algunas de las respuestas fueron las que se muestran en la figura 1.

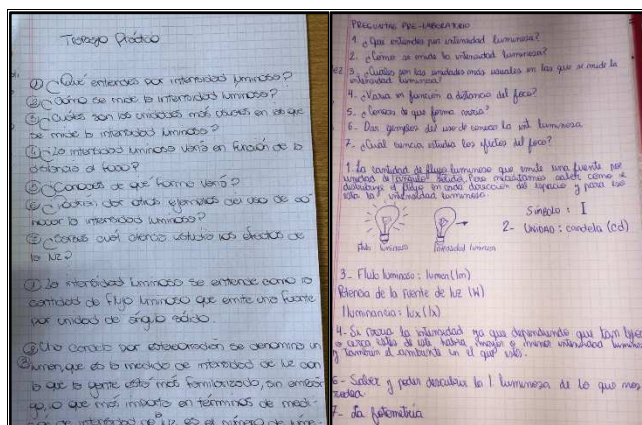
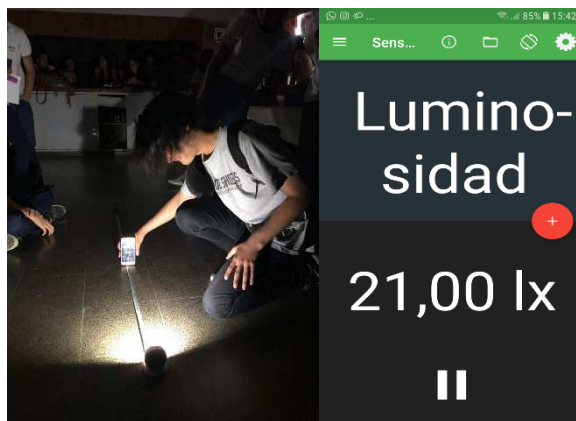


FIGURA 1. Respuesta pre-laboratorio.

### B. Etapa 2

En esta etapa, luego de haber investigado sobre las preguntas pre-laboratorio, se concurre al laboratorio de física que dispone la institución. Se les propuso a los alumnos realizar el siguiente experimento. Previamente se les pidió que concurrieran a esta clase con sus celulares con un luxómetro descargado, una fuente luminosa y una cinta métrica con marcas cada 5.0 cm.

Se realizó lo siguiente. Oscureciendo el laboratorio, se enfrentaron la fuente emisora (pudiendo ser la linterna del celular considerada como fuente puntual) y el sensor de luz de forma tal de facilitar la medida de la distancia entre ellas. Se registraron en una tabla los datos de la iluminación en lux y la distancia de la fuente al sensor. Las medidas se inician desde 15.0 cm de la fuente (ayuda a considerar a la fuente flash como relativamente puntual) y alejándonos 5.0 cm (o 10 cm.) cada vez. Esto se muestra en la figura 2 y los datos obtenidos se muestran en la tabla I.



**FIGURA 2.** Laboratorio. Toma de datos usando los sensores del celular mediante un sensor de luz de la aplicación *Physics Toolbox Sensor Suite Pro*.

**TABLA I.** Pares de datos de lux versus distancia relevados por los alumnos del nivel secundario.

<i>Distancia (cm)</i>	<i>Luminosidad (Lux)</i>
15	730
20	564
30	350
40	226
50	151
60	105
70	78
80	57
90	47
100	42
110	37
120	31
130	25
140	22
150	17

### C. Etapa 3

Esta etapa se desarrolla en una sala de computadoras, que dispone la institución, utilizando el *software GeoGebra*. Cabe aquí mencionar que los estudiantes ya conocían el *software*, dado que la profesora a cargo del curso (una de las autoras del presente trabajo) motiva su uso para el estudio de los contenidos de la asignatura. Además, ya habían estudiado los distintos tipos de familias de funciones de una variable real: función lineal, cuadrática, polinómicas, exponencial, logarítmicas y potencial.

Con el objetivo de contrastar la relación que cumplen los datos encontrados con la Ley Física que sustenta el problema y de acuerdo a lo investigado por los estudiantes en el pre-laboratorio se busca ajustar los datos por un modelo potencial de la forma  $f(x) = a \cdot x^b$ . Se debería obtener un valor de  $b = -2$  para que el experimento validara la Ley.

Los estudiantes trabajando en grupos, cargan los datos en *GeoGebra*. Para ello, algunos usan una tabla en la Hoja de Cálculo. Luego usan la herramienta “Lista de Puntos” para obtener la gráfica. Que transcriben al papel (figura 3). Este grupo, utilizan luego la herramienta “plumazo”, pero sólo pudieron “unir” los puntos. Luego utilizan la herramienta “Ajuste Potencia”.

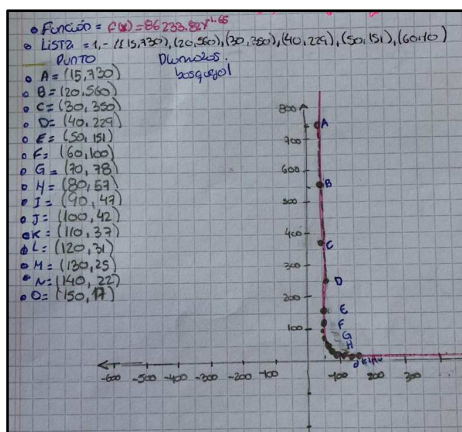


FIGURA 3. Pares de datos, gráfica de los puntos y de la función potencial que los ajusta hallada en *GeoGebra*.

Otros estudiantes, ingresan en la barra de entrada, cada uno de los pares de puntos, de la forma, por ejemplo, A = (15,730). Siendo esta otra posibilidad de hacerlo, diferente a usar la Hoja de Cálculo. Luego realizan un ajuste de los datos, usando el comando en la Barra de Entrada Ajuste. Primero prueban con un ajuste del tipo Exponencial. Y observan que de la curva obtenida “cruza” al eje y, con lo cual mencionan que no podría estar ocurriendo que la “luz” tome el valor cero o negativo. Entonces proponen el “Ajuste-Potencia”, y obtienen la función  $f(x) = 86809,24 \cdot x^{-1,66}$ . Esto se observa en la figura4.

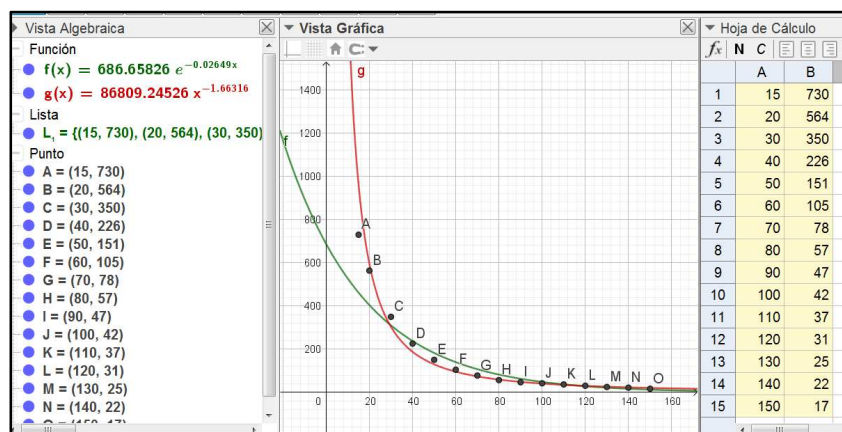


FIGURA 4. Vistas Algebraica, Gráfica y de Hoja de Cálculo en *GeoGebra*.

Otros estudiantes usaron la herramienta “Lápiz”, que permite esbozar una gráfica o dibujo a mano alzada en la Vista Gráfica, obteniéndose un Objeto Creado como Bosquejo. Ese Bosquejo, luego puede ser ajustado. Esto se observa en la figura 5.

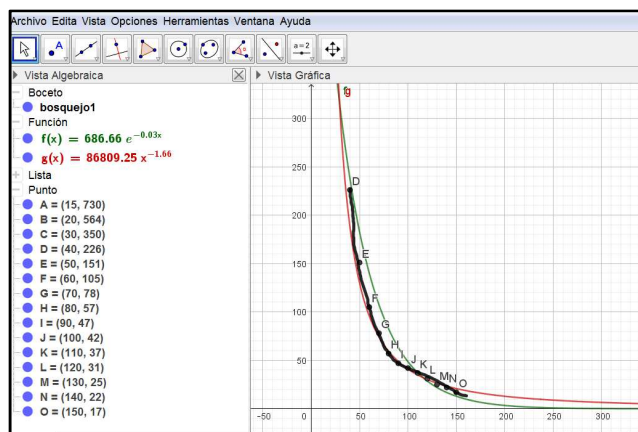


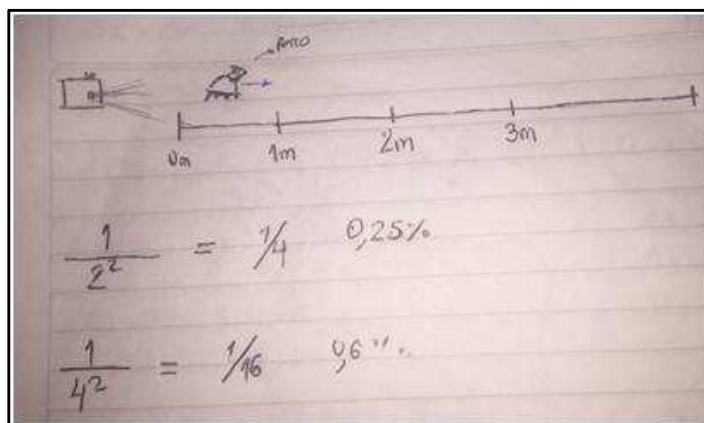
FIGURA 5. Vista Algebraica y Vista Grafica en *GeoGebra*.

#### D. Etapa 4

Se propone la siguiente discusión final, de modo de dar una respuesta a la pregunta inicial que, además, dé cuenta del estudio realizado en las etapas anteriores.

Se les propone, finalmente, dar la expresión matemática de la Ley Física que relaciona la intensidad luminosa en función de la distancia al foco y que la apliquen para dar respuesta a la siguiente pregunta: “Sacas una foto a tu perro en un ambiente oscuro, situado a un metro de distancia del flash, quedando perfectamente iluminado. Luego colocas a tu perro al doble de distancia. ¿Qué porcentaje de luz recibirá respecto de la luz anterior?”.

Los alumnos contestan que, si el objeto está colocado a una cierta distancia y recibe el 100% de luz, cuando se coloca al doble de distancia, de acuerdo a la Ley Física, recibiría un cuarto de luz, es decir el 25% de la anterior, tal como lo ilustran algunos alumnos en la figura 6.



**FIGURA 6.** Respuesta de un alumno acerca de los porcentajes de luz que recibe un objeto según la distancia a la fuente.

## VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un dispositivo didáctico en el marco de la TAD que sigue un enfoque educativo STEM. El objetivo del dispositivo fue el de vivenciar en una clase de matemática del nivel secundario, un cambio en los modos de enseñar. La actividad fue adaptada, de otra implementada por los mismos autores, en el nivel universitario, en la que, para realizar el ajuste de los datos, se estudió y aplicó el método de Mínimos Cuadrados en el marco del Álgebra Lineal.

Para dar respuesta a la pregunta propuesta a los estudiantes se motivó el uso de celulares como recurso educativo para la toma de datos experimentales, dispositivos que la mayoría de los jóvenes y docentes disponen. Además, se usó *GeoGebra*, software de geometría dinámica, para realizar gráficas, y ajustar los datos obtenidos. Si bien en esta experiencia se utilizaron computadoras de escritorio, es posible realizar los mismos cálculos, en celulares, descargando en ellos las aplicaciones móviles de *GeoGebra*.

En general, se cumplieron los objetivos, permitiéndole a los estudiantes abordar en forma articulada contenidos de física y de matemática, usando tecnología de fácil acceso para dar respuesta a una pregunta, además de motivarlos para el estudio de las ciencias.

Finalmente, se espera que esta experiencia, muy sencilla de realizar, sea un punto de partida para que otros docentes de diversos niveles educativos, puedan llevar al aula estos enfoques de enseñanza, pues se necesita más investigación y discusión sobre educación STEM y uso de tecnología integrada a las metodologías efectivas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación “Articulación en la enseñanza de las Ciencias Básicas en carreras de Ingeniería”, código 11/I245, del programa de Proyectos de Incentivos de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de La Plata.

## REFERENCIAS

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Del Mar Aragón-Méndez, M., y Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista científica*, 3(30),155-166.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 179-192.
- Costa, V. A. (2018). Uso de dispositivos móviles y de *software* matemático en la enseñanza por investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*,17(3), 626-641.
- Chevallard, Y. (2007). *Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique*. En Ruiz, L. Higuerras, Estepa, A. y García, F. J. (eds.), *Sociedad, escuela y matemáticas. Aportaciones de la teoría antropológica de lo didáctico*.(pp. 705-746). Universidad de Jaén.
- Chevallard, Y. (2012). Teaching mathematics in tomorrow's society: A case for an oncoming counter paradigm. Texte préparatoire à la regular lecture qui sera donnée dans le cadre du congrès *ICME-12*. Séoul, 8-15 juillet.
- Chevallard, Y. (2013). Enseñar matemáticas en la sociedad de mañana: alegato a favor de un contra paradigma emergente. *Journal of Research in Mathematics Education*, 2(2),161-182.
- García, Y., González, D. S. R., y Oviedo, F. B. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos*, (33),35-46.
- Gil Pérez, D., 1982. *La investigación en el aula de Física y Química*. Madrid: Anaya.
- Gil Pérez, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- GEOGEBRA. <https://www.GeoGebra.org/> Sitio consultado en junio de 2019.
- PHYSICS TOOLBOX SENSOR SUITE.  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=es\\_4](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=es_4) Sitio consultado en junio de 2019.
- Pozo Muncio, J. I., Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Sanders, M. E. (2008). STEM, STEMeducation, STEMmania.  
<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Sitio consultado en agosto de 2019.
- Sears, F. (1960). *Óptica: Fundamentos de Física, Parte III*. Madrid: Aguilar.
- STEM Learning. Apoyando el aprendizaje de STEM. <https://www.stem.org.uk/> Sitio consultado en junio de 2019.