

FUNCIONALIDAD DEL USO DE LAS GRÁFICAS EN UNA COMUNIDAD DE FÍSICOS, DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIOEPISTEMOLÓGICA

Alba Gabriela Lara Medina, Astrid Morales Soto

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (Chile)

g.lamedina@gmail.com, ammorale@ucv.cl

RESUMEN: La investigación se desarrolla con un enfoque socioepistemológico, esta perspectiva considera que son las prácticas que dan sentido al conocimiento puesto en uso, nos centramos en una comunidad de conocimiento: los físicos. Presentamos algunos resultados de la investigación realizada respecto al uso de las gráficas en dicha comunidad de una universidad chilena en particular. Postulamos que en esta comunidad se usa la gráfica de manera funcional, y que desempeña un rol trascendente en el trabajo del mismo. Lo anterior aporta elementos para un rediseño del discurso matemático escolar. El enfoque a usar en la metodología es cualitativo.

Palabras clave: matemática escolar, cotidiano, uso de las gráficas, socioepistemología

ABSTRACT: This research has been developed with a socio-epistemological approach. It considers that the practices give a sense to the knowledge being used. The work is focused on a knowledge community: the physicists. We show some research results with respect to the graph's used by the physicists' community in a Chilean University. We state that in this university the graph is used in a functional way and it plays an essential role. This statement provides elements for a new design of the school mathematics discourse. The methodology uses a qualitative approach.

Key words: school mathematics, daily, use of graphs, socioepistemology

■ Problemática

Las bases curriculares de la Educación Básica y Media enfatizan el cotidiano como un elemento que ayuda a formar ciudadanos críticos; de igual manera el rol que desempeña la universidad aporta a la formación de los ciudadanos que desempeñan una profesión (Mineduc, 2012, 2013).

En la educación universitaria, las Matemáticas aportan en el desarrollo de un juicio racional y crítico que son necesarios al momento de ejercer cualquier profesión. Es la universidad una institución encargada de formar científicos y profesionales, entonces debemos reflexionar

respecto la forma de trabajar para alcanzar los objetivos de enseñanza.

Los conocimientos matemáticos tienen sentido y significado tanto dentro del aula escolar como fuera de ésta, sin embargo, el discurso matemático escolar (dME) que se encuentra hoy día no ayuda a alcanzar un conocimiento que transforme su realidad, es decir, que sea funcional, sino que por el contrario muestra un conocimiento estático y carente de sentido y significado.

De lo anterior podemos decir que existe una falta de conexión entre el conocimiento matemático escolar y el cotidiano, en otras palabras, “lo que se enseña en la escuela no responde a las situaciones del cotidiano, y peor aún el conocimiento del cotidiano no se parece nada al de la escuela” (Cordero, 2013, p. 6). Esta investigación propone abordar este aspecto desde una mirada de la Matemática Educativa trabajando con una comunidad de físicos, analizando el uso de las gráficas que ellos tienen tanto en el ámbito profesional en investigación como el de docencia. De esta manera nos proponemos recurrir a las gráficas como argumentación en situaciones concretas, que provocan que se genere conocimiento (Morales, Mena, Vera & Rivera, 2012). Reportamos el caso de un investigador de la disciplina de la Física.

■ Marco Teórico: Socioepistemología

Nuestra investigación se aborda desde la teoría de la Socioepistemología, cuya postura toma en cuenta el hecho de la falta de marcos de referencia para resignificar el conocimiento matemático y el objetivo de rediseñar el discurso matemático escolar. La importancia se enfoca en que el conocimiento sea funcional, por ello nos centraremos en los usos de conocimiento.

Los conocimientos matemáticos tienen sentido y significado tanto dentro del aula escolar como fuera de ésta, sin embargo, el dME que se encuentra hoy día no ayuda a alcanzar un conocimiento que transforme su realidad, es decir, que sea funcional, sino que por el contrario muestra un conocimiento utilitario. Con lo anterior podemos decir que existe una falta de conexión entre el conocimiento matemático escolar y el cotidiano, en otras palabras, *lo que se enseña en la escuela no responde a las situaciones del cotidiano, y peor aún el conocimiento del cotidiano no se parece nada al de la escuela* (Cordero, 2013). Es necesario aclarar que cuando se menciona conocimiento escolar nos referimos a

todos los niveles escolares (básica, media, universitaria) y cuando se dice cotidiano nos referimos a una comunidad específica.

En la investigación se destacan dos fenómenos del dME: *la exclusión y la opacidad*.

Algunos autores mencionan la existencia de dos epistemologías: la de la vida y la de la matemática escolar. La sociedad ha legitimado la de la escuela, sin embargo, esto no quiere decir que la epistemología de la vida no tenga importancia, ¿cómo hacerlas dialogar? En otras palabras, “la matemática escolar opaca la vida cotidiana y por consiguiente, el conocimiento del cotidiano se encuentra opaco en los marcos de referencia de la matemática (MR) escolar” (Cordero, Gómez, Silva-Crocci & Soto, 2015).

La opacidad, se encuentra ligada a no considerar la matemática del cotidiano en los MR para la matemática escolar, es decir, el actual dME opaca los argumentos del cotidiano a pesar de ser éstos más cercanos al conocimiento matemático funcional (Gómez y Cordero, 2013).

Asumimos como hipótesis que la argumentación gráfica genera conocimiento matemático, sabemos que la argumentación gráfica no se entiende como un concepto, pero sí como un saber matemático por lo que requiere de cierto estatus en el discurso matemático escolar, que hoy no lo tiene porque está opaco, la epistemología que predomina no permite mostrar este saber. Desde esta postura es que se pretende dar evidencia que la argumentación gráfica habita en diferentes comunidades de conocimiento a nivel funcional, y la importancia de tener presente aquello, pues podemos encontrar elementos importantes para ser incorporados en el objetivo del rediseño del dME. Nuestro objetivo es el uso de gráficas, lo que nos llevaría a sus argumentaciones gráficas. Es decir, queremos generar una epistemología de la matemática funcional donde el núcleo sean los usos.

Lo anterior lleva a la necesidad de reflexionar en la pluralidad epistemológica, es decir, la obra matemática, la matemática escolar, la matemática de otras disciplinas, e inclusive la matemática del cotidiano no disciplinar, sino de la gente. Para ello hemos decidido centrarnos en una disciplina específica: la Física. El fenómeno de la exclusión tiene que ver con “la imposibilidad de participar en la construcción del conocimiento matemático y la negación de la pluralidad epistemológica” (Cordero, 2016).

Incorporar al físico como individuo permite mirarlo como parte de una comunidad donde puede desempeñar distintos roles. En nuestro caso, el físico desempeñándose como investigador y como docente, es decir, en el trabajo y en la escuela. Mirar al individuo desde estas posturas nos permite preguntarnos lo siguiente, ¿qué práctica o conocimiento usa en el rol de investigador que fomenta el uso de las gráficas en la sala de clase?, ¿existen elementos de la práctica del físico respecto al uso de las gráficas que se puedan incorporar al discurso matemático escolar (dME)? En términos teóricos, nuestro *objeto de estudio es la transversalidad de los usos del conocimiento matemático: del trabajo a la escuela*.

■ Antecedentes del rol de la gráfica en la disciplina de Física

Algunos artículos han llamado la atención por la relevancia de las gráficas en la Física, declarando que, desde el punto de vista desde esta disciplina, la gráfica cumple un rol fundamental y el hecho de que los estudiantes no comprendan su vinculación con los modelos físicos arroja ciertas dificultades (McDermott, Rosenquist y van Zee, 1987; Hale, 2000; Laverty & Kortemeyer, 2012).

McDermott *et al* (1987) señala la relevancia de las gráficas en el estudio de la física, destacando ésta como una de las habilidades a desarrollar más importantes. Los autores mencionan que existen dificultades al momento de conectar las gráficas con conceptos físicos y con el mundo real.

McDermott *et al* (1987) y Hale (2000) mencionan que los estudiantes pueden comprender los conceptos físicos pero no logran hacer conexiones necesarias entre los conceptos matemáticos con sus respectivas gráficas que son importantes para relacionarlos con tópicos de la Física, por ejemplo con la cinemática. En esta misma dirección, Hale (2000) destaca en la cinemática dos aspectos, la relación entre las gráficas de variables cinemáticas (posición, velocidad y aceleración) ya que son esenciales en los cursos de Física, y que en Cálculo Diferencial, la cinemática es el ambiente natural para explicar el concepto tasa de cambio.

Por su parte, Laverty y Kortemeyer (2012) indican que aun cuando los estudiantes son eficientes al momento de graficar con funciones dadas o interpretar los valores de la misma, eso no significa que sean hábiles para construir gráficas e interactuar con ellas. A lo que se refieren los autores, es que graficar un par de valores o una función particular es diferente a construir la gráfica de *posición vs. tiempo* para un auto moviéndose hacia atrás o construir la gráfica *aceleración vs tiempo* para un auto que alcanza su máxima velocidad en cierto tiempo. Los autores también indican que la habilidad de trabajar con gráficas puede aprovecharse en el aula y más aún si además de interpretar se interactúa con ellas, por eso la relevancia que no solo sepan gráficas sino también construir gráficas.

Con lo anterior, se puede concluir que éstos dan evidencia de que las gráficas han sido y son importantes en el área de la Física y que a pesar del paso del tiempo existen elementos que no se han logrado aprovechar en el aula, por ejemplo: conectar los conocimientos de Cálculo a la Física, promover la construcción de gráficas e interactuar con las mismas. Lo anterior nos hace cuestionarnos respecto a ¿cómo conectar con la matemática escolar para así lograr un rediseño del discurso matemático escolar?, y darle un nuevo estatus a las gráficas.

■ Método

Se trabajó en un enfoque cualitativo. El tipo de investigación será con estudio de caso (Stake 2007). La población fue de dos doctores en Física que investigan en su disciplina y además realizan docencia en las carreras de Licenciatura y Pedagogía en Física de universidades chilenas, en particular presentaremos el caso de uno de ellos.

Uno de los instrumentos realizados para la investigación fueron analizar el material que los investigadores generan, tanto en docencia como en investigación (publicaciones), como también grabaciones de clases y posteriormente entrevistas. Las actividades fueron grabadas con el propósito de profundizar algunos temas. Se analizaron las grabaciones con el propósito de observar cómo es que el investigador posiciona la gráfica en su quehacer tanto de investigación como en su rol de docente para analizar en qué contexto las gráficas se usan de manera funcional.

■ Datos y análisis

La toma de datos se realizó con físicos investigadores en dos momentos: (M₁) enfocado al uso de las gráficas en la labor en el aula del Físico (F) como profesor universitario: se ha revisado material de docencia como guías, pruebas y clases teóricas y de laboratorio, y (M₂) referente a las investigaciones: analizando el uso de las gráficas en artículos, material de difusión y entrevistas. En este reporte se presentan extractos de una de las entrevistas realizadas y de una clase del laboratorio observada a un doctor en Física de la PUCV, quien dicta clases a la carrera de Licenciatura en Física de esta misma universidad.

■ Entrevista

La elaboración de la entrevista fue llevada a cabo con el fin de situar al experto en los dos momentos antes mencionados. La validación de la misma fue realizada por expertos en el área. Se adoptó el formato semi-estructurado para la entrevista, ya que nuestro interés fue el de explorar la postura del entrevistado, dando así la posibilidad de instalar un diálogo fluido con el entrevistado, quien puede agregar los comentarios que considere adecuados. La entrevista se llevó a cabo en el laboratorio en el cual trabaja el experto y fue grabada en audio y video.

Las transcripciones de la entrevista especialmente diseñada para este trabajo recogen información del rol de la gráfica asignado en la construcción del conocimiento relacionado a la Física y de las experiencias personales del entrevistado en torno de este tema.

En este apartado se muestran extractos de algunas de las respuestas dadas al Entrevistador (E) que evidencian el rol de las gráficas al momento de impartir clases.

El profesor expresa que una de las dificultades encontradas al graficar está relacionada con las variables:

F: [...] Lo que pasa es que uno sabe lo que hay que graficar, pero ellos no. Por ejemplo: la definición de pendiente, [...], entonces toman una posición y la dividen por el tiempo y eso no es, y es difícil sacarles eso.

E: ¿Tú supones que ellos vienen con eso?

F: Vienen con unas variables que entienden, pero las entienden mal.

Para abordar el problema relacionado a las variables, el profesor usa las gráficas. Un punto que el profesor destaca es que él no interviene de manera inmediata, sino que son los estudiantes quienes discuten los datos que tienen y llegan a ciertas conclusiones; él interviene en el momento que analizan la gráfica más profundamente, pero resalta que para entender y graficar se requiere más que sólo identificar y leer las variables.

F: Lo que hacemos es que hagan todo, que calculen de las dos maneras y que vean que es distinto [...]. La idea es que ellos discutan [...] el profesor entra en la discusión una vez que ellos hayan discutido [...].

Les hacemos construir gráficos cualitativos, [...] pedimos que construyan el gráfico Posición vs Tiempo, entonces aparentemente es difícil porque no es el típico gráfico de una parábola o línea recta. Les decimos ustedes ven el gráfico y grafican las variables, pero después tiene que afinar el ojo, tiene que hacer el gráfico, pero ahora van viendo las pendientes: Entonces el mismo gráfico (posición vs tiempo) van viendo que pasa con las velocidades y eso es de un grado de abstracción un poquito más allá. Entonces una vez que llegan a entender el gráfico y además entender las pendientes que se comportan de tal manera realmente están aprendiendo a leer el gráfico y poder hacer el gráfico. [...]. Los alumnos saben pasar los datos a un gráfico, les pedimos que entiendan por qué están pasando las diversas cosas.

El M2 permite ver al físico como investigador, algunos de sus artículos se encuentran relacionados con problemas que se encuentran mal resueltos en los libros, ligados a experimentos de la vida diaria. Uno de los objetivos de sus investigaciones es motivar al aprendizaje de la Física a través de la comprensión de conceptos basales de Mecánica.

F: Lo que hicimos antes es desarrollar material para el curso de Mecánica [...], Mi colega ahora se extendió a Electromagnetismo y yo me fui por experimentos impactantes. Lo que estoy haciendo es buscar motivar a los alumnos, que se motiven por la ciencia mostrándoles experimentos de verdad pero que sean sorprendentes. [...]. Desarrollar experimentos para empezar la clase y que la clase gire en torno al experimento.

El foco está en la enseñanza, hay un problema general en educación, no se motiva en la ciencia. Nuestro foco es que llegue a Media y Básica pero el proyecto lo centramos en Superior con los profesores de Física en formación.

El entrevistado destaca que para los físicos en general, la gráfica aporta mucho en su disciplina, ya que ésta permite ver más que solo datos, y también ayudan a reconocer errores.

F: Tú siempre tienes un modelo, algo está pasando y tú representas tus variables en un gráfico y ves mucho mejor las tendencias [...] Ciertos tipos de gráficos te iluminan. [...] Por ejemplo: Kepler a través de los gráficos se dio cuenta que los planetas giran alrededor del sol, eso fue un gran avance [...]. Además, está el caso de Newton. [...]. El gráfico es una tremenda herramienta para que entiendan lo que está pasando.

La entrevista permite reconocer que la gráfica no es sólo una representación de datos, o que para entenderla basta con una lectura simple. En palabras del profesor, la comunidad de físicos la usa de manera significativa, y en particular en la comunidad a la que pertenece la usan para formar profesores de la misma disciplina.

■ Clase observada: Laboratorio

El laboratorio cuenta con mesas redondas para promover la discusión entre los alumnos, con computadores como herramientas para graficar y obtener datos de un experimento. En ese ambiente se desarrollan experimentos; en lo que se refiere a Mecánica implementaron los computadores en red con cámara web para grabar videos y con éstos hacer análisis de movimiento.

La sesión duró 3 horas, con grupos de 4 o 5 personas (32 estudiantes en total), formándose 7 equipos, los cuales trabajaron con una guía proporcionada por el profesor. El tema era la Segunda Ley de Newton. La guía consta de cuatro actividades, con 3, 7, 5 y 6 preguntas respectivamente. Durante la sesión los grupos sólo alcanzaron a responder las dos primeras actividades, así que sólo nos enfocaremos a ellas en el presente reporte.

El profesor elabora una guía cuyo objetivo es entender cómo aplicar correctamente la Segunda Ley de Newton, para ello se analiza el movimiento de dos masas unidas por un cordel que pasa por una polea con poco roce. La guía es entregada a los estudiantes para que respondan de manera grupal, con el fin de generar discusiones entre ellos; el profesor interviene para generar un análisis más profundo de la gráfica: comparando datos con la gráfica obtenida, reflexionando en el fenómeno y el comportamiento de la gráfica, repensando en los posibles errores cometidos por los estudiantes y la gráfica del fenómeno.

La actividad 1 pide a) representar a través de un diagrama el experimento indicando las fuerzas que actúan sobre las masas. Además, deben proponer dos gráficas, b) la primera debe relacionar la coordenada y de la masa que baja en función del tiempo inicialmente con el sistema en reposo y c) la segunda gráfica con la coordenada v_y de la masa que baja en función del tiempo (Figura 1).

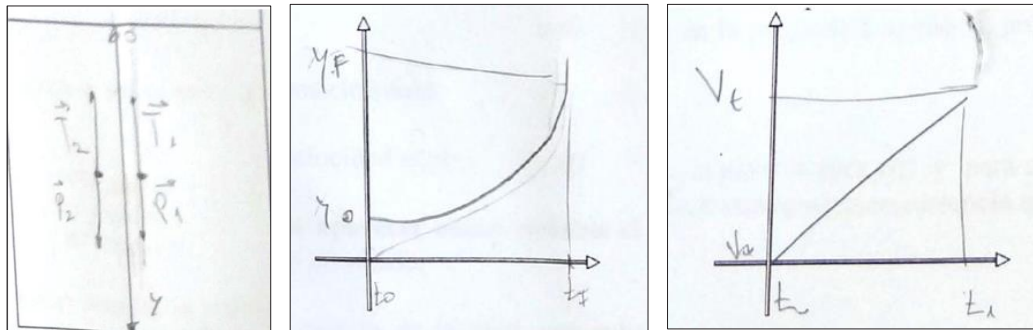


Figura 1. Diagrama y gráficas b y c propuestas

Para realizar la actividad 2, los estudiantes tienen que realizar y grabar el experimento, con ayuda de las cámaras acceden a un software donde se ingresan los datos y éste arroja una gráfica. El grupo tiene que predecir respecto a la aceleración de la masa y la aceleración de la gravedad, para posteriormente comparar con los datos que da el software (Figura 2). También las gráficas de la actividad anterior deben coincidir con las del software.

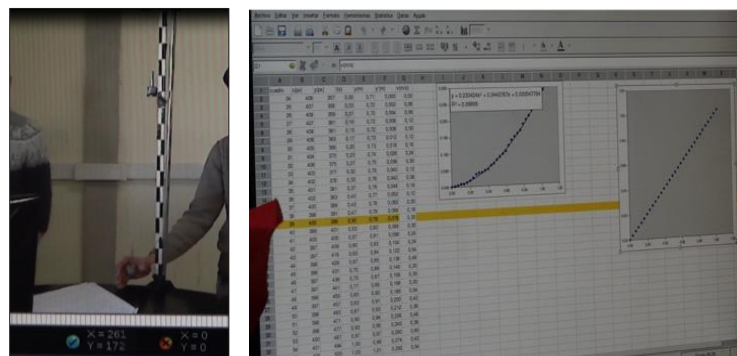


Figura 2. Grabando el experimento y usando el software

El desarrollo de las actividades 1 y 2, otorga un rol trascendente a la gráfica. Iniciar la actividad con el hecho de proponer una gráfica del fenómeno, no sólo ayuda a comprender cuales son las condiciones necesarias para que ocurra dicho fenómeno, además permite predecir. El profesor hace énfasis en el uso de la gráfica, tanto al inicio de la actividad como al momento de emplear el software, acentuando que la forma de ésta ayuda a reconocer errores ya sea en los datos o en la interpretación de éstos, la gráfica es un medio de análisis y argumentación. La mayoría de las gráficas propuestas (6 de 7 equipos), coinciden con las que ofrece el software.

■ Conclusiones

Algunas conclusiones obtenidas con los datos recopilados es que el caso estudiado deja en evidencia que en la disciplina de la Física el uso de la gráfica es fundamental, pues desempeña un rol predictivo, pero no es el único aporte a la disciplina.

Los datos obtenidos en la entrevista dan evidencia que existen dificultades relacionadas en los estudiantes con las variables al momento de graficar. Por otra parte, se reconoce que los estudiantes pueden comprender ciertos conceptos y, sin embargo, esto no implica que puedan relacionarlos con sus gráficas. Lo anterior coincide con lo mencionado por McDermott y otros (1987), Hale (2000) y Laverty y Kortemeyer (2012).

Otro aspecto relevante, es el énfasis que se da en la entrevista y en el laboratorio cuando se lleva a cabo un experimento, el cómo la gráfica ayuda a comprender de manera más clara el fenómeno estudiado. En el laboratorio se inicia con la elaboración de una gráfica que posteriormente se compara con la que arroja el software; dicha comparación muestra al profesor el grado de comprensión del fenómeno físico, pero al mismo tiempo ayuda a detectar errores en el análisis del mismo.

Las gráficas aportan a comprender fenómenos y dar sentido a distintos conceptos (matemáticos, físicos, entre otros); lo obtenido con el estudio de esta comunidad aporta elementos que evidencian la necesidad de resignificar el conocimiento matemático teniendo como objetivo rediseñar el discurso matemático escolar: las gráficas deben cambiar de estatus, deben ser atendidas con mayor profundidad en clase. Se reconoce que las gráficas en el aula reflejan los datos, pero no necesariamente la comprensión de ellos. Por lo tanto, al rediseñar el discurso matemático escolar se enfoca en que el conocimiento sea funcional y no utilitario.

■ Referencias Bibliográficas

- Cordero, F. (2013). Matemáticas y el Cotidiano. Diplomado Desarrollo de estrategias de aprendizaje para las matemáticas del bachillerato: la transversalidad curricular de las matemáticas Módulo III. Documento interno. Cinvestav –IPN.
- Cordero, F. (2016) Modelación, funcionalidad y multidisciplinaredad: el eslabón de la matemática y el cotidiano. En J. Arrieta y L. Díaz (Eds.). *Investigaciones latinoamericanas de modelación de la matemática educativa*. Barcelona. España: Editorial Gedisa.
- Cordero, F.; Gómez, K.; Silva-Crocci, H.; Soto, D. (2015). *El discurso matemático escolar: la adherencia, la exclusión y la opacidad*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Gómez, K. y Cordero, F. (2013). La institucionalidad, funcionalidad e historicidad. Elementos para el rediseño del discurso matemático escolar. En R. Flores (Ed.) *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 26, 1323-1330, México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.

- Hale, P. (2000). Kinematics and Graphs: Students' Difficulties and CBLs. *Connecting Research to Teaching*, 93(5), 414–418.
- Laverty, J., & Kortemeyer, G. (2012). Function plot response: A scalable system for teaching kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 80(8), 724-733.
- McDemortt, L., Rosenquits, M., & van Zee, E. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples for kinematic. *American Journal of Physics*, 55, 503-513. Mineduc (2012).
- Bases Curriculares Educación Básica. Chile, Santiago: ministerio de educación.
- Mineduc (2013). Bases Curriculares 7° básico a 2° medio. Chile, Santiago: ministerio de educación.
- Morales, A.; Mena, J.; Vera, F.; Rivera, R. (2012). El rol del tiempo en un proceso de modelación utilizando videos de experimentos físicos. *Revista Enseñanza de las Ciencias* 30(3), 237-256.
- Stake, R. (2007). *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage Publications.