

Avances en el entendimiento del rol de los gráficos en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la universidad

Advances in understanding the role of graphics in the teaching and learning of Physics at University

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Ignacio Idoyaga^{1,2,3}, Gabriela Lorenzo^{1,4}

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, Junín 956, C1113AAD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Física, Junín 956, C1113AAD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

³Universidad de Buenos Aires, Escuela Técnica, Departamento de Ciencias Naturales, Av. Roca y Av. Escalada, C1439DUL, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

⁴CONICET

E-mail: iidoyaga@ffyb.uba.ar

Resumen

Este trabajo presenta los avances en la tesis de doctorado del primer autor. El propósito general de la investigación es construir conocimiento original respecto a las funciones que cumplen los gráficos, como tipo particular de representación externa, en el discurso, la enseñanza y el aprendizaje de la física. El contexto de la investigación son los escenarios reales de actuación de profesores y estudiantes de un curso de física para futuros farmacéuticos y bioquímicos. La metodología presenta un abordaje cualicuantitativo que incluye la realización de estudios complementarios y convergentes. Entre los resultados destacan la construcción de un repertorio de representaciones, la descripción del conocimiento didáctico de los gráficos y la identificación de dificultades y estrategias de estudiantes en el procesamiento de información gráfica. Como conclusión y perspectivas se plantea el aporte original de la investigación y su potencial de transferencia.

Palabras clave: Gráficos; Física; Enseñanza; Aprendizaje; Universidad.

Abstract

This paper introduces the advances in the PhD thesis of the first author. The purpose of the research is to create original knowledge about the functions of the graphics. The context of the research are physics courses for future pharmaceuticals and biochemists, where teachers and students interact. The methodology presents a qualitative-quantitative approach. Complementary and convergent studies were also carried out. Among the main results are: the construction of a repertoire of representations, the description of the didactic knowledge of the graphics, and the identification of difficulties and strategies of students when processing graphic information. As a conclusion and future perspective, the original contribution of the research and its transfer potential are considered.

Keywords: Graphics; Physics; Teaching; Learning; University.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende resumir los avances en la comprensión del papel que juegan los gráficos en la educación en física en la universidad, generados en el marco de la tesis de doctorado del primer autor. La tesis se lleva adelante en el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Esta institución será el contexto principal de la investigación.

La enseñanza y el aprendizaje de la física requieren distintos sistemas semióticos entre los que se destacan el lenguaje natural, las expresiones algebraicas y las representaciones gráficas. Según Lemke (2002)

la utilización de estos diferentes sistemas semióticos es una necesidad que impone la idea sobre la que se articula la enseñanza. En este sentido, cada sistema permite abordar de una manera determinada el concepto en cuestión, resaltando alguna de sus características. De este modo los sistemas no resultan redundantes, sino que actúan de manera sinérgica permitiendo la construcción de significado canónico.

Entre los sistemas representacionales para la enseñanza y el aprendizaje de la física, la información gráfica como tipo particular de representación externa, ocupa un lugar preponderante (Artola, Mayoral y Benarroch, 2016; Grilli, Laxague y Barboza, 2015; Gómez Llombart y Gaviria Catalán, 2015).

En términos generales, las representaciones son construcciones de los sujetos que refieren a objetos, fenómenos, conceptos o ideas. Reúnen las características fundamentales de los referentes y pueden sustituirlos en la interacción con los sujetos. Desde una perspectiva didáctica, puede plantearse la existencia de dos clases generales de representaciones, las internas y las externas (Duval, 1999). Las representaciones internas son de carácter idiosincrático y son construidas tácitamente durante los procesos de aprendizaje. Por otra parte, las representaciones externas son de carácter semiótico y abundan en los procesos de enseñanza.

Considerando el caso particular de las representaciones gráficas, pueden entenderse como representaciones externas permanentes que pueden ser conservadas en un soporte y ofrecen una representación visual de objetos ausentes o conceptos abstractos (García García, 2005). En estas representaciones la distribución de puntos en un plano encierra un significado.

Las representaciones gráficas tienen diferentes usos en la ciencia y en su enseñanza (García García, 2005). En líneas generales en el discurso de los científicos estas representaciones pueden mostrar el comportamiento de un grupo de datos producto de la experimentación (uso científico experimental) o presentar un modelo teórico sobre el comportamiento de los fenómenos (uso científico teórico); mientras que en la enseñanza, una representación gráfica puede ser incluida con tres objetivos: a) puede presentarse en la exposición de determinados hechos (uso didáctico explicativo), b) formando parte de una de una situación problema (uso didáctico *problemico*) o c) en el interior de una propuesta de trabajo experimental (uso didáctico experimental).

Cada tipo de representación gráfica tiene una forma particular de presentar la información y de acuerdo con la relación que muestra con los objetos o fenómenos representados, pueden distinguirse (Postigo y Pozo, 2000): a) Diagramas: que representan espacialmente relaciones conceptuales (por ejemplo: cuadros sinópticos y redes conceptuales). b) Gráficos: que representan en el espacio relaciones numéricas o cuantitativas entre variables (gráficos cartesianos, gráficos de torta, entre otros). c) Mapas, planos y croquis: que representan relaciones espaciales selectivas, en general respetando una escala. d) Ilustraciones: que intentan representar una imagen reproductiva que guarda semejanzas sensoriales al objeto de referencia.

Atendiendo especialmente a la enseñanza y el aprendizaje de la física, los gráficos, particularmente los gráficos cartesianos, ocupan un lugar central (Jiménez Tejada, 2013). En esta línea, los estudiantes de ciencias, para aprender por medio de gráficos cartesianos, deben procesar la información contenida en ellos en pos de construir un conocimiento que exceda a la propia representación. Al respecto, Postigo y Pozo (2000) han propuesto tres niveles de procesamiento de la información contenida en los gráficos. El procesamiento a nivel de la información explícita como el nivel más superficial de lectura, que alude a la identificación de los elementos presentes en el gráfico (título, número, nombre, tipo y los distintos valores de las variables). El procesamiento a nivel de la información implícita el cual requiere encontrar patrones y tendencias identificando relaciones entre las variables involucradas; exige que el gráfico sea interpretado globalmente y supone un cierto conocimiento y dominio del sistema semiótico (por ejemplo, determinar la pendiente de una recta sería uno de estos procesos). El procesamiento a nivel de la información conceptual requiere en gran medida de los niveles anteriores y está centrado en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura del gráfico.

En el procesamiento conceptual se hace necesario ir más allá de la información contenida de modo explícito e implícito en el gráfico recuperando otros conocimientos disponibles en la memoria a largo plazo, relacionados con el contenido representado, con el fin de realizar interpretaciones, explicaciones o predicciones sobre el fenómeno representado en dicho gráfico. El nivel conceptual es el que permitiría redescubrir las representaciones internas o generar nuevas, construyendo sobre las anteriores a partir de la relación entre representaciones externas e internas, lo que implica procesos sucesivos de *explicitación* e *implicitación* (Pozo, 2017).

Existen varias investigaciones que han puesto de manifiesto que tanto los estudiantes universitarios como sujetos titulados en ciencias, presentan dificultades para acceder a la información gráfica más allá de los dos primeros niveles (Leinhardt, Zalanvsky y Stein, 1999; García García y Perales, 2006), así como para construir representaciones (Solar, Deulofeu y Azcárate, 2015) lo que no necesariamente puede considerarse un proceso inverso al de la lectura del gráfico. Las dificultades para procesar las representaciones gráficas a nivel de la información conceptual, sostenida por la ausencia de una enseñanza planificada e intencional sobre los gráficos en el nivel universitario, podría ser una de las causas de los frecuentes

problemas que manifiestan los estudiantes para el aprendizaje de las ciencias, y en especial de la física (Galagovsky, Di Giacomo y Castelo, 2009; Chamizo, 2010; Matus, Benarroch y Nappa, 2011).

La manera en que los profesores enseñan tanto a construir como a leer e interpretar representaciones gráficas, particularmente gráficos cartesianos, es un factor preponderante y puede constituirse en un catalizador efectivo para transparentar el discurso científico y tecnológico. Esta enseñanza está diseñada a partir del conocimiento didáctico que el profesor tenga sobre las representaciones gráficas.

Este conocimiento didáctico sobre contenidos disciplinares específicos forma parte del conocimiento profesional del docente, tanto así que se ha convertido en uno de los programas centrales de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias (Farré y Lorenzo, 2009). Este programa tiene sus orígenes a mediados de la década del 80, con los trabajos de Lee Shulman (1986), quien plantea la existencia de un conocimiento que va más allá de la disciplina y que llega a la dimensión del conocimiento disciplinar para la enseñanza (Abell, 2008). El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) es un conocimiento distinto y no considerado con anterioridad, característico e idiosincrásico de los profesores, que surge como una amalgama entre el conocimiento disciplinar y el didáctico en determinado contexto (Berry, Loughran y van Driel, 2008; Berry, Friedrichsen y Loughran Routledge, 2015). Este conocimiento le permite al profesor desarrollar exitosamente su tarea de enseñanza desarrollando actividades, eligiendo analogías, y ejemplos para cierto grupo de alumnos para cada tópico disciplinar (Bucat, 2004, Garritz y Trinidad, 2004, Henze, van Driel y Verloop, 2008).

Entre otros factores que también influyen en la enseñanza de las representaciones gráficas, es importante destacar que estará atravesada por las concepciones, creencias y opiniones de los profesores (Vázquez, Jiménez y Mellado, 2007). Del mismo modo que las conceptualizaciones y creencias de los estudiantes moldean sus esquemas mentales durante el aprendizaje (Kloosterman, 2002).

II. OBJETIVOS

Los objetivos de la investigación son: 1) estudiar las representaciones gráficas utilizadas para la enseñanza de la física en la universidad, 2) estudiar el Conocimiento Didáctico de las representaciones gráficas de profesores universitarios de física 3) estudiar la construcción de conocimiento a partir de la interacción de los estudiantes con la información gráfica, particularmente con gráficos cartesianos.

Específicamente se pretende para el objetivo 1): a) detectar, documentar y clasificar las representaciones gráficas presentes en materiales didácticos y clases de física universitaria, b) identificar los elementos comunes y específicos presentes en las representaciones gráficas, c) analizar el contexto de uso en el que están insertas las representaciones gráficas, estableciendo relaciones entre la calidad y cantidad de información, el tipo de representación, el uso didáctico y el uso científico, particularmente de los gráficos cartesianos. Para el 2): a) documentar, describir y analizar el CDC de profesores con diferente nivel de experiencia en diferentes contextos de actuación, b) Estudiar el uso didáctico y las condiciones de uso de distintos tipos de representaciones gráficas en las prácticas de enseñanza, c) relevar las creencias y conceptualizaciones de los profesores sobre representaciones gráficas y su relación con el CDC. Para el 3) a) investigar los niveles de procesamiento de información gráfica que alcanzan los estudiantes universitarios para distintos tópicos de física, b) detectar las dificultades y los obstáculos para el aprendizaje vinculados a la construcción y al procesamiento de representaciones gráficas por los estudiantes, c) analizar las relaciones entre el aprendizaje y las creencias de los estudiantes con respecto a las representaciones gráficas, d) indagar la influencia del discurso del profesor en la construcción de conocimiento y de significados por parte de sus estudiantes.

III. METODOLOGÍA

La realización de estudios complementarios y convergentes permitió el análisis de las prácticas educativas con relación al uso de representaciones gráficas. Los datos recogidos fueron discutidos por al menos tres investigadores integrantes de los proyectos en los que se inscribe la tesis.

Esta investigación se realizó principalmente en el marco de la asignatura Física de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Se trata de una asignatura cuatrimestral correspondiente a un segundo curso de física universitaria del Plan de Estudios de las carreras, donde casi la totalidad de los temas desarrollados pertenecen a la física clásica, haciendo una breve introducción a algunos tópicos de física moderna, con orientación para ciencias de la salud. Las clases de la asignatura incluyen exposiciones magistrales (clases teóricas no obligatorias), seminarios, trabajos prácticos de laboratorio, clases de resolución de problemas y un intenso trabajo en un aula virtual. La confección de gráficos a partir de datos experimentales, y la lectura e interpretación de representaciones gráficas,

especialmente para la resolución de problemas y ejercicios, son contenidos transversales a lo largo del todo el curso.

La investigación se desarrolló con la participación voluntaria de 35 profesores y 215 estudiantes de la asignatura Física de la Facultad de Farmacia y Bioquímica (FFyB). En los estudios comparados, participaron estudiantes de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (alrededor de 100); y también, estudiantes (150) y docentes (10) del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires.

Todos los participantes eran mayores de edad, y en todo momento se resguardó la confidencialidad de las personas que intervinieron en su desarrollo, sus datos personales y de filiación fueron codificados. La ejecución del plan no interfirió con el normal desarrollo de las actividades docentes y académicas de los participantes.

Se diseñaron tres estudios.

Estudio 1 (correspondiente al Objetivo 1): Para detectar las representaciones gráficas presentes en materiales didácticos y en clases de física universitaria se planteó un estudio descriptivo observacional que permitió la construcción de un inventario de representaciones gráficas. El estudio contempló las siguientes tareas:

a) Encuesta a docentes: se desarrolló una encuesta para indagar las concepciones docentes respecto al uso de representaciones gráficas. Instrumento: se utilizó un cuestionario escrito con preguntas cerradas de diversos tipos (de elección, grado de acuerdo, valoración con una escala, autoclasificación y evaluación de frecuencia). Características de la muestra: el ámbito de esta encuesta fue la UBA, el universo queda descrito como el conjunto de docentes de Física de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, el tamaño fue de 40 docentes voluntarios, la afijación proporcional y el error muestral menor al 10%.

b) Observaciones de clase: se realizaron observaciones no participantes de 3 distintos grupos de clase a lo largo del curso completo (28 clases). Las clases fueron registradas en audio o video. Instrumento: Se diseñó una guía de observación.

c) Análisis documental: como fuente de datos se recopilaron los materiales didácticos y exámenes utilizados en el curso para su análisis sistemático. Instrumento: Se construyó una guía de análisis de materiales didácticos que permitió identificar el tipo, los usos y los niveles de información de las representaciones.

Estudio 2 (correspondiente al objetivo 2): La metodología propuesta para el describir y analizar el Conocimiento Didáctico de las representaciones gráficas de profesores (objetivo 2) se basa en la complementariedad de las propuestas metodológicas desarrolladas por Loughran, Mulhall y Berry (2004), recuperada por Garritz (Lorenzo, Daza y Garritz, 2014), y por Farré en sus estudios de doctorado (Farré y Lorenzo, 2019). Incluyó tareas escritas de lápiz y papel para la totalidad de los docentes del plantel de la Cátedra de Física (35) y el estudio de casos para los docentes a cargo de las clases correspondientes al tópico representaciones gráficas durante un ciclo del dictado de la asignatura. Se realizaron una serie de tareas:

a) Entrevista a docentes: se desarrollaron para indagar las creencias y conceptualizaciones sobre representaciones gráficas e identificar las ideas centrales (IC) en la enseñanza del tópico representaciones gráfica. Instrumento: se diseñó un cuestionario semiestructurado con preguntas abiertas y cerradas que se administrará personalmente. Esto permitió el diseño del cuestionario de la Representación del Contenido (ReCo) a ser aplicado en las tareas siguientes.

b) ReCo tradicional: se administró personalmente el cuestionario de las ocho preguntas elaborado a partir de los resultados de la tarea a) a la totalidad de los docentes de la asignatura.

c) Construcción de la ReCo a partir del análisis de las prácticas educativas: se realizó la observación no participante de 10 clases sobre el tema representaciones gráficas del ciclo de dictado de la asignatura Física. Se analizaron los registros enriquecidos por las observaciones para la construcción de la ReCo por parte del grupo de investigación.

d) Descripción del Conocimiento Didáctico de las representaciones gráficas: a partir de la comparación de los resultados de las tareas descriptas anteriormente, se analizaron las características comunes y diferenciales que identifican y permiten reconocer el Conocimiento Didáctico de los docentes sobre este tópico.

Estudio 3 (correspondiente al objetivo 3): Para estudiar las dificultades y los obstáculos de aprendizaje vinculados al procesamiento de las representaciones gráficas por los estudiantes se diseñaron especialmente tareas de lápiz y papel aplicadas a 150 estudiantes, y se complementó con el estudio de casos, para profundizar en el análisis cualitativo. Así mismo, se evaluaron las concepciones y conceptualizaciones sobre información gráfica por parte de estudiantes empleando cuestionarios escritos. En esta línea se aplica una metodología estadística descriptiva para el análisis de datos. Este estudio incluyó las siguientes tareas:

a) Encuesta a estudiantes: Se desarrolló una encuesta para indagar las creencias y conceptualizaciones de los estudiantes sobre representaciones gráficas. Instrumento: se diseñó un cuestionario escrito con preguntas cerradas del tipo grado de acuerdo y valoración con una escala. La administración del cuestionario fue personalmente y en contexto de aula. Características de la muestra: el ámbito de esta encuesta fue la UBA, el universo queda descrito como el conjunto de estudiantes de Física de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, el tamaño estimado fue de 100 estudiantes voluntarios, la afijación proporcional y el error maestro menor al 10%. Adicionalmente se pudo aplicar el mismo cuestionario a otras muestras de distintas poblaciones para realizar comparaciones.

b) Tareas de lápiz y papel: se buscó indagar el nivel de procesamiento de la información gráfica que alcanzan los estudiantes. Instrumento: Se diseñaron tareas de lápiz y papel que se aplicaron en contexto de clase o en situación de examen, siempre con la autorización del docente a cargo. Las tareas se calificaron desde una perspectiva disciplinar y a través del uso de indicadores se categorizó el nivel de procesamiento de la información gráfica. Los indicadores propuestos incluyeron: coherencia conceptual entre las distintas secciones de cada representación y entre las representaciones, correcciones propuestas a representaciones con errores, pertinente y correcta utilización de modelos físicos en la resolución, recurrencia a nuevas representaciones externas, utilización de referencias y aclaraciones de carácter semiótico, multiplicidad de lenguajes, entre otros.

Los datos recogidos en a) y b) fueron analizados cualitativa y cuantitativamente empleando estadística inferencial. Se utilizó el *software IBM SPSS Statistics v.22*.

c) Entrevistas: para profundizar el estudio cualitativo y lograr una mayor comprensión del objeto de estudio se seleccionaron tres producciones de la tarea b) de estudiantes para entrevistarlos en un estudio de casos. En la entrevista los estudiantes seleccionados, cuya participación fue confidencial, pudieron revisar, comentar y ampliar su producción. Se siguió una estrategia de pensamiento en voz alta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Estudio 1 a la hora de categorizar las repuestas de los docentes a la encuesta encontramos que ellos se refirieron a los gráficos como representaciones. Sin embargo, un análisis más detenido muestra que hay una gran heterogeneidad en la forma que conciben el concepto de representación y el de gráfico. De todas maneras, y con independencia del contenido enseñado destacan fundamentalmente el uso de gráficos cartesianos. Predominan las respuestas que coinciden con un uso expositivo teórico. Como era esperable las observaciones de clases realizadas confirman la preponderancia de los gráficos cartesianos sobre otros tipos de representaciones gráficas. Los docentes dedican tiempo a su análisis, pero el mayor énfasis está puesto en las directrices para su construcción. El Análisis Documental muestra que en las 279 representaciones estudiadas se encontraron 4 diagramas, 47 ilustraciones, 186 croquis y planos y 42 gráficos cartesianos. El elevado número de croquis y planos, corresponde en su mayoría a la descripción del instrumental de laboratorio que se utiliza en los trabajos prácticos de la asignatura. La preponderancia de este tipo de representación podría deberse a que los autores las incluyen teniendo en cuenta que están ausentes en la bibliografía sugerida para el curso. Los 42 gráficos cartesianos identificados revisten especial interés por las potencialidades que este tipo particular de representación tiene, no solo para el discurso de la disciplina, sino para las actividades experimentales propuestas en la asignatura. Con respecto al Uso didáctico, el 66,7% corresponde al nivel Expositivo, resultando menos frecuentes los niveles *Problémico* (11,9%) e *Instrumental* (21,4%). Esto podría entenderse como una mayor valoración por parte de los autores (docentes de la asignatura) de las propiedades discursivas de estas representaciones con respecto a su potencial para plantear interrogantes al alumnado o constituirse en herramientas propias del trabajo experimental. En lo que respecta al Uso científico, el 88,1% corresponde al nivel Teórico. Esta tendencia a presentar pocos gráficos de uso Experimental podría distorsionar la comprensión de la naturaleza de una disciplina predominantemente empírica y dificultar el entendimiento de la utilidad de las actividades experimentales propuestas durante el curso. En suma, dentro de los gráficos estudiados predominan los de uso expositivo y teórico. Esto podría representar un obstáculo para que los estudiantes comprendan los gráficos como herramientas cognitivas útiles para resolver problemas y elementos indisolubles de la práctica experimental. Podría llevar a entenderlos como elementos propios de la retórica teórica o del discurso modélico, como un producto terminado y ausente en el quehacer del experimentador, propiciando un entendimiento deformado del papel de los gráficos en el marco de la producción del conocimiento científico. Por lo que, el profesor debería remarcar los aspectos instrumentales y experimentales de estos en el caso de utilizar materiales como los estudiados.

En el Estudio 2 aparecen como tipo predominante de representación gráfica utilizada, los gráficos, particularmente cartesianos. Los docentes destacan que el acceso a la información se ve facilitado por los gráficos. Con muy poca frecuencia aparecen las potencialidades predictivas. Otro aspecto a destacar es

que los docentes participantes valoran las representaciones en su práctica áulica. Los profesores de mayor antigüedad entienden a los gráficos como Herramienta Operativa. Fueron muy bajas las referencias a un uso cognitivo de este tipo particular de representación. Si bien los gráficos suelen ser ampliamente utilizados en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales, y especialmente en física, estos resultados llevan a pensar que muchas veces pareciera que se emplean de una manera mecanicista y acrítica. Otros aspectos rescatables relevados son el interés por la correcta construcción de gráficos cartesianos y su inclusión en la evaluación, la elección de una modalidad expositiva donde abundan directivas claras que serán de utilidad en instancias de acreditación, el poco interés por las ideas previas de los alumnos, la ausencia de elementos que permitan corroborar en el aula la comprensión de los estudiantes en clase y la escasa vinculación de los contenidos con los de otras asignaturas o con el desarrollo profesional.

En el Estudio 3, los resultados de la encuesta a estudiantes mostraron un alto predominio en el uso de gráficos cartesianos en detrimento de otro tipo de gráficos, probablemente debido a las propias características de la disciplina tanto en su enseñanza como en los libros de texto. Se podría pensar que los gráficos cartesianos son concebidos como representaciones propias del ámbito universitario y profesional, que se mantienen ajenas al desempeño social o cultural, dado que los estudiantes otorgan poca importancia al uso extra universitario y extra profesional lo que estaría evidenciando una falta de concientización sobre la importancia de la alfabetización gráfica. Los gráficos son conceptualizados mayormente como Herramienta, posiblemente asociada al uso instrumental que los estudiantes hacen de las representaciones en sus carreras universitarias, posiblemente asociado al uso en un Nivel Operativo. No obstante, el nivel predominante fue el Informativo, quizás más relacionado con la idea de Ilustración. Posiblemente estos resultados estén vinculados a que en las clases aparece la idea de gráficos como facilitadores del acceso a la información. La menor consideración del uso a niveles Explicativo y Predictivo podría asociarse a un bajo desarrollo de las habilidades de los estudiantes para procesar la información Conceptual de las representaciones.

En las tareas de lápiz y papel los participantes mostraron estar familiarizados con los gráficos cartesianos y lograron acceder a la información explícita e implícita. Esto muestra que el desarrollo de las habilidades relacionadas se logra durante la escolarización con anterioridad a la universidad. Las actividades relacionadas con la información conceptual registraron siempre una frecuencia menor de respuestas esperadas, lo que evidenciaría la complejidad de este nivel. Fueron pocas las producciones en las que se encontraron múltiples indicadores de procesamiento conceptual y sólo en algunos casos apareció el uso de un lenguaje mixto. Por lo que, el desarrollo del procesamiento conceptual debería constituirse en un objeto de interés para los profesores universitarios. También se evidenció la influencia del contenido en el tipo de procesamiento alcanzado, trabajando con gráficos equivalentes en todo aspecto se mostró como algún contenido particular influyó negativamente la posibilidad de procesar conceptualmente la representación presentada. Posiblemente, algunos tópicos complejos y abstractos presenten dificultades para conectarse con la representación. Esto debería ser tenido en cuenta a la hora de diseñar actividades de clase o de evaluación.

Los estudiantes seleccionados para las entrevistas son los que lograron completar las tareas desde una perspectiva disciplinar y presentaron ninguna inconsistencia en el uso de los modelos que se aplican para interpretar los fenómenos presentados. Los resultados de las entrevistas mostraron que estos estudiantes evidenciaron coherencia *intra* e *inter* representación. Incluyeron en sus producciones un amplio juego de referencias, como aclaraciones semióticas y comentaron su importancia justificando su uso. Algo similar ocurrió con la conversión representacional que propusieron. Además, en su discurso volvieron a aparecer vinculaciones con modelos físicos y manifestaron una amplia comprensión de los conceptos y de cómo estos aparecen representados en los sistemas representacionales. Estos resultados permitieron reforzar los indicadores de procesamiento conceptual usados en la investigación.

V. CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS

Como resultado de esta investigación se construyó conocimiento original sobre el uso de las representaciones gráficas en cursos universitarios de física, entendiendo las estrategias que utilizan los docentes y las dificultades de aprendizaje de los estudiantes.

El uso de representaciones gráficas, del lenguaje gráfico, en la enseñanza de las ciencias en general y de la física, en particular, no es sólo una estrategia o tradición, es un aspecto inherente y excluyente de la enseñanza de las ciencias naturales. Las ideas de las ciencias naturales requieren para ser reconstruidas por los estudiantes que los docentes las presenten en los lenguajes natural, analítico y gráfico. Una enseñanza de la física sin representaciones gráficas o con un uso pobre y de bajo nivel de estas llevara a la construcción de ideas incompletas y a la imposibilidad de seguir aprendiendo de manera autónoma otros

capítulos de la disciplina. De esto último se desprende la relevancia de todos estudios realizados para describir y comprender qué lugar ocupa en el lenguaje gráfico en la enseñanza y como condiciona el aprendizaje. Este estudio será vital para proponer mejoras, en principio, en la cátedra donde se realizó, pero después en toda la institución y a través de las publicaciones en distintas instituciones de nivel superior.

Se logró construir un inventario de representaciones gráficas que dé cuenta de aquellas más utilizadas para la enseñanza de la física, tanto en clases como en materiales didácticos, el tipo de uso y el contexto en el que aparecen. Este documento también será de utilidad para evidenciar aquellas representaciones gráficas que sean específicas de la asignatura Física y diferenciarlas de aquellas que pueden ser consideradas como contenidos transversales con otras asignaturas que conforman las titulaciones científicas y tecnológicas.

La documentación del conocimiento didáctico de las representaciones gráficas de los profesores de física permitió describir aquellos rasgos que resultan esenciales para la enseñanza de este tópico en el nivel superior, evidenciando las estrategias que utilizan para abordar a las dificultades de aprendizaje de los estudiantes y las diversas formas en que este contenido participa de los procesos evaluativos de la asignatura. La descripción del CDC resulta un insumo fundamental para orientar el diseño de instancias de formación y actualización docente, dentro de la institución impactarían en las escuelas de ayudantes y pueden ser estudiados en otros ámbitos.

El reconocimiento de las estrategias que emplean los estudiantes, tanto para el procesamiento de la información gráfica, así como para aprender otros contenidos a partir del uso de las representaciones gráficas, permitió detectar los obstáculos y dificultades de aprendizaje. Este conocimiento, redundará en un beneficio a la hora de planificar las prácticas de enseñanza y de evaluación.

En suma, los resultados de esta investigación resultan en un valioso aporte al campo de la didáctica de la física y de las ciencias naturales en el nivel superior, espacio recientemente incorporado a las agendas educativas del país, debido a que pueden ser rápidamente transferidos al aula, por su alto nivel de aplicabilidad proporcionando alternativas fundamentadas para la enseñanza de y con representaciones gráficas, también servirán de insumo para la formación y actualización de profesores y al mismo tiempo, abrirá nuevas puertas enriqueciendo el campo permitiendo futuras investigaciones y la formación de recursos humanos en el área.

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.
- Berry, A., Loughran, J., y van Driel, J. H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271-1279.
- Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge.
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: Applied research in chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(2), 215-228.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Peter Lang S. A.
- Farré, A. y Lorenzo, G. (2009). Another piece of the puzzle: The relationship between beliefs and practice in higher education organic chemistry. *Chemical Education Research and Practice*, 10(2), 176-184.
- Galagovsky, L., Di Giacomo, M.A. y Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1-22.

- 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.
- García García, J. J. y Perales, F. (2006). ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 247-259.
- Garriz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(2), 1-6.
- Gómez Llombart, V. y Gaviria 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.
- Henze, I., van Driel, J. H., y Verloop, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Jiménez Tejada, M., 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.
- Kloosterman, P. (2002). Beliefs about Mathematics and Mathematics Learning in the Secondary School: Measurement and Implications for Motivation. En G. C. Leder, E. Pehkonen y G. Törner (Eds.), *Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Leinhardt, G., Zalavsky, O. y Stein, M. K. (1999). Functions, Graphs and graphing. Task a Learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En M. Benlloch (Eds.), *La educación en ciencias: Ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós.
- Matus, L., Benarroch, A. y Nappa, N. (2011). La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 178 - 201.
- Pozo, J. I. (2017). Learning beyond the body: from embodied representations to explicitation mediated by external representations. *Journal for the Study of Education and Development*, 40(2), 219-276.
- 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.
- Arias
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of a new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 21-33.
- Solar, H., Deulofeu, J. y Azcárate, C. (2015). Competencia de modelización en interpretación de gráficas funcionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 191-210.
- Vázquez, B., Jiménez, R. y Mellado, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 372-393.