

Una propuesta metodológica para el estudio de las representaciones visuales en los materiales didácticos de física

Proposal of a methodology to study visual representations in physics instructional materials

Ignacio Idoyaga^{1*}, Nahuel Moya¹, Jorge Maeyoshimoto¹ y Gabriela Lorenzo^{1,2}

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, Instituto de Investigación en Educación Superior.

²CONICET

*E-mail: iidoyaga@ffyba.uba.ar

Resumen

Este trabajo exhibe una propuesta metodológica desarrollada para el análisis de las representaciones visuales presentes en diferentes materiales didácticos utilizados en la enseñanza universitaria de las ciencias. Las representaciones condicionan la construcción de conocimiento científico, por lo que el desarrollo de estrategias que permitan estudiarlas resulta prioritario en las agendas de investigación en didáctica. El diseño propuesto permitió la tipificación de 356 representaciones presentes en 51 materiales empleados para la enseñanza de la física y el reconocimiento de los usos y la cantidad de información de 191 gráficos. La potencia del diseño radica en la categorización empírica de las representaciones visuales a partir de datos objetivos y la identificación de posibles sesgos que podrían representar obstáculos para los estudiantes a la hora de aprender.

Palabras clave: Metodología de investigación didáctica; Didáctica de la física; Representaciones visuales; Educación universitaria.

Abstract

This work introduces a proposal of methodology developed for the analysis of visual representations included in different instructional materials used in physics at university. Representations determine the construction of scientific knowledge, so the development of strategies that allow studying them is a priority in science education research. The methodological design implemented allowed the typing of 356 representations present in 51 instructional materials and the recognition of the uses and the amount of information of 191 graphics. The potentiality of this proposal lies in the empirical categorization of visual representations based on objective data and the identification of possible learning obstacles.

Keywords: Education research methodology; Physics education; Visual representations; University education.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de todo fenómeno relativo al conocimiento científico hace necesario recurrir a la noción de representación. En coincidencia con las perspectivas de Descartes y Kant, puede pensarse que la idea de representación debería ser el centro de todo análisis sobre la construcción de conocimiento, ya que no hay conocimiento que un sujeto pueda movilizar sin recurrir a una actividad de representación (Duval, 2017). En particular, la construcción de conocimiento en

física requiere realizar actividades cognitivas en relación con un complejo sistema representacional, lo que implica actividades cognitivas ligadas a la semiosis.

La idea de representación ha sido entendida de diferentes maneras a lo largo de la historia, desde diversas disciplinas con múltiples matices. A los fines de este trabajo, es menester optar por una definición operativa que resulte sistémica y que permita incluir la perspectiva representacional en la investigación en educación en física. Con estos límites, las representaciones son entendidas como constructos de los sujetos que hacen referencia a objetos, fenómenos, conceptos o ideas propias de la física, y que reúnen atributos valorados como esenciales por dichos sujetos (García García, 2005). Dicho de otra manera, la interacción intelectual de los sujetos con las representaciones permite construir significados vinculados con lo representado.

Desde una perspectiva didáctica se reconocen dos grandes tipos de representaciones: las externas y las internas (Duval, 2017). Las representaciones internas son constructos mentales, de carácter idiosincrático, que se construyen tácitamente en el aprendizaje y se utilizan en la percepción, razonamiento, resolución de problemas y otras actividades cognitivas. Las representaciones externas, en cambio son de carácter público, involucran complejos sistemas de signos que permiten presentar algún aspecto del mundo en su ausencia. Son construcciones culturales o tecnologías intelectuales (Debray, 2001) que sirven como instrumentos concretos y soportes para la mente, actuando como prótesis cognitivas que apoyan y amplifican su funcionamiento (Pozo, 2017). Por esta razón, resultan fundamentales para la enseñanza y el aprendizaje, especialmente en el caso de la física.

Las representaciones visuales, también llamadas representaciones gráficas o visuoespaciales, son el tipo particular de representación externa compuesto por diferentes elementos (puntos, líneas, manchas, etc.) cuya disposición sobre una superficie bidimensional encierra un significado (Lombardi, Caballero y Moreira, 2009). Estas ocupan un lugar de privilegio en el híbrido semiótico (Lemke, 2002) sobre el que se sustenta el circuito comunicativo de la física. En este híbrido, compuesto por la lengua natural, el álgebra y las representaciones visuales, los distintos registros actúan de manera sinérgica permitiendo alcanzar el significado canónico de los conceptos de la disciplina. En consecuencia, la enseñanza y el aprendizaje de la física requieren la puesta en práctica de diversas actividades cognitivas ligadas a las representaciones como la formación, el tratamiento y la conversión (Duval, 1999).

Las representaciones visuales pueden clasificarse de diferentes maneras. Una de estas atiende la relación entre los elementos representados (Postigo y Pozo, 2000). Así, pueden distinguirse:

- Ilustraciones, que representan relaciones espaciales reproductivas de un objeto o fenómeno (por ejemplos, fotografías y dibujos);
- Diagramas, que representan relaciones conceptuales, de manera esquemática y organizada (por ejemplo, cuadros sinópticos y organigramas);
- Mapas, planos o croquis, que representan una relación espacial selectiva en la cual es fundamental la localización relativa de los diferentes elementos del mundo representado (por ejemplo, los planos de un instrumento científico);
- Gráficos, que representan relaciones numéricas o cuantitativas que existen entre dos o más variables (por ejemplo, gráficos cartesianos e histogramas).

Los gráficos, como tipo particular de representación visual, resultan objetos de estudio interesantes en sí mismos, ya que permiten, entre otras tareas, organizar datos provenientes de la actividad experimental, transformarlos, exhibir modelos explicativos y realizar predicciones e inferencias sobre distintos fenómenos (Jiménez Tejada, Sánchez Moncalve y González García, 2013).

En los materiales didácticos de física producidos y utilizados por profesores, los gráficos pueden ser incluidos con diferentes fines (García García, 2005). En este sentido, los gráficos presentan distintos usos didácticos que refieren a su intención comunicativa. Se puede discriminar entre *uso expositivo*, cuando el gráfico se emplea para relatar o describir principios o fenómenos, *uso problémico*, cuando el gráfico se emplea para formular preguntas o problemas planteados o resueltos, y *uso instrumental*, cuando el gráfico se emplea como herramienta dentro de un proceso de aplicación experimental desarrollado o propuesto dentro del material didáctico. De igual manera, se puede reconocer el papel que un gráfico cumple dentro del discurso de la disciplina. Por ende, se distingue entre dos categorías de *uso científico*: *uso experimental*, si el gráfico se usa para representar el comportamiento de un grupo de datos, y *uso teórico*, si el gráfico se emplea como modelo teórico sobre el comportamiento de los fenómenos.

Otro aspecto a considerar es la cantidad de información vinculada a los gráficos incorporados en los materiales didácticos. Así, se puede discriminar entre la información contenida dentro del gráfico, o *intrínseca*, y la información contenida en el entorno del gráfico, en el texto que lo acompaña, o *extrínseca*. La cantidad de información intrínseca guardará relación con el número de elementos informativos presentados dentro del gráfico (escala, título, unidades, nombre de los ejes etc.). La cantidad de información extrínseca refiere a la suma de los elementos informativos que se encuentran en el entorno del gráfico (referencias explícitas al gráfico, inclusión de prácticas científicas asociadas a la elaboración del mismo, entre otros).

Los estudiantes requieren apropiarse de las representaciones que se despliegan en la educación en física para construir significados compartidos con los profesores sobre los modelos de la disciplina. En particular, es necesario que procesen la información de éstas a distintos niveles, crecientes en complejidad: explícito, implícito y conceptual (Postigo y Pozo, 2000; Idoyaga y Lorenzo, 2019). La información explícita hace referencia a los elementos presentes en la representación, la implícita, al reconocimiento de tendencias y, la conceptual implica la resignificación de la representación a partir de otros conceptos construidos con anterioridad. Son múltiples las dificultades de los estudiantes e, incluso, de personas tituladas en ciencia para acceder a la información de las representaciones (Artola, Mayoral y Benarroch, 2016; Grilli, Laxague y Barboza, 2015; Gómez, Llombart y Gaviria Catalán, 2015; Idoyaga, Moya y Lorenzo, 2017). Estas dificultades guardan relación con la naturaleza y los usos de las representaciones, que pueden pensarse como poderosos condicionantes de los procesos educativos y considerarse como parte del entorno de aprendizaje que debe ser investigado (Perales, 2006).

La dificultad, reportada en la bibliografía, para procesar la información de las representaciones, se ve perpetuada por la falta de actividades que promuevan usos epistémicos (Pozo, 2017) de las mismas y por el escaso reconocimiento de sus usos. Esto último está relacionado con las conceptualizaciones del profesorado y su conocimiento didáctico de las representaciones visuales (Idoyaga y Lorenzo, 2016), donde se refleja el supuesto de autoevidencia.

De lo anterior se desprende la necesidad de conocer la naturaleza, la cantidad de información y los usos de las representaciones para llevar adelante una adecuada vigilancia representacional que permita propiciar mejoras en las propuestas de enseñanza en disciplinas de gran carga semiótica, como la física. Por ende, el propósito de este trabajo es presentar y describir una propuesta metodológica diseñada y probada para analizar las representaciones visuales presentes en diferentes materiales didácticos.

II. DISEÑO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

La metodología propuesta para relevar y clasificar las representaciones visuales presentes en diferentes materiales, reconocer los usos didácticos y científicos y cuantificar la información presente en los gráficos, considera los siguientes tres aspectos: *variables y niveles, recolección de datos y análisis de datos*.

A. Variables y niveles

Tomando los aportes teóricos de Postigo y Pozo (2000) y García García (2005) se definen las siguientes variables y sus correspondientes niveles:

- *Tipo de representación visual*. Variable cualitativa nominal. Niveles: Diagramas, Ilustraciones, Mapas o planos o croquis y Gráficos;
- *Uso didáctico de los gráficos*. Variable cualitativa nominal. Niveles: expositivo, problemático e instrumental;
- *Uso científico de los gráficos*. Variable cualitativa nominal. Niveles: experimental y teórico;
- *Cantidad de información intrínseca de los gráficos*. Variable cuantitativa continua. Refiere a la cantidad de elementos informativos presentes dentro de un gráfico. Cada elemento se contabiliza de manera dicotómica (sí/no) puntuando como 1 su presencia, por ende, la variable puede tomar valores de 0 a 11 según se observen en el gráfico los siguientes elementos: escalas, unidades claramente identificadas, datos dentro del espacio gráfico, nombre de los ejes completos, título, fórmulas, expresiones algebraicas, datos numéricos en los ejes (diferentes a las grandes divisiones de la escala), íconos (que refieran al fenómeno estudiado o a montajes experimentales relacionados con la construcción del gráfico), términos (conceptos o frases cortas de tipo explicativo), signos propios del campo disciplinar;
- *Cantidad de información extrínseca de los gráficos*. Variable cuantitativa continua. Representa la suma de los elementos informativos presentes en los textos que se incluyen en el material didáctico y que guardan una relación directa con los gráficos analizados. Cada elemento se contabiliza como 1, por ende, la variable puede tomar valores de 0 a 6 según la presencia de los siguientes elementos en el texto que acompaña al gráfico: referencias explícitas al gráfico, inclusión de prácticas científicas asociadas a la elaboración del gráfico, referencias a conceptos familiares pertenecientes al campo conceptual de la física y asociados a la relación expuesta en el gráfico, inclusión de prácticas científicas asociadas a la elaboración del gráfico, expresiones algebraicas referidas a funciones asociadas al gráfico.

B. Recolección de datos

Los documentos se analizan utilizando una *guía de observación de materiales didácticos* especialmente diseñada que consta de dos partes. La parte A se aplica con el propósito de diferenciar y tipificar las representaciones visuales presentes. Para ello, se recurre a una clave dicotómica (figura 1).

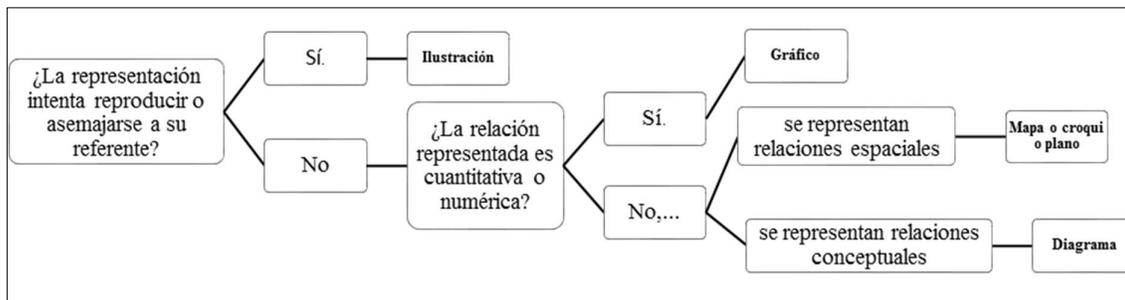


FIGURA 1. Clave dicotómica incluida de la parte A de la guía de observación con el fin de diferenciar y tipificar las representaciones visuales presentes en materiales didácticos.

La parte B de la guía de observación se aplica únicamente a aquellas representaciones tipificadas como gráficos. Esta parte, a su vez, se divide en cuatro apartados. En el apartado B1 se recurre a una clave dicotómica (figura 2) para la identificación del uso científico de cada uno de los gráficos encontrados en el material analizado. El apartado B2 presenta otra clave dicotómica (figura 3) para diferenciar entre uso didáctico expositivo, instrumental y problemático.

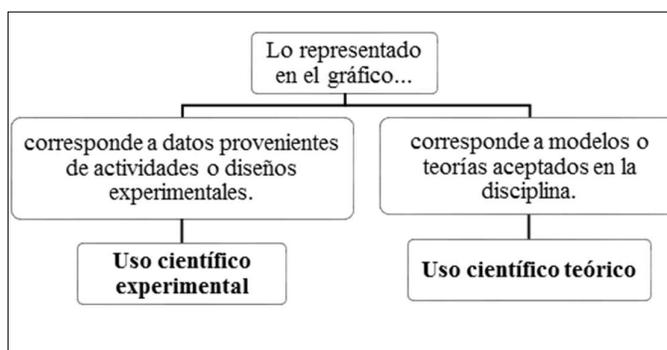


FIGURA 2. Claves dicotómicas utilizada en los apartados parte B1 de la guía de observación con el fin de identificar el uso científico de los gráficos.

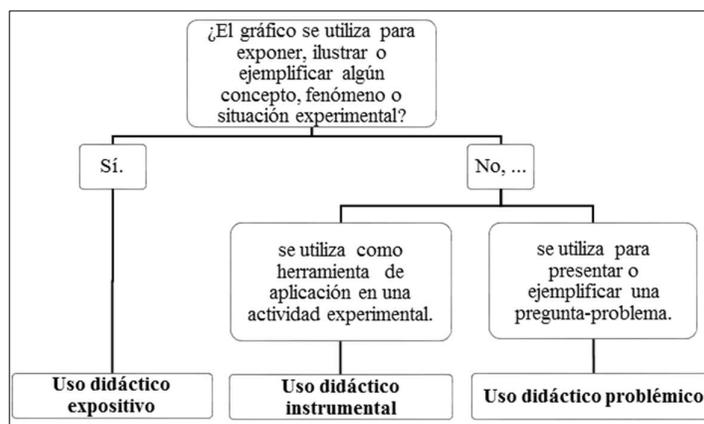


FIGURA 3. Claves dicotómicas utilizadas en los apartados parte B2 de la guía de observación con el fin de identificar el uso didáctico de los gráficos.

En el apartado B3 se incluye un cuestionario de tipo auto-score para reconocer la cantidad de información presente dentro del gráfico. La presencia de un elemento informativo asigna 1 punto y su ausencia, 0 puntos. El total se calcula sumando los valores obtenidos para cada elemento. La tabla I ejemplifica lo anterior.

TABLA I. Ejemplo de la aplicación del cuestionario utilizado en el apartado B3 para calcular la cantidad de información intrínseca de un gráfico.

¿Se incluyen dentro del gráfico los siguientes elementos informativos?	SI	NO	Puntaje asignado
Escalas	X		1
Título	X		1
Fórmulas físicas en el área de trazado		X	0
Unidades claramente identificadas	X		1
Datos dentro del área de trazado		X	0
Nombre de los ejes completos o con sus correspondientes abreviaturas (no sólo una letra)	X		1
Expresiones algebraicas		X	0
Datos numéricos (diferentes a las grandes divisiones de la escala)		X	0
Íconos (que refieran al fenómeno estudiado o a montajes experimentales relacionados con la construcción del gráfico)		X	0
Términos (conceptos o frases cortas de tipo explicativo) en el área de trazado.		X	0
Signos propios del campo de la física.	X		1
Total	-	-	5

En el apartado B4 se utiliza otro cuestionario de características similares al del apartado anterior para reconocer la cantidad de información extrínseca de los gráficos. Es decir, el número de elementos informativos presentes en el texto que acompaña al gráfico. La tabla II ejemplifica lo anterior.

TABLA II. Ejemplo de la aplicación del cuestionario utilizado en el apartado B4 para calcular la cantidad de información extrínseca de un gráfico.

¿Se incluyen los siguientes elementos en el texto presente en el apartado donde se encuentra el gráfico?	SI	NO	Puntaje asignado
Referencias explícitas al gráfico	X		1
Referencias a fenómenos cotidianos relacionados con el gráfico		X	0
Diferenciación explícita de las variables del gráfico		X	0
Referencias a conceptos familiares pertenecientes al campo conceptual de la física y asociados a la relación expuesta en el gráfico	X		1
Inclusión de prácticas científicas asociadas a la elaboración del gráfico		X	0
Expresiones algebraicas referidas a funciones asociadas al gráfico	X		1
Total	-	-	3

C. Análisis de datos

Se utiliza un análisis estadístico descriptivo e inferencial. En primer lugar, se calcula la frecuencia absoluta de la variable *tipo de representación visual*. En segundo lugar, para aquellas representaciones categorizadas como gráficos, se calculan las frecuencias absolutas de las variables *uso didáctico de los gráficos* y *uso científico de los gráficos*. En tercer lugar, se pueden calcular los estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión para las variables *cantidad de información intrínseca de los gráficos* y *cantidad de información extrínseca de los gráficos*, según el uso didáctico y científico asignado al gráfico. Es decir, las variables *uso didáctico de los gráficos* y *uso científico de los gráficos* se pueden usar como variables de clasificación. Por último, es posible reconocer diferencias en el comportamiento central de la variable *cantidad de información intrínseca de los gráficos*, por un lado, entre los diferentes usos didácticos; y, por otro lado, entre los diferentes usos científicos. Para esto, en primer término, se deben realizar las pruebas de normalidad (test de Shapiro-Wilk) y de homogeneidad de varianzas (test de Levene). En los casos en que los datos no

presenten un comportamiento normal, se deberá realizar el test U de Mann-Whitney o el test de Kruskal Wallis (extensión del anterior para tres o más grupos). En cambio, cuando los datos muestran normalidad y homogeneidad de varianzas, se puede utilizar el test de Student. El mismo tratamiento se puede aplicar para el reconocimiento de posibles diferencias en el comportamiento central de la variable *Cantidad de información extrínseca* de los gráficos según los usos didácticos y según los usos científicos.

III. IMPLEMENTACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS

Este diseño metodológico exhibido, que forma parte de una tesis de doctorado defendida en la Universidad de Buenos Aires (Idoyaga y Lorenzo, 2019), se aplicó al estudio de las representaciones visuales presentes en 51 materiales didácticos distintos utilizados en la enseñanza universitaria de física. Estos incluyeron capítulos de libro, guías elaboradas por los profesores, presentaciones utilizadas en clase y compendios de exámenes. De este modo, pudieron identificarse y tipificarse un total de 356 representaciones, de las que 191 eran gráficos, correspondiendo al tipo más frecuente. Asimismo, se logró reconocer los usos y cuantificar la información de estos gráficos.

Esta metodología resultó de utilidad para la descripción general de las representaciones gráficas incluidas en los materiales analizados y la identificación de sesgos. Así, se encontró una tendencia a la utilización de gráficos de uso didáctico expositivo y uso científico teórico y una pobre inclusión de gráficos de uso problemático, con excepción de las preguntas de examen. Por otra parte, quedó de manifiesto el bajo nivel de información intrínseca y extrínseca de este tipo particular de representación. Todo esto da cuenta de que el desarrollo metodológico constituye una estrategia valiosa para la obtención de datos empíricos a la hora de evaluar representaciones visuales.

IV. CONCLUSIONES

El estudio de las representaciones desplegadas para la enseñanza y el aprendizaje de la física resulta un aspecto fundamental de la investigación en didáctica debido a que profesores y estudiantes deben construir significados a partir de estas, proceso que exige su formación, tratamiento y conversión. La naturaleza, los usos y la cantidad de información presente en las representaciones visuales son fuertes condicionantes en la apropiación del conocimiento científico y deben ser considerados como elementos de absoluta relevancia en el entorno de aprendizaje.

El desarrollo metodológico propuesto se sostiene en aportes teóricos que permitieron la definición de variables que cubren los principales aspectos de las representaciones visuales utilizadas en disciplinas científicas. En especial, profundiza en los gráficos, que reportan primario interés dado que son particularmente considerados en los circuitos de validación del discurso de la física. Además, la versatilidad de este tipo de representación para introducir modelos teóricos o exponer datos empíricos los torna prácticamente ubicuos (Idoyaga, Moya y Lorenzo, 2020).

En la enseñanza presencial y en la enseñanza mediada por tecnologías, que cobra especial relevancia durante el distanciamiento social, los docentes recurren a diferentes tipos de materiales para organizar su enseñanza. Consecuentemente, toda metodología propuesta para estudiarlos, analizarlos y sugerir estrategias de mejora, cobra particular interés en el campo de las didácticas específicas.

Por último, la *guía de observación de materiales didácticos* construida podría ser transferida al aula, con las adaptaciones necesarias, permitiendo a los profesores relevar y clasificar las representaciones gráficas presentes en los materiales que utilizan, ya sean de elaboración propia o productos editoriales, identificar los usos de los gráficos y cuantificar su información. Esto ayudaría a tomar consciencia acerca de posibles sesgos que podrían operar como obstáculos para que los estudiantes alcancen los significados canónicos de las ideas de la ciencia y se apropien de su sistema representacional para hacer uso epistémico de este. Más aún, la guía, como instrumento de análisis, brindaría la oportunidad de orquestar una vigilancia representacional de los materiales didácticos que permita la toma de decisiones fundadas y el diseño de actividades acordes.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo es en el marco de los proyectos PIP-CONICET 12320130100137CO, UBACyT 20020170100448BA e IIES-ADUBA-UBA 2019-2020.

REFERENCIAS

- Artola, E., Mayoral, L. y Benarroch, A. (2016). Dificultades de aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas asociadas a biología de poblaciones en estudiantes de educación secundaria. Un estudio semiótico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 36-52.
- Debray, R., (2001). *Introducción a la mediología*. Barcelona, España: Paidós.
- Duval, R. (2017). *Understanding the mathematical way of thinking*. Cham: Springer.
- Duval, R., (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali, Colombia: Universidad del Valle y Peter Lang.
- García García, J. J. (2005). El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 181-199.
- Gómez Llombart, V., y Gavidia Catalán, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 441-455.
- Grilli, J., Laxague M. y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 91-108.
- Idoyaga, I., Moya, N., y Lorenzo, M. G., (2017). La información en gráficos cartesianos. Procesamiento conceptual e influencia del contenido. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 4907-4912.
- Idoyaga, I., Moya, N., y Lorenzo, M. G., (2020). Los gráficos y la pandemia. Reflexiones para la educación científica en tiempos de incertidumbre. *Revista de Educación en Ciencias Biológicas*, 5.
- Idoyaga, I., y Lorenzo, M. G., (2016). La compleja apropiación de la información conceptual de los gráficos cartesianos en las aulas de física en la universidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(Extra), 279-286.
- Idoyaga, I., y Lorenzo, M. G., (2019). Las representaciones gráficas en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la universidad (Tesis inédita de doctorado). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Jiménez-Tejada, M. P., Sánchez-Monsalve, C., y González-García, F. (2013). How Spanish primary school students interpret the concepts of population and species. *Journal of Biological Education*, 47(4), 232-239.
- Lemke, J. L., (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En M. Benlloch (Comp.), *La educación en ciencias: Ideas para mejorar su práctica* (159-186). Barcelona, España: Paidós.
- Lombardi, G., Caballero, C., y Moreira, M. A., (2009). El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico. *Revista de Investigación*, 33(66), 147-186.
- Perales, F., (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 13-30.
- Postigo, Y., y Pozo, J. I., (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-100.
- Pozo, J. I. (2017). Aprender más allá del cuerpo: de las representaciones encarnadas a la explicitación mediada por representaciones externas. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, 40(2), 219-276.