



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias.* 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

Las representaciones gráficas en materiales didácticos: una propuesta metodológica para su análisis

Ignacio J. Idoyaga

Universidad de Buenos Aires

iidoyaga@ffyb.uba.ar

Cesar Nahuel Moya

Universidad de Buenos Aires

nmoya@ffyb.uba.ar

Jorge Maeyoshimoto

Universidad de Buenos Aires

jmaeyoshimoto@ffyb.uba.ar

Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires

glorenzo@ffyb.uba.ar

Línea temática: Metodologías de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Naturales
Modalidad: 2

Resumen

Este trabajo exhibe una propuesta metodológica desarrollada para el estudio de las representaciones gráficas presentes en diferentes materiales didácticos utilizados en la enseñanza universitaria de las ciencias. Estas representaciones condicionan la construcción de conocimiento científico, por lo que el desarrollo de estrategias que permitan estudiarlas resulta prioritario en las agendas de investigación. El diseño propuesto permitió la tipificación de 356 representaciones presentes en 51 materiales didácticos. Asimismo, se reconocieron los usos y la cantidad de información de 191 gráficos. La potencia del diseño radica en que se pudieron obtener datos empíricos que permitieron caracterizar a las representaciones analizadas e identificar posibles sesgos que podrían representar obstáculos para los estudiantes a la hora de aprender.

Palabras clave

Metodología de investigación, Didáctica de las ciencias naturales, Representaciones gráficas y Universidad

Objetivos

- Describir una propuesta metodológica diseñada para analizar las representaciones gráficas presentes en diferentes materiales didácticos.

Marco Teórico

La construcción de conocimiento científico requiere realizar actividades cognitivas en relación con un complejo sistema representacional. En consecuencia, la noción de representación debería ser central en toda discusión sobre educación en ciencias naturales. Dicha noción se ha construido históricamente desde distintas disciplinas, adquiriendo diversos matices. Sin embargo, a los fines de este trabajo, las representaciones son entendidas como constructos de los sujetos que refieren a objetos, fenómenos, conceptos o ideas y que reúnen los atributos de sus referentes valorados como esenciales (García García, 2005). De este modo, cuando los sujetos interactúan intelectualmente con estas pueden construir significados vinculados con lo representado.

Las representaciones pueden clasificarse como internas o externas (Duval, 2017). Las primeras son de carácter idiosincrático, propias del ámbito mental y se utilizan para una gran variedad de actividades cognitivas. Las segundas son de carácter público e involucran sofisticados sistemas de signos. Sirven como instrumentos concretos y soportes para la mente, actuando como prótesis cognitivas que amplifican su funcionamiento (Pozo, 2017). Por lo tanto, el estudio de las representaciones externas cobra vital importancia, para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales.

Las representaciones gráficas son el tipo particular de representación externa que está 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 circuito comunicativo de las ciencias y pueden clasificarse según la relación entre los elementos representados (Postigo y Pozo, 2000) en: a) Ilustraciones, que representan relaciones espaciales reproductivas de un objeto o fenómeno (por ejemplos: fotografías y dibujos); b) Diagramas, que representan relaciones conceptuales, de manera esquemática y organizada (por ejemplo: cuadros sinópticos y organigramas); c) 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); d) 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 gráfica, 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 Monsalve y González García, 2013).

En los materiales didácticos 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).

Metodología

La metodología propuesta permite relevar y clasificar las representaciones gráficas presentes en diferentes materiales didácticos y reconocer los usos didácticos y cuantificar la información presente en los gráficos. Para esto, se consideran los siguientes tres aspectos:

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

- *Tipo de representación gráfica.* 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 de 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.

2. *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 gráficas presentes. Para ello, se recurre a una clave dicotómica (Figura 1).

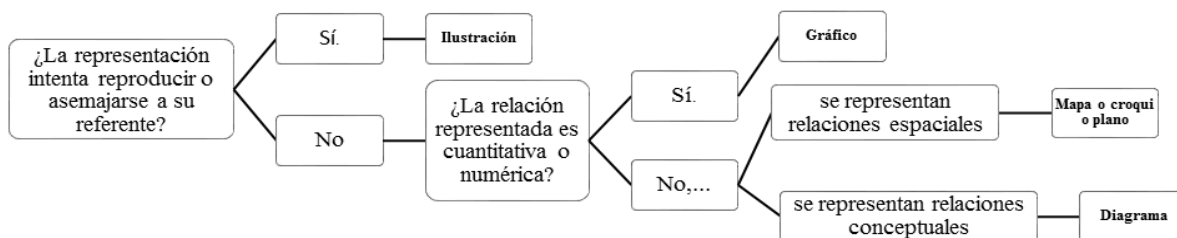
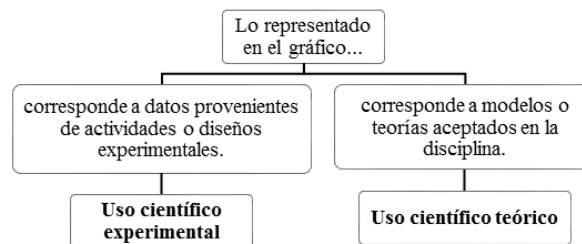


Figura 1. Clave dicotómica incluida de la Parte A de la Guía de Observación con el fin de diferenciar y tipificar las representaciones gráficas presentes en materiales didácticos.

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 didáctico de cada uno de los gráficos encontrados en el material analizado. El apartado B2 presenta otra clave dicotómica (Figura 2) para diferenciar entre uso científico teórico y experimental.



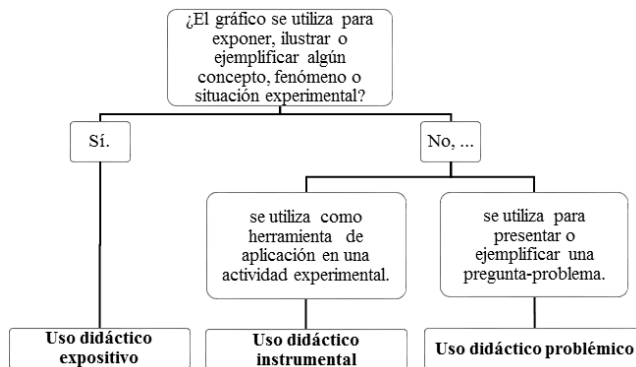


Figura 2. Claves dicotómicas utilizada en los apartados Parte B1 (izquierda) y B2 (derecha) de la Guía de Observación con el fin de identificar el uso didáctico y científico de los gráficos.

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. 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 1 ejemplifica lo anterior.

¿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

Tabla 1. Ejemplo de la aplicación del cuestionario utilizado en el apartado B4 para calcular la cantidad de información extrínseca de un gráfico.

3. 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 gráfica*. En segundo lugar, para aquellas representaciones categorizadas como Gráficos, se calcula 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 muestren 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.

Resultados

Este diseño metodológico exhibido se aplicó al estudio de las representaciones gráficas 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 problémico, 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 la metodología constituye una estrategia valiosa para la obtención de datos empíricos.

Conclusiones

El estudio de las representaciones desplegadas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias resulta un aspecto fundamental de la investigación en didáctica debido a que durante la educación, 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 son fuertes condicionantes en la apropiación del conocimiento científico y deben ser considerados como elementos de absoluta relevancia en el entorno de aprendizaje. Es por todo esto que el desarrollo de estrategias metodológicas que

permitan estudiar materiales didácticos desde una perspectiva representacional, debe considerarse como prioritario en las agendas de investigación latinoamericanas.

El desarrollo metodológico propuesto se sostiene en aportes teóricos que permitieron la definición de variables que cubren los principales aspectos de las representaciones 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 disciplinar. Además, la versatilidad de este tipo de representación para introducir modelos teóricos o exponer datos empíricos los torna prácticamente ubicuos.

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. Más aún, la Guía, como instrumento de análisis, brindaría la oportunidad de orquestar la *vigilancia representacional* de los materiales didácticos.

Bibliografía

- Duval, R. (2017). *Understanding the mathematical way of thinking*. Springer, Cham.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.