

Estudio de las propiedades que utilizan estudiantes de nivel medio para explicar situaciones de mecánica

Study of properties used by students to explain mechanics situations

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Laura Chiabrando¹ y Marisol Montino²

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

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

E-mail: marisol.montino@gmail.com

Resumen

Se estudian las propiedades que un grupo de estudiantes de 13 a 16 años asignan a los objetos para explicar su movimiento en ciertas situaciones. Este análisis se realiza a partir de las respuestas obtenidas con un cuestionario escrito, individual y anónimo. En el cuestionario se describen dos objetos similares que se comportan diferente frente a las mismas condiciones iniciales. La metodología es cualitativa y exploratoria. Se encuentra que el peso es utilizado por la mayoría de los estudiantes para explicar movimientos verticales; tanto para explicar diferencias en el tiempo de caída de los objetos como para justificar que un objeto sube mientras que otro baja. En estas últimas situaciones, en las que un objeto flota y otro se hunde, la densidad también es citada cuando se trata de gases mientras que la oquedad se menciona cuando el estado de agregación es otro.

Palabras clave: Explicaciones; Propiedades; Mecánica; Aprendizaje; Nivel medio.

Abstract

This is a study of objects properties used to explain their movement in mechanics situations by students from 13 to 16 years old. This is an analysis of the responses in a written, individual and anonymous questionnaire, where two similar objects are described in the same initial conditions whose movement is different. The methodology is qualitative and exploratory. It is found that weight is mentioned by most students to explain vertical movements. This is used to explain differences in time of falling objects and to explain why an object is going up or down. The latter situations, where an object floats or sinks, the responses relate to density when the situation is about a gas. If is not a gas, explanations are based in the air into the hollow.

Keywords: Explanations; Properties; Mechanics; Learning; High school.

I. INTRODUCCIÓN

En las clases de ciencias la explicación posee un lugar de relevancia central dado que está presente siempre que se propone a los estudiantes comprender alguna situación a partir de un modelo que es enseñado. Como señalan Coleoni et al. (2009) son las explicaciones las que sustentan la validez de las afirmaciones y los resultados que se observan.

En este trabajo se considera que explicar es, en un sentido amplio del término, responder una pregunta. Por lo tanto, la respuesta resulta ser una explicación adecuada en la medida que se adapte a las expectativas y los conocimientos de quien formula esa pregunta (Gilbert et al., 1998). Es necesario reconocer que para estar en condiciones de explicar “el mundo” se deben cumplir dos requisitos: el mundo debe ser potencialmente inteligible y debe existir un sujeto capaz de comprenderlo (Flichman, 2005). Este es un marco general para analizar los tres tipos de explicación que coexisten en un aula de Física: la científica, la didáctica y la individual. En particular se propone estudiar las explicaciones individuales, aquellas que producen los estudiantes, considerando que éstas están restringidas por algún modelo subyacente (Halbwachs, 1985). El objetivo es conocer con mayor profundidad qué tipo de construcciones pueden generar los sujetos para entender ciertos fenómenos de Física, cuya explicación se enmarca dentro de los conteni-

dos contemplados en los diseños curriculares de la escuela media. El interés del tema radica en que es a partir de esas construcciones propias que los estudiantes aprenden la Física que el docente enseña.

En un artículo anterior (Chiabrando y Montino, 2015) se analizó el tipo de explicaciones que dieron estudiantes de nivel medio y superior a un cuestionario de mecánica. Las categorías surgieron de los datos sin considerar si el contenido de la respuesta era correcto o incorrecto para la Física. Se encontraron tres tipos de respuestas: 1) explicaciones que refieren a interacciones, 2) explicaciones que refieren a propiedades del objeto y su relación con el entorno, 3) explicaciones que refieren únicamente a propiedades del objeto. Los resultados mostraron que este último tipo de explicación es la más utilizada, siendo mayor el porcentaje entre los estudiantes más jóvenes.

Se puede establecer una analogía entre estas categorías y las que utiliza Halbwachs (1977) para describir las explicaciones a lo largo de la historia de la Física: homogénea, heterogénea y batígena. En las explicaciones de tipo 1 y 2, 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 3 describen el comportamiento a partir de ciertas propiedades del objeto y, como en la explicación homogénea, no hay causa externa.

En las explicaciones de tipo 1 aparece la idea (más o menos implícita) de interacción, este tipo de explicaciones son las que más se asemejan a las de la mecánica. En las explicaciones tipo 2 se comparan propiedades del medio y del objeto, mostrando cierta similitud 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). Las explicaciones tipo 3, al no relacionar al objeto con su entorno, son las que más diferencias presentan con las que se enseñan en mecánica.

Los estudiantes que utilizan explicaciones tipo 2 y 3 podrían tener alguna idea de interacción pero la respuesta por propiedades parece ser suficiente. Es por esto que se propone profundizar el alcance de las explicaciones realizando entrevistas semiestructuradas con material que reproduzca las situaciones planteadas en el cuestionario.

Durante el armado del guión de la entrevista surgió la necesidad de revisar el cuestionario y realizar una nueva toma de datos. El análisis de estos resultados permitirá formular posibles repreguntas durante la entrevista en función de aquellas propiedades que los estudiantes consideran relevantes en cada situación. En este trabajo se realiza una descripción de las propiedades utilizadas por un grupo de estudiantes de 13 a 16 años.

II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El estudio que se presenta es cualitativo porque se trabaja con datos descriptivos a partir de una lógica inductiva, por lo tanto los esquemas conceptuales se construyen a partir de los datos obtenidos. Es una investigación exploratoria porque no hay categorías definidas a priori (Taylor y Bogdan, 1996).

Se confeccionó un cuestionario escrito en el que se presentan las siguientes situaciones acompañadas de imágenes y se pregunta en cada una “¿cómo explicás la diferencia que se observa?”. Las situaciones fueron las siguientes:

Hojas: 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.

Globos: 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.

Botellas: Tenés dos botellas de 1 litro sobre una bandeja que está apoyada en una mesa. Si empujás la bandeja, la botella más alta se cae y la otra no.

Plastilinas: 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.

Cada situación describe el movimiento de dos objetos similares (la diferencia está dada sólo en una de sus características) que tienen un comportamiento diferente frente a las mismas condiciones iniciales. Intencionalmente la descripción incluye de manera explícita lo que ocurre con cada uno de los objetos para evitar que la explicación esté basada en una predicción incorrecta. En las cuatro situaciones la explicación completa involucra interacciones, que es el concepto central que las unifica, pero también cada una requiere considerar alguna propiedad de los objetos que no es relevante en el modelo de partícula, tal como la distribución de masa o la densidad.

Se seleccionaron situaciones que tuvieran un referente directo en la vida cotidiana de los estudiantes. Se consideró que, tal vez, describir el comportamiento de objetos que son familiares podría facilitar a los

estudiantes la producción de una explicación. Por otra parte, esto permite replicar las situaciones con material concreto en la entrevista.

El cuestionario fue tomado en forma individual y anónima a estudiantes de nivel medio. La muestra está constituida por:

Grupo 1 (13-14 años): 20 estudiantes de segundo año que asisten a una escuela media de gestión privada en Gran Buenos Aires.

Grupo 2 (15-16 años): 20 estudiantes de tercer año que asisten a una escuela media de gestión estatal en Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

El análisis de los datos es un proceso cíclico, cuya principal herramienta es la selección de segmentos significativos que son comparados y contrastados para sintetizar y organizar la información (Hopkins et al., 1989). Por lo que en este trabajo las categorías surgen al agrupar las respuestas en función de las propiedades que mencionan los estudiantes en los cuestionarios.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En primer lugar, se clasificaron las respuestas de los estudiantes según la categorización utilizada en Chiabrand y Montino (2015), a saber:

Tipo 1. Explicaciones que refieren a interacciones: estas explicaciones mencionan, de forma más o menos explícita, la interacción entre el objeto y su entorno.

Tipo 2. Explicaciones que refieren a propiedades del objeto y su relación con el entorno: 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 y a la vez que se menciona la influencia del medio como un aspecto relevante, aunque no se explicita interacción.

Tipo 3. Explicaciones que refieren únicamente a propiedades del objeto: estas explicaciones describen el comportamiento de los objetos haciendo referencia sólo a propiedades de los mismos.

Cabe aclarar que se utiliza el término propiedad también para designar pseudo-propiedades, es decir aquellos conceptos o magnitudes que los estudiantes atribuyen como propiedades a los objetos a pesar de no ser considerados así en la Física; por ejemplo el peso de los cuerpos.

En la tabla I se presenta la cantidad de estudiantes que utilizaron cada tipo de explicación en las cuatro situaciones.

TABLA I. Cantidad de estudiantes que utilizaron cada tipo de explicación para las cuatro situaciones.

<i>Situación \ Tipo de explicación</i>	<i>Tipo 1</i>	<i>Tipo 2</i>	<i>Tipo 3</i>	<i>No contesta</i>
<i>Hojas</i>	15	1	21	3
<i>Globos</i>	1	13	15	11
<i>Botellas</i>	2	0	29	9
<i>Plastilinas</i>	0	0	22	18

Se observa que, en coincidencia con los datos analizados previamente, la mayoría de los estudiantes dan explicaciones que refieren a propiedades del objeto (explicaciones tipo 2 y 3).

La situación “Hojas” es la que posibilita a un mayor número de estudiantes producir una explicación. Además es en la que se encuentran más explicaciones de tipo 1, siendo éstas las más cercanas al tipo de explicación que se construye en el aula desde la mecánica newtoniana.

La situación “Plastilinas” es en la que menos respuestas se obtuvieron, esto podría deberse a la ubicación dentro del cuestionario o a alguna dificultad intrínseca de la situación propuesta.

Para estudiar las propiedades que los estudiantes consideran relevantes al formular las explicaciones se trabaja únicamente con las respuestas tipo 2 y 3. En la tabla II se indica la cantidad de cuestionarios analizados en cada situación.

TABLA II. Cantidad de respuestas analizadas (tipo 2 y 3) para las cuatro situaciones.

<i>Situación</i>	<i>Cantidad de respuestas</i>
<i>Hojas</i>	22
<i>Globos</i>	28
<i>Botellas</i>	29
<i>Plastilinas</i>	22

Es necesario indicar que algunos estudiantes mencionan más de una propiedad para explicar el comportamiento de los objetos, estas respuestas fueron contabilizadas en más de una categoría. Si bien no forma parte del objetivo del presente trabajo analizar cuestiones referidas a las nociones alternativas involucradas en las situaciones planteadas, resulta inevitable considerarlas al analizar las respuestas de los estudiantes. Para ello se utilizan algunas recopilaciones recientes de las concepciones de los estudiantes sobre movimiento, fuerza y caída de los cuerpos (Carrascosa Alís, 2014 y Mora y Herrera, 2009). A continuación se analizan las propiedades de los objetos mencionadas en las respuestas que dieron los estudiantes en cada situación.

A. Situación: “Hojas”

Las propiedades que aparecieron en las respuestas de los estudiantes para explicar el comportamiento de las hojas de papel son:

Peso: 15 estudiantes indican que la hoja abollada cae primero porque es más pesada y/o que la no abollada baja más lento porque es más liviana. “*Sí cae antes, porque el papel que está abollado tiene más peso y la hoja que no está abollada va a tener menor peso*” (Grupo 1 - C. 18).

Concentración: 9 respuestas señalan que la hoja abollada cae primero porque las partículas se concentran. En algunos casos se menciona sólo esa propiedad y en otros se asocia con un aumento de peso o de volumen de la hoja abollada. “*La hoja abollada está más concentrada y por eso cae más rápido*” (Grupo 2 - C.3). “*Porque en la hoja abollada es más pesada porque se comprime toda la hoja en un solo punto*” (Grupo 1 - C.11).

Aerodinámica: 2 estudiantes hacen referencia a la forma que tienen las hojas para explicar lo que sucede, la hoja abollada es más aerodinámica y/o la no abollada se frena por el aire. “*La hoja abollada ofrece menos resistencia que la hoja sin abollar*” (Grupo 2 - C.14).

En la tabla III se indica la cantidad de respuestas que hacen referencia a alguna propiedad.

TABLA III. Cantidad de respuestas que mencionan propiedades en situación “Hojas”

<i>Peso</i>	<i>Concentración</i>	<i>Aerodinámica</i>
15	9	2

Se puede observar que en más de la mitad de las respuestas analizadas se considera que el peso es una propiedad relevante para explicar la diferencia en el tiempo de caída de las hojas. Carrascosa Alís (2014) interpreta que éste es un error conceptual que se comete porque los estudiantes tienen la noción alternativa de que la fuerza es la causa del movimiento; por lo tanto, si un cuerpo pesa más debe llegar antes al suelo. Sin embargo, en este caso no pareciera que los estudiantes estén relacionando el peso del cuerpo con una fuerza sino con una propiedad del cuerpo ya que muchas respuestas hacen referencia a la pesadez o liviandad de los objetos. Por otra parte, es necesario notar que las hojas tienen el mismo peso y sólo cambia su forma. Estas respuestas indican que la idea de peso que se menciona no tiene relación con la masa o interacción gravitatoria. Como señalan Mora y Herrera (2009) los estudiantes consideran que no hace falta ninguna fuerza para que los objetos caigan ya que siempre se van para abajo, pero sí parece ser necesario explicar la diferencia en los tiempos de caída.

Muchos estudiantes consideran que la hoja abollada cae más rápido porque las partículas están “más juntas”. En algunos casos esta concentración se relaciona explícitamente con el aumento de peso, lo que podría asociarse con una idea intuitiva de densidad.

Por último es necesario indicar que son pocas las respuestas analizadas que hacen referencia a la forma más o menos aerodinámica de las hojas. Muchos estudiantes encuestados hacen referencia a esta propiedad pero la mayoría de ellos indican alguna interacción con el aire y quedan fuera del análisis por ser explicaciones tipo 1 (tabla I).

B. Situación: “Globos”

Las propiedades que aparecieron en las respuestas de los estudiantes para explicar el comportamiento de los globos de helio y aire son:

Peso: 16 estudiantes hacen referencia al peso de los globos para explicar la situación presentada. Es necesario distinguir dos casos:

- a. 14 estudiantes consideran que el helio es más liviano y/o el aire más pesado. *“El globo con aire se cae porque pesa más que el globo con helio”* (Grupo 1 - C.16).
- b. 2 estudiantes señalan que el helio es más pesado y/o el aire es más liviano. *“El globo con helio se eleva porque tiene más densidad y el globo con aire cae porque el aire es más liviano”* (Grupo 2 - C.8).

Densidad: 13 estudiantes mencionan esta propiedad explícitamente en sus respuestas. Como en la categoría anterior, se encuentran dos casos:

- a. 6 estudiantes responden que el helio es menos denso y/o el aire más denso. *“El helio es menos denso y puede flotar fácilmente”* (Grupo 1 - C.14).
- b. 7 estudiantes consideran que el helio es más denso y/o el aire menos denso. *“Porque el globo con helio es más denso que el globo con aire”* (Grupo 1 - C.20).

Fuerza: 1 estudiantes utiliza la fuerza como una propiedad del helio que le permite ascender. *“El globo de helio se va para arriba porque es más fuerte y el aire del otro globo no hace esfuerzo”* (Grupo 1 - C.10).

En la tabla IV se indica la cantidad de respuestas que hacen referencia a alguna propiedad.

TABLA IV. Cantidad de respuestas que mencionan propiedades en situación “Globos”

<i>Peso</i>	<i>Densidad</i>	<i>Fuerza</i>
<i>16</i>	<i>13</i>	<i>1</i>

En esta situación, como en la anterior, el peso es la propiedad que se menciona en más de la mitad de las respuestas analizadas. En el caso de los globos el peso se utiliza para explicar por qué uno cae y el otro sube. Es decir, en esta situación el objeto más liviano se eleva. Es posible que esta idea esté asociada a la noción de que como el helio es un gas entonces “no pesa” y por eso asciende (Carrascosa Alis, 2014).

La densidad es una propiedad que se menciona en forma explícita. Aunque ésta se utilice para explicar que el globo de helio sube por ser menos o más denso. Es probable que, al tratarse de gases resulte “familiar” referirse a la densidad. Pero es interesante notar que en las respuestas analizadas no es unívoca la forma en la que esta propiedad influye en el movimiento de los globos.

Una de las respuestas citadas (Grupo 2 - C.8) parece ser asimétrica porque considera que un globo se eleva por ser denso y el otro se cae por ser liviano. Esto podría indicar que este estudiante adjudica una propiedad diferente para explicar cada movimiento o que peso es equivalente a densidad.

Un sólo estudiante menciona la fuerza como propiedad que determina que un globo suba o baje, la redacción de la respuesta permite interpretar una concepción animista del helio y del aire.

C. Situación: “Botellas”

Las propiedades que aparecieron en las respuestas de los estudiantes para explicar el comportamiento de las botellas son:

Peso: 2 estudiantes mencionan que la botella alta se cae porque es más liviana y/o la baja se mantiene parada porque es más pesada. *“Porque la botella más alta es más liviana que la chica y la chica es más pesada que la botella más alta”* (Grupo 1 - C.4).

Volumen: 2 estudiantes consideran que la botella alta se cae porque tiene más volumen y/o la otra se mantiene parada porque tiene menos volumen a pesar de que en la situación que se presenta se indica que ambas botellas tienen 1 litro. *“Se cae porque la más grande ocupa más volumen y por eso se cae y como la más chica ocupa menos no se cae con el movimiento”* (Grupo 1 - C.2).

Geometría: 10 respuestas hacen referencia explícita a la geometría de las botellas. En este sentido, es posible distinguir dos propiedades mencionadas:

- a. 4 estudiantes señalan que la botella se cae por ser más alta: *“La botella más alta se cae porque es más alta y la chiquita es más bajita y no puede”* (Grupo 1 - C.5).
- b. 6 estudiantes consideran la superficie de apoyo de la botella, la más alta se cae porque tiene menos superficie de apoyo y/o la más baja se sostiene porque la superficie es mayor. *“La botella más alta tiene más posibilidades de caerse porque la base, la parte que está apoyada sobre la*

bandeja, ocupa una pequeña parte de la superficie. La otra al abarcar más superficie puede permanecer fácilmente de pie sin caerse” (Grupo 2 - C.3).

Estabilidad: 15 explicaciones indican que la botella alta es inestable y/o la otra botella es más estable. *“Porque la botella más baja se apoya mejor y tiene menos inestabilidad”* (Grupo 2 - C.5).

En la tabla V se indica la cantidad de respuestas que hacen referencia a alguna propiedad.

TABLA V. Cantidad de respuestas que mencionan propiedades en situación “Botellas”

<i>Peso</i>	<i>Volumen</i>	<i>Geometría</i>	<i>Estabilidad</i>
2	2	10	15

En esta situación se encuentra que el peso aparece en una mínima cantidad de respuestas, esto no resulta extraño dado que es la única situación presentada en la que el movimiento no es vertical. Por otra parte, considerando que el enunciado explicita que ambas botellas son de 1 litro, los estudiantes pueden haber asumido que tienen el mismo peso a pesar de tener formas diferentes. No ocurrió lo mismo en la situación “Hojas” en donde el cambio de forma parece implicar un cambio en el peso, tal vez porque resulta evidente la concentración de las partículas en un punto al abollar la hoja.

Se puede considerar que los estudiantes que responden solamente apelando a la geometría de la botella en realidad no están contestando a la pregunta, solamente indican una diferencia evidente que es la señalada en el enunciado. La redacción del cuestionario permite que se conteste la pregunta solamente haciendo referencia a la diferencia se menciona. Las respuestas que asignan relevancia a la diferencia de volumen entre las botellas (a pesar de que ambas tienen 1 litro) parecen hacer referencia a la geometría de las mismas sólo que apelando a un concepto diferente; es decir, asocian la altura con el volumen.

Muchas de las respuestas que explican la caída de la botella por estabilidad asocian esta propiedad a características geométricas de las mismas.

D. Situación: “Plastilinas”

Las propiedades que aparecieron en las respuestas de los estudiantes para explicar el comportamiento de la canasta y la pelota de plastilina son:

Peso: 12 explicaciones están basadas en el peso de cada una de las formas que toma la plastilina. Dentro de esta categoría es posible distinguir dos casos:

- a. 11 estudiantes consideran que la canasta flota porque es más liviana y/o la pelota de plastilina se hunde porque es pesada. *“Porque la pelota es más pesada que la canastita”* (Grupo 2 -C.4).
- b. 1 estudiante consideró que la canasta flota porque es más pesada. *“Tiene más peso la canasta y la pelotita no tiene forma”* (Grupo 1 - C.13).

Densidad: 2 son aquellas respuestas que hacen referencia a la densidad de los objetos. Como ocurre en la categoría anterior, es posible distinguir:

- a. 1 estudiante considera que la pelota de plastilina se hunde porque es más densa *“Porque la canastita se moldeó como si fuese algo que flota porque tiene profundidad. En cambio la otra tiene más densidad”* (Grupo 2 - C.8).
- b. 1 estudiante considera que la canasta de plastilina flota porque es más densa *“Porque la canasta tiene más densidad que la pelotita y la pelota es más pesada”* (Grupo 1 - C.14).

Oquedad: 13 estudiantes consideran que la canasta de plastilina flota porque es hueca o tiene aire en su interior. *“Porque la canasta tiene aire y tiene efecto bote”* (Grupo 2 - C.7).

En la tabla VI se indica la cantidad de respuestas que hacen referencia a alguna propiedad.

TABLA VI. Cantidad de respuestas que mencionan propiedades en situación “Plastilinas”

<i>Peso</i>	<i>Densidad</i>	<i>Oquedad</i>
12	2	13

En esta situación el peso es mencionado en más de la mitad de las respuestas analizadas. Como en la situación de los globos, el peso del objeto se utiliza para explicar por qué uno flota y el otro se hunde.

La densidad, en cambio, no es una propiedad muy citada por los estudiantes. Es probable que esto suceda porque en la situación propuesta no se involucran objetos en estado gaseoso.

Por su parte, la oquedad es una propiedad que la mayoría de los estudiantes usa para explicar esta situación. En estas respuestas se considera que la forma de la canasta permite que ésta flote e incluso varias indican que lo hace porque tiene aire en su interior, esto podría estar relacionado con el peso o la densidad

del objeto de manera implícita. Se puede observar en una de las respuestas anteriores, que un estudiante considera que la canasta flota por su peso mientras que la otra se hunde porque “no tiene forma”.

IV. COMENTARIOS FINALES

Al considerar el tipo de explicación que los estudiantes utilizan en las situaciones que se proponen en el cuestionario, la mayoría atribuye alguna propiedad al objeto y/o al entorno (explicaciones tipo 2 y 3). Esta proporción disminuye en la situación de las hojas de papel. Por otra parte, es necesario notar que casi la mitad de los estudiantes no pudo responder la situación de las plastilinas.

Si se analizan únicamente aquellas respuestas que hacen referencia a propiedades, se encuentra que más de la mitad utiliza el peso de los objetos para explicar el movimiento de las hojas, los globos y las plastilinas. Es importante distinguir que en la primera situación el peso permite explicar la diferencia en el tiempo de la caída de cada objeto mientras que en las otras dos situaciones se utiliza para determinar por qué un objeto sube y el otro baja.

El peso no fue tan mencionado en la situación de las botellas porque, en general, es relevante para comprender los movimientos verticales o porque en la situación planteada se puede interpretar que las botellas al tener el mismo volumen tenían el mismo peso. Esta situación fue la única en la que se obtuvieron respuestas que hacen referencia sólo a la diferencia entre los objetos indicada en el enunciado. Por ello se podría considerar que no se formula una explicación en sentido estricto.

Resulta sorprendente que ninguna respuesta haga referencia al término gravedad para explicar el movimiento vertical de los objetos. En este sentido, Mora y Herrera (2009) señalan que los estudiantes suelen creer que la gravedad es la tendencia que hace caer a los cuerpos. Dibar y Montino (2014) consideran que en la escuela se aprende que la palabra “gravedad” está asociada a la caída de los cuerpos y por ello algunos estudiantes la utilizan como el nombre escolar del fenómeno, aunque no necesariamente asociada a una interacción a distancia. Tal vez ésta es una variable que no aparece en las respuestas analizadas porque se pide comparar el comportamiento de dos objetos. Es decir, si se pregunta por qué cae una de las hojas es probable que se adjudique la caída a la gravedad pero esto no explica por qué una hoja llega al piso antes que la otra. Estos autores también afirman que es común la noción de que un objeto no requiere una fuerza externa para caer. Esta consideración permite interpretar al peso como la propiedad de los objetos que explica por qué uno cae antes que el otro.

La densidad es una propiedad que se menciona sólo en la situación de los globos y las plastilinas, donde es necesario explicar por qué un objeto flota y el otro no. En el caso de los globos casi el 50% de las respuestas refieren a la densidad mientras que un poco menos del 10% la mencionan para el caso de las plastilinas. Como se indicó anteriormente, la densidad es una noción que se asocia casi exclusivamente a los gases. En la situación de las plastilinas las explicaciones por oquedad podrían estar considerando que la densidad de la canasta es menor por tener aire en su interior.

En relación a la preparación de las entrevistas, este análisis de las propiedades permitirá confeccionar distintos guiones para cada una de las situaciones. Durante las entrevistas será la respuesta del entrevistado la que determine qué guión se utilizará en cada situación. Esto tiene por objetivo conocer con más detalle el tipo de explicaciones y profundizar el alcance de algunos términos que se mencionan en las respuestas escritas.

A diferencia del cuestionario, donde se describió el movimiento de los objetos, en las entrevistas con material experimental es posible pedir a los estudiantes que realicen una predicción de los movimientos y, una vez que observen lo que efectivamente ocurre, formulen una explicación. Considerando que, para la epistemología, la predicción y la explicación científica tienen la misma estructura lógica (Boido et. al, 1996) esto permitirá comparar si los sujetos apelan a los mismos modelos subyacentes en ambos casos.

REFERENCIAS

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

Carrascosa Alís, J. (2014). Ideas alternativas en conceptos científicos. *Revista Científica*, 2, 112-137.

Chiabrando, L. y Montino, M. (2015). Las explicaciones de los estudiantes: análisis de las respuestas a un cuestionario sobre temas de mecánica. *Revista Enseñanza de la Física*, 27 (Extra), 183-190.

Coleoni, E.; Buteler, L. y Moyano, M. T. (2009). Alumnos que resuelven, alumnos que explican: análisis de explicaciones durante la resolución de un problema de Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 22(2), 7-16.

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

Dibar, M. C. y Montino, M. (2014). La gravedad, el magnetismo y la acción a distancia: un estudio de las respuestas a cuestionarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 37-44.

Flichman, E.H. (2005). Causas, leyes naturales y explicaciones científicas. *Enrahonar*, 37, 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), 83-97.

Halbwachs, F. (1977). Historia de la explicación en física. En Piaget, J. *La explicación en las ciencias*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca. 74-101.

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), 77-89.

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

Mora, C. y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(1), 72-86.

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