

Las explicaciones de los estudiantes: análisis de las respuestas a un cuestionario sobre temas de mecánica

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Laura Chiabrando¹, Marisol Montino²

¹Proyecto UNGS 30/3177, Universidad Nacional de General Sarmiento,
J.M. Gutierrez 1150, CP1613, Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina.

²Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento,
J.M. Gutierrez 1150, CP1613, Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: lchiabrando@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta el análisis de las respuestas obtenidas con un cuestionario escrito realizado a estudiantes de nivel medio y superior, en el que se pide explicar el movimiento de objetos en distintas situaciones. Estudiar el tipo de explicaciones que construyen los estudiantes permitiría conocer un poco mejor cómo comprenden el mundo que los rodea. La metodología es cualitativa y exploratoria. Se propone clasificar las respuestas en las siguientes categorías: a) explicaciones que refieren a interacciones; b) explicaciones que refieren a propiedades del objeto y su relación con el entorno; c) explicaciones que refieren a propiedades del objeto. Se encuentra que este último tipo de explicación es la más utilizada, en especial por los estudiantes de nivel medio. Es interesante observar que esas explicaciones, que no hacen ninguna referencia a la interacción ni establecen alguna relación entre objeto y el medio, son las que más diferencias presentan con las explicaciones que se enseñan en mecánica newtoniana.

Palabras clave: Explicaciones, Mecánica, Aprendizaje, Nivel medio, Nivel superior.

Abstract

It presents the analysis of answers to a written questionnaire from students in middle and university level, in which is asked to explain the movement of objects in different situations. If it studies the kinds of explanations that build students it is possible know a little better how they understand the world around them. The methodology is qualitative and exploratory. It is proposed to classify the explanations in the following categories: a) refer to interactions; b) relate to properties of the object and its relationship with the environment; c) refer to object properties. It is found that the explanations relate to properties of the object is most often used, especially by middle school students. This type, which makes no reference to the interaction or between object and environment, is the most differences presented with explanations that are taught in mechanics.

Keywords: Explanations, Mechanics, Learning, Middle level, University level.

I. INTRODUCCIÓN

En un sentido amplio del término se puede considerar que explicar es responder una pregunta y el valor de la respuesta depende, en parte, del conocimiento y las expectativas de quien formula la pregunta (Gilbert et.al., 1998). Cuando se restringe esta idea a una explicación científica, la respuesta debe involucrar al menos una ley conocida que puede estar incluida -o no- dentro de una teoría (Klimovsky y Boido, 2007). Por otra parte, en el aula de ciencias, la explicación tiene un lugar central ya que está presente cada vez que se propone a los estudiantes comprender alguna situación a partir de un modelo que es enseñado.

Entonces, si la explicación es la respuesta a una pregunta, vale la pena reflexionar si las respuestas/explicaciones que esperamos enseñar en el aula responden a preguntas significativas para nuestros estudiantes (Dibar Ure y Perez, 2007).

Como señala Halbwachs (1985) la enseñanza de la Física es una práctica que está atravesada por tres planos: el de la "Física del físico", el de la "Física del profesor" y el de la "Física del alumno". En esta

línea es posible considerar que en el aula coexisten tres tipos de explicaciones de los fenómenos naturales:

- las científicas, son aquellas que se producen en el marco de una teoría validada por esta comunidad,
- las didácticas, son aquellas que los docentes producen como resultado de la trasposición didáctica,
- las individuales, son aquellas que los sujetos producen para comprender el mundo que los rodea.

En este trabajo se propone estudiar el tipo de explicaciones que utilizan los estudiantes, es decir las explicaciones individuales, independientemente de que sean correctas o incorrectas desde el punto de vista de la Física. Esto permitiría conocer un poco mejor las construcciones que los sujetos hacen para entender ciertos fenómenos cuya explicación se espera enseñar en el aula. Se asume que este tema podría ser de interés porque es a partir de estas construcciones que los estudiantes aprenden la Física que el docente enseña.

Se presenta el análisis de las respuestas que dieron cuatro grupos de estudiantes, de nivel medio y superior, a dos preguntas que formaron parte de un cuestionario escrito en el que se pide explicar por qué dos objetos casi idénticos tienen, ante una misma situación, un comportamiento diferente. Las situaciones presentadas pueden ser interpretadas desde la Física en el marco de la mecánica newtoniana.

II. CONCEPTUALIZACIONES SOBRE LA EXPLICACIÓN

Desde una perspectiva epistemológica hay acuerdo en considerar que una explicación científica consta al menos de una ley y un hecho conocido a partir de los cuales se deduce el hecho que queremos explicar (Boido et al., 1996; Bunge, 1978, Klimovsky y Boido, 2007). Como señala Klimovsky (2001), una explicación científica

“es aquella por medio de la cual se intenta, ante un enunciado verdadero, dar las razones que llevaron a que se produzca el hecho descrito por dicho enunciado. Ello se hará utilizando leyes y datos, pero, si se quiere explicar el hecho descrito por el enunciado, el hecho tiene que haber ocurrido: el enunciado debe ser verdadero. No se piden explicaciones de lo que es manifiestamente falso. Las explicaciones se piden no acerca de cosas sino de hechos o estados de cosas descritos por enunciados” (p. 246).

Por su parte, Flichman (2005) considera necesario reconocer ciertos prerequisites para estar en condiciones de explicar “el mundo”: en primer lugar el mundo debe ser potencialmente inteligible, al menos parcialmente y, en segundo lugar, debe existir algún ser autoconsciente capaz de comprender el mundo. Cumplidos estos requisitos, el autor sostiene que para que exista una explicación es necesario que haya orden, tanto en la entidad autoconsciente que pide la explicación como en el mundo; entendiéndose que el orden implica la existencia de cualquier tipo de estructura o regularidad (aún en el azar). En este marco, el autor sostiene que

“la explicación de ciertos hechos o procesos consiste en mostrar cómo se integra el explanandum, de manera coherente, en la red teórica de leyes y hechos que pretende expresar el orden del mundo” (p. 88).

En la historia de la Física, Halbwachs (1977) reconoce tres tipos de explicaciones que se han ido alternando a lo largo del tiempo:

- Explicaciones homogéneas: los cambios que ocurren en el sistema se comprenden a partir de una ley, no hay causa exterior. En este sentido es monista, es descriptiva y responde al “cómo”. Un ejemplo de este tipo de explicación es la caída de los cuerpos enunciada por Galileo; otro caso se encuentra en la concepción de campo gravitacional al que refiere Einstein en el marco de la teoría de la relatividad.
- Explicaciones heterogéneas: para comprender el cambio de un sistema es necesaria la referencia de un agente causal, externo. En este sentido es dualista y responde al “por qué”. Este tipo de explicaciones son las que se construyen dentro de la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética desarrollada por Maxwell.
- Explicaciones batígenas: para comprender la evolución de un sistema se apela al análisis de un sistema que se ubicaría en otro nivel porque se contempla un número mayor de variables que las consideradas en el sistema original. Es el caso de la teoría cinética para explicar el comportamiento macroscópico de un gas.

En relación a estos tipos de explicaciones, Halbwachs (1977) afirma que se puede encontrar

“(…) una cierta oscilación entre la explicación heterogénea y la explicación homogénea, oscilación que refleja la antinomia de la metafísica clásica remitida sin cesar del monismo al dualismo y del dualismo al monismo” (p.80).

Cárdenas y Ragout de Lozano (1996) utilizan esta tipología para analizar las explicaciones sobre procesos termodinámicos dadas por los estudiantes. En el marco de la psicología genética las explicaciones legales y causales que construyen los sujetos (Dibar et al, 1994) se podrían comparar con las de Halbwachs (1977): las explicaciones legales, como las homogéneas, establecen regularidades entre observables; mientras que las explicaciones causales, como las heterogéneas, hacen referencia a una acción no observable.

Para analizar las construcciones que hacen los sujetos en el intento de comprender situaciones que ocurren en su vida cotidiana es necesario considerar una definición más amplia de explicación. Gilbert et.al. (1998) asumen que una explicación es la respuesta a una pregunta específica. Por esto, los autores señalan que una explicación resulta adecuada en la medida que se adapte a las expectativas y los conocimientos de quien formula esa pregunta; mientras que una respuesta inadecuada (aquella que no explica) no responde a la pregunta que se formula. En este sentido, Concari (2001) señala que los docentes debemos considerar si las explicaciones que se enseñan en una clase de ciencias son adecuadas (o más adecuadas que otras) para los estudiantes.

En esta línea, Gilbert et.al. (1998) reconocen tipos de explicaciones de acuerdo a la pregunta que guía la investigación científica. Según consideran, una explicación puede ser: intencional (¿cuál es el problema?), descriptiva (¿cómo se comporta?), interpretativa (¿de qué forma se comporta?), causal (¿por qué se comporta así?), predictiva (¿qué sucedería en otras condiciones?). Considerando estas preguntas, Concari (2001) sostiene las explicaciones más frecuentes en el aula son las explicaciones descriptivas.

A su vez, es necesario reconocer que las explicaciones se basan en un modelo de la “realidad” que se espera comprender. Este modelo define, en parte, la medida en la que una explicación resulta adecuada (Gilbert et.al., 1998). Es por eso que resulta interesante destacar que, según Halbwachs (1977), el modelo subyacente restringe las representaciones posibles y el tipo de explicación utilizada.

III. MARCO METODOLÓGICO

La metodología utilizada es cualitativa y exploratoria. Se trabaja con datos descriptivos para construir esquemas conceptuales o categorías a partir de los mismos (Taylor y Bogdan, 1996). Yuni y Urbano (2003) destacan que, para este enfoque, el lugar de la empiria es la generación de teoría ya que el objetivo es construir categorías y proposiciones a partir de los datos.

Se presenta el análisis inicial de las respuestas obtenidas con un cuestionario escrito realizado de manera individual y anónima a estudiantes de nivel medio y superior. La muestra está constituida por:

- Grupo 1 (edad aproximada, 12-13 años): 31 estudiantes de primer año que asisten a una escuela media de gestión privada en Gran Buenos Aires, los que no estudiaron contenidos de mecánica en su trayectoria escolar.
- Grupo 2 (15-16 años): 12 estudiantes de tercer año que asisten a una escuela media de gestión estatal en Ciudad Autónoma de Buenos Aires, quienes estaban aprendiendo cinemática de la partícula para movimientos rectilíneos en su primera materia de Física.
- Grupo 3 (16-17 años): 26 estudiantes de quinto año que asisten a una escuela media de gestión privada en Gran Buenos Aires, los que han estudiado la noción de interacción y campo en forma conceptual.
- Grupo 4 (más de 19 años): 37 estudiantes que cursan la primera física de la carrera de ingeniería en una universidad de gestión estatal en Gran Buenos Aires, asignatura en la que se enseña mecánica del modelo de partícula.

En el cuestionario se presentan las siguientes cuatro situaciones y se pide a los estudiantes que escriban la explicación de lo que ocurre:

Situación 1. Tenés dos hojas de papel iguales, una en cada mano. Abollás una de las hojas hasta convertirla en una pelotita y luego soltás las dos al mismo tiempo. La hoja abollada llega antes al piso que la hoja sin abollar. ¿Cómo explicás la diferencia que se observa?

Situación 2. Tenés en una mano un globo inflado con aire y en la otra mano un globo inflado con helio. Si los soltás, el globo con aire se cae y el globo con helio se eleva. ¿Cómo explicás la diferencia que se observa?

Situación 3. Tenés una botella vacía acostada sobre una bandeja que está apoyada sobre la mesa. Ponés otra botella igual parada al lado. Si empujás la bandeja, la botella que está acostada se mueve junto con la bandeja y la otra se cae. ¿Cómo explicás la diferencia que se observa?

Situación 4. Tenés dos pelotitas de plastilina. Ahuecás una de las pelotitas hasta convertirla en una canasta y luego colocás la pelotita y la canasta de plastilina en un recipiente con agua. La pelotita de plastilina se hunde y la canasta de plastilina flota. ¿Cómo explicás la diferencia que se observa?

En el cuestionario, cada una de estas descripciones está representada con las imágenes que se muestran en la Figura I.

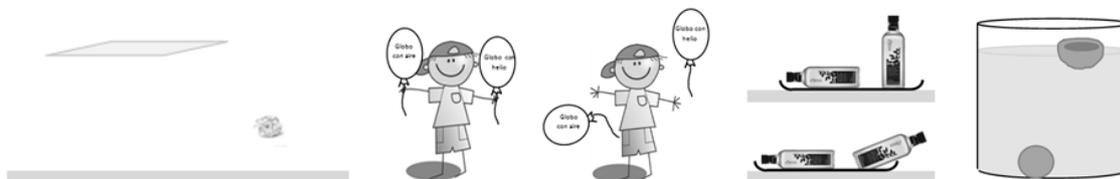


FIGURA 1. Estas imágenes representan a cada una de las situaciones que se plantean en el cuestionario.

Como puede observarse, en las situaciones presentadas se describe el comportamiento de dos objetos similares (la diferencia está dada sólo en una característica) que tienen un comportamiento diferente frente a las mismas condiciones iniciales. Se seleccionaron situaciones que, en principio, pudieran asociarse a un referente directo en la vida cotidiana.

Es importante destacar que la explicación completa para comprender lo que ocurre en cada situación involucra interacciones y alguna propiedad de los objetos que no se considera relevante en el modelo de partícula; por lo tanto no pueden ser explicadas solamente con el primer modelo que se enseña.

Intencionalmente la descripción de la situación incluye de manera explícita lo que ocurre con cada uno de los objetos para evitar que la explicación esté basada en una predicción incorrecta. Si las situaciones no generan en los estudiantes la necesidad de ser explicadas, este cuestionario puede contestarse de manera directa haciendo solo referencia a la diferencia explícita entre los objetos (forma de la hoja, contenido del globo, orientación de la botella, forma de la plastilina) que se menciona en cada enunciado.

Por otro lado, las cuatro situaciones se pueden explicar utilizando la mecánica newtoniana, a pesar de que parezcan corresponderse a temas diferentes porque suelen estar asociadas a distintas unidades en los programas educativos o en los libros escolares.

En este trabajo se presenta una primera mirada de las respuestas a las dos primeras situaciones. El análisis de datos cualitativos es un proceso cíclico, relativamente sistemático que básicamente consta de la selección, comparación, síntesis e interpretación de los datos para construir categorías o modelos conceptuales. Así, el análisis inductivo da lugar a una síntesis descriptiva de los datos que determina tipologías, conceptos y/o proposiciones teóricas, más abstractas (Hopkins et.al., 1989). McMillan y Schumacher (2005) señalan que la principal herramienta para el análisis de datos es comparar y contrastar. Según estos autores, siguiendo la técnica analítica de comparación constante, este proceso consiste en tener una visión de conjunto de los datos, identificar segmentos significativos para agrupar datos, así como reconocer similitudes y diferencias que permitan determinar características distintivas de los temas emergentes.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el interés puesto en analizar el tipo de explicaciones (no si el contenido es correcto o incorrecto para la Física) fue posible, luego de sucesivas categorizaciones, clasificar las respuestas de las cuatro situaciones presentadas en las siguientes categorías:

A. Explicaciones que refieren a interacciones.

Estas explicaciones mencionan, de forma más o menos explícita, la interacción entre el objeto y su entorno. Dentro de este grupo se puede distinguir entre:

A.1. Explicaciones que involucran interacciones y se menciona en forma explícita a una propiedad del objeto que es considerada como relevante.

- *La hoja abollada llega antes al piso porque el aire la frena menos que a la hoja lisa. O sea, la hoja lisa choca más con el aire que la frena y por eso cae lentamente, aunque pesen lo mismo va a caer primero la abollada* (Situación 1 - Grupo 3, C.3)

- *La abollada tiene menor superficie por lo tanto menos rozamiento con el aire. Si se haría lo mismo en el vacío ambas caerían al mismo tiempo* (Situación 1 - Grupo 4, C.1)

- *El globo inflado con helio flota porque, los átomos de helio son más livianos que los que se encuentran en el aire normalmente y como el globo inflado con aire aparte de este también cuenta con el peso del globo cae al suelo* (Situación 2 - Grupo 3, C.6)

A.2. Explicaciones en las que sólo se hace referencia a interacciones.

- *La diferencia es debido al rozamiento con el aire* (Situación 1 - Grupo 4, C.30)

- *Es porque el aire tiene oxígeno, N_2 , otros gases que son más pesados que el gas de He por eso el empuje del aire de la atmósfera lo eleva para arriba* (Situación 2 - Grupo 4, C.18)

- *El helio es menos denso que el aire por lo tanto es empujado hacia arriba* (Situación 2 - Grupo 4, C.1)

B. Explicaciones que refieren a propiedades del objeto y al medio.

En algunos casos la explicación se basa en la comparación de una propiedad del objeto y su relación con la del medio. En otros, la explicación se basa en una propiedad del objeto a la vez que se menciona la influencia del medio como un aspecto relevante, aunque no se explicita interacción.

- *Que la hoja sin abollada [abollar] es más lenta porque tiene menos peso y al ser tan fina y es fácil que las corrientes de aire la atrasen. Y que la hoja abollada tiene más peso al estar doblado (es mucho más propenso a la gravedad)* (Situación 1 - Grupo 1, C.5)

- *La diferencia es que el aire condensado en el globo es pesado, en cambio el helio es mucho menos pesado ya que la densidad que tiene es menor que la del aire, esto provoca elevarlo a una densidad acorde con él* (Situación 2 - Grupo 3, C.1)

- *La densidad del globo con aire es mayor a la del aire, por lo tanto se “hunde”. La densidad el globo con helio es menor a la del aire por lo tanto “flota”* (Situación 2 - Grupo 4, C.14)

C. Explicaciones que refieren a propiedades del objeto.

En este tipo de explicaciones se hace referencia únicamente a propiedades del objeto.

- *La pelota de papel abollada cae más rápido porque al abollarla su masa aumenta, por lo tanto su peso también* (Situación 1 - Grupo 2, C.7)

- *El globo con helio flota porque no tiene peso, en vez el globo con aire tiene peso* (Situación 2 - Grupo 1, C.5)

- *Se explica debido a la densidad de ambos gases que están dentro de los globos, el helio es más “liviano” y por eso flota en cambio el aire es una combinación de muchos gases entonces es más “pesado” y se “cae”. Pero es debido a las densidades* (Situación 2 - Grupo 4, C.29)

D. No explica.

Se considera que estas respuestas no responden a la pregunta porque sólo describen el comportamiento de los objetos o porque hacen referencia únicamente a la diferencia evidente entre ambos objetos.

- *No, la pelota abollada va a llegar más rápido porque cuando está abollada más rápido baja y la que está sin abollar va a caer lentamente* (Situación 1 - Grupo 1, C.14)

- *La diferencia es que el aire y el helio son sustancias distintas por eso es que el helio tiende a elevarse más.* (Situación 2 - Grupo 3, C.8)

E. No responde.

En aquellos casos en los que no hay ninguna respuesta escrita o que se indica “No sé”

En cierta forma, estas categorías pueden ser comparadas con las que utiliza Halbwachs (1985) para describir el tipo de explicaciones a lo largo de la historia de la Física:

- En las explicaciones de tipo A y B, como en la explicación heterogénea, el entorno del objeto resulta indispensable para dar cuenta de lo que se observa en la situación que se describe.

- Las explicaciones de tipo C describen el comportamiento a partir de ciertas propiedades del objeto y, como en la explicación homogénea, no hay causa externa.

Es importante señalar que esta relación no es estricta porque la explicación científica se basa en leyes que fueron validadas mientras que las explicaciones que se analizan en este trabajo están construidas a partir de ideas, muchas veces implícitas, de los sujetos.

Por otro lado, la diferencia entre las explicaciones de tipo A y B es la forma en la que entra en juego el objeto y su entorno. En las explicaciones de tipo A aparece la idea (más o menos implícita) de interacción, coincidiendo de alguna forma con el tipo de explicación que se construye en el marco de la mecánica newtoniana. Las explicaciones tipo B, en cambio, establecen comparaciones entre las propiedades del medio y del objeto (por ejemplo, cuando se compara la densidad del helio con la del medio en el que el globo está inmerso). Si bien esta explicación es correcta, no es suficiente para explicar la situación que se presenta y guardan cierto parecido a una *regla tecnológica* ya que parece ser un enunciado normativo y que, desde el punto de vista científico, es una conclusión que se obtiene al analizar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (Cupani, 2006).

A continuación, en las Tablas I y II, se presenta la cantidad de explicaciones de cada tipo que se encuentran en los cuatro grupos que formaron la muestra. Es necesario señalar que se indica el porcentaje para poder comparar a los grupos entre sí.

TABLA I. Porcentaje del tipo de explicación, en cada grupo, para la situación 1.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
A.1	0 %	8 %	20 %	46 %
A.2	0 %	18 %	16 %	16 %
B	23 %	8 %	0 %	3 %
C	71 %	50 %	58 %	35 %
No explica	6 %	8 %	8 %	0 %
No responde	0 %	8	0 %	0 %

TABLA II. Porcentaje del tipo de explicación, en cada grupo, para la situación 2.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
A.1	0 %	0 %	4%	3%
A.2	0 %	0 %	0 %	8%
B	3 %	8 %	12 %	24 %
C	77 %	84 %	54 %	65 %
No explica	7 %	8 %	26 %	0 %
No responde	13 %	0 %	4 %	0 %

Analizando las respuestas obtenidas en cada grupo, se puede observar que la cantidad de explicaciones que hacen referencia a interacciones (tipo A) aumenta en los grupos de mayor edad, mientras que el número de explicaciones que hacen referencia a propiedades del objeto (tipo C) disminuye con la edad de los estudiantes.

En relación a las respuestas obtenidas en cada situación, cabe destacar que en la situación 1 se encuentra un mayor número de explicaciones que hacen referencia a la interacción. En la situación 2, en cambio, la mayoría de explicaciones hacen referencia a propiedades del objeto. Esta diferencia en las respuestas es mucho más evidente en los estudiantes más grandes (Grupos 3 y 4).

V. COMENTARIOS FINALES

En las respuestas analizadas se encuentra que el grupo de menor edad, en su mayoría, ha explicado las situaciones a partir de propiedades del objeto. En particular, en la situación 1 muchas respuestas hacen referencia al peso como una propiedad del objeto. Considerando que los modelos restringen las representaciones o explicaciones del mundo (Gilbert et.al., 1998), podría ser interesante continuar indagando cuáles son los modelos, implícitos, que tienen los sujetos y posibilitan este tipo de explicaciones.

Si bien no es el objetivo de este trabajo indagar nociones alternativas, cabe señalar que las respuestas que mencionan sólo propiedades de los objetos, en general, se basan en la idea según la cual la caída de un cuerpos depende de su peso (Dibar Ure y Pérez, 2007).

En relación a la gran cantidad de explicaciones tipo C que se observan en todos los grupos, para ambas situaciones, es interesante notar que es el tipo de explicación que presenta más diferencias en relación a las explicaciones científicas que se enseñan en el aula. En particular cuando se presenta la

mecánica newtoniana que concibe al cambio en el estado de movimiento como resultado de una interacción.

A su vez, hay que destacar que algunos estudiantes del grupo 3 y 4 (quienes han cursado alguna Física) explican la situación 1 haciendo referencia a interacciones. Probablemente esto podría estar indicando que las explicaciones que se enseñan en el aula resultan significativas (o respuestas adecuadas) para una parte de los estudiantes en relación con ese tipo de situaciones.

Finalmente, cabe mencionar que la mayoría de los estudiantes propone una explicación que no es la respuesta obvia mencionada en el enunciado de cada una de estas situaciones, lo que podría indicar que consideran válidas este tipo de preguntas en los contextos propuestos. Cabe preguntarse, entonces, de qué forma la enseñanza puede presentar a estas repuestas/explicaciones como las más adecuadas para las preguntas que son significativas a los estudiantes.

Se propone continuar indagando el tipo de explicaciones que utilizan los estudiantes. Por un lado, profundizar el alcance de las explicaciones realizando entrevistas o cuestionarios en los que, además de comparar el comportamiento de dos objetos similares, se pida a los sujetos que hagan predicciones sobre fenómenos similares. Por otro, diseñar situaciones que permitan estudiar las explicaciones en otros campos de la Física para poder analizar si el tema abordado condiciona el tipo de explicación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dr. María Celia Dibar Ure y a la Mg. Silvia Margarita Pérez por sus ideas, consejos y recomendaciones para avanzar con nuestras inquietudes.

REFERENCIAS

Boido, G., Flichman, E. y Yague, J. (1996). *Pensamiento científico. Parte 1*. Buenos Aires: ProCiencia, CONICET.

Bunge, M. (1978). *La ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo Veinte.

Cárdenas, M. y Ragout de Lozano, S. (1996). Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: una propuesta didáctica. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (3), pp. 343-349.

Concari, S.B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7 (1), pp. 85-94.

Cupani, A. (2006). La peculiaridad del conocimiento tecnológico. *Scientiae studia*, 4(3), pp. 353-371.

Dibar, M.C., Speltini, C., Pozzo, R., Toledo, B., Utges, G., Otero, R., Figueroa, A.M., Baade, N.; Katz, V., Krappas, S. y Escudero, C. (1994). Nociones alternativas, legalidad y causalidad: una discusión. *Revista Enseñanza de la Física*, 7 (2), pp. 16-21.

Dibar Ure, M.C. y Pérez, S.M. (2007). Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: algunos resultados de investigación desde un marco teórico neuroconstructivista. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20 (1 y 2), pp. 33-39.

Flichman, E.H. (2005). Causas, leyes naturales y explicaciones científicas. *Enrahonar*, 37, pp. 85-97.

Gilbert, J.K., Boulter, C. y Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20 (1), pp. 83-97.

Halbwachs, F. (1985). La física del profesor entre la física del físico y la física del alumno. *Revista de enseñanza de la física*, 1 (2), pp. 77-89.

Halbwachs, F. (1977). Historia de la explicación en física. En Piaget, J. *La explicación en las ciencias*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca

Hopkins, D., Bollington, R. y Hewett, D. (1989). Growing up with qualitative research and evaluation. *Evaluation and research in education*, 3 (2), pp. 61-80.

Klimovsky, G. y Boido, G. (2007). ¿Qué es una explicación científica? Primera parte. *Exactamente*, 37, p. 9.

Klimovsky, G. (2001). *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires: A-Z editora.

McMillan, J.H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación Educativa*. (5° edición). Madrid: Pearson Educación.

Taylor, S.J. y Bogdan, R. (1996). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* (3° reimpresión). Barcelona: Paidós.

Yuni, J.A. y Urbano, C.A. (2003). *Técnicas para investigar y formular proyectos de investigación*. Córdoba. Brujas.