

Dificultades conceptuales y procedimentales en temas relacionados con la presión y los fluidos en equilibrio

Carla Maturano, Claudia Mazzitelli, Graciela Núñez y Raúl Pereira

Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (I.I.E.C.E.)
Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Av. I.
de La Roza 230 (o) San Juan. Argentina. Teléfono y Fax: 54-264-4228422. E-mail:
cmatur@ffha.unsj.edu.ar

Resumen: En este trabajo analizamos las dificultades más frecuentes que presentan los alumnos al estudiar el concepto de presión y su aplicación al estudio de los fluidos en equilibrio. Llevamos a cabo la indagación en un curso de Octavo Año de EGB3 donde incluimos: la detección de ideas previas, el relevamiento de algunas habilidades procedimentales involucradas en experiencias sencillas, la realización de actividades de lectura y búsqueda de información en textos y la aplicación en situaciones cotidianas de los conceptos trabajados. En general podemos afirmar que los alumnos tienen diversas dificultades referidas tanto a aspectos conceptuales como procedimentales. A partir de las dificultades encontradas, indagamos en la bibliografía de uso corriente en este nivel la forma en que se abordan los contenidos mencionados. Hemos detectado que los contenidos conceptuales motivo de este trabajo, son abordados con poca claridad en los textos de consulta utilizados en el aula.

Palabras clave: aprendizaje, dificultades, fluidos, conceptos, procedimientos.

Title: Conceptual and procedural difficulties in topics related to pressure and fluids in equilibrium

Abstract: In this article we analyze the most frequent difficulties that students have when they study the concept of pressure and its application to the fluids in equilibrium. The inquiry was conducted in an 8th year course of EGB3 where we included: the detection of previous knowledge, the exploration of some procedural abilities involved in simple experiences, reading comprehension activities and searching for information in texts and the application, in daily situations, of the concepts dealt with. In general we can state that students have various difficulties referred to both conceptual and procedural aspects. From the difficulties found, we checked over the way these contents are approached in the current literature of this level. We have detected that the conceptual contents aim of this work, are not clearly approached in the textbooks used in the classroom.

Key words: learning, difficulties, fluids, concepts, procedures.

Introducción

En el aprendizaje de las Ciencias juegan un papel fundamental las ideas previas de los alumnos por lo que es necesario profundizar en sus estructuras cognitivas para enriquecerlas y reorganizarlas. El punto de partida es la toma de conciencia y la explicitación de las relaciones entre los modelos interpretativos que les proporciona la Ciencia y sus propias concepciones alternativas (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Este aprendizaje involucra el desarrollo de diferentes capacidades que se relacionan con tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales. Todos ellos forman un cuerpo cohesionado de conocimientos y no deben enseñarse por separado (de Pro, 1998; Fumagalli, 1999). Por esta razón no podemos aislarlos a la hora de planificar la enseñanza y de averiguar acerca de los conocimientos y dificultades de los alumnos en relación a una temática determinada. Es a partir de cada contenido conceptual específico de una disciplina científica que se pueden y se deben trabajar los diferentes cambios procedimentales, actitudinales y conceptuales. Teniendo en cuenta esto, las actividades que se propongan en el aula apuntarían a promover un aprendizaje más eficaz, duradero y transferible (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Los contenidos procedimentales involucran tanto las simples técnicas y destrezas como las estrategias de aprendizaje y razonamiento (Pozo y Postigo, 2000). Según estos autores, las técnicas constituyen una rutina automatizada como consecuencia del uso reiterado. Sevilla (1994) considera las destrezas como aptitudes, pericias o habilidades para desempeñar una acción individual específica, mientras que las estrategias implican procesos mentales complejos y su finalidad es dar solución a una situación problema. Los contenidos procedimentales son por lo tanto contenidos escolares objeto de intervención educativa que se vinculan con la producción de conocimientos en Ciencias Naturales (Fumagalli, 1993). Duggan y Gott, 1995, consideran que el conocimiento procedimental se refiere a la habilidad de los estudiantes para dar solución desde sus propios recursos a problemas prácticos que involucran destrezas y conceptos. Este conocimiento incluye las relaciones entre las variables y la realidad que representan, la forma de recoger los datos, representarlos e interpretarlos y la noción de probarlos.

En lo que se refiere a los contenidos actitudinales, con las actividades que se proponen en el aula se busca promover no sólo actitudes o conductas específicas sino también normas que regulen esa conducta y valores que permitan sustentar en los alumnos ciertas formas de comportarse y de acercarse al conocimiento (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Sanmartí y Tarín (1999) consideran que la Ciencia, como actividad social, desarrolla un conjunto de valores y actitudes relacionados con el campo de la disposición afectiva y de la motivación hacia su aprendizaje y hacia el mundo de la comunidad científica. Por esta razón, es necesario promover actividades que faciliten en los alumnos la toma de conciencia de sus propios valores y actitudes, para que de esta manera alcancen otros, puedan desarrollarlos, cuestionarse y tomar decisiones. Es decir, que sientan placer e interés por las Ciencias ya que si las

valoraran negativamente no experimentarían atracción hacia ellas y esto dificultaría su aprendizaje.

En este trabajo hemos analizado una serie de instancias de diagnóstico en la que se propone a los estudiantes situaciones, en algunos casos experimentales, para trabajar contenidos relacionados con la presión y los fluidos. Nos interesa indagar acerca de las dificultades conceptuales y procedimentales más frecuentes que presentan los alumnos en estos temas, acordando en tal sentido con Fumagalli (1993) respecto a la importancia de tener en cuenta el saber previo no sólo en el plano conceptual.

Hemos realizado un relevamiento en memorias de congresos nacionales (Reuniones de Educación en Física y Simposios de Investigadores en Educación en Física), en algunas revistas de investigación en Educación en las Ciencias (Revista Enseñanza de las Ciencias, Alambique, Enseñanza de la Física) y otras investigaciones (Baillo y Carretero, 1997; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Álvarez Pérez y Bernal Gómez, 2000), especialmente en lo referido a la indagación de ideas previas sobre el concepto de presión, el comportamiento de la presión en el interior de los fluidos y el fenómeno de la flotación. Estos contenidos se incluyen en el diseño curricular y en los textos del tercer ciclo de la Educación General Básica (EGB 3-edades comprendidas entre 12 y 15 años), que es el nivel seleccionado para el análisis. Dichos contenidos permiten una profundización tanto en aspectos conceptuales como procedimentales. Se pueden realizar además experiencias de bajo costo, adaptadas a la situación del establecimiento escolar seleccionado.

En la propuesta presentamos actividades que incluyen una dinámica de trabajo caracterizada por una serie de interacciones que favorecen los procesos de movilización y transformación de los contenidos. En su desarrollo, los alumnos pueden interactuar consigo mismos (reflexionando), con sus compañeros, con el docente o con distintas fuentes de información como libros, documentos, experimentos, etc. (Cañal de León, 2000) Consideramos que el aprendizaje se favorece cuando se ofrece diversidad de actividades que se gradúan según las dificultades y que incluyen distintos tipos de interacciones, lo que involucra ir desde actividades pautadas y de resolución grupal hasta actividades abiertas y de resolución individual. El trabajo en grupos estimula el intercambio de ideas y experiencias entre pares y contribuye con los aprendizajes individuales. Por esta razón es importante proponer actividades que favorezcan tanto la instancia de aprendizaje interpersonal (actividades grupales) como la intrapersonal (actividades individuales) (ley de la doble formación de Vigotsky).

Para cada uno de los temas seleccionados diseñamos Guías de Actividades. En ellas no nos hemos limitado solamente a la experimentación, sino que proponemos variedad de tareas. En una reconceptualización del trabajo práctico que exija a los estudiantes ser activos, conviene incluir actividades como: escribir tareas de diversos tipos e investigar en la biblioteca, entre otras (Hodson, 1994). Las experiencias propuestas permiten que afloren las ideas mediante la discusión y el intercambio que surgen de la realización de tareas de distinta índole.

Después de realizar las experiencias y emitir sus opiniones, los alumnos consultan en libros de texto recomendados por el docente a cargo del curso. Consideramos que el libro de texto escolar es un valioso complemento de la labor en el aula y en el laboratorio, tanto para el docente que lo usa como guía en la programación de sus clases como para los estudiantes. Por ello proponemos preguntas que los orienten en la búsqueda de conceptos y sus relaciones, en los textos. En este caso indagamos si las dificultades que surgen se deben únicamente a interpretaciones equivocadas desde el punto de vista de la Ciencia, adquiridas de la experiencia cotidiana, o si éstas son reafirmadas por la bibliografía por ellos utilizada.

Descripción de la propuesta

Propusimos las actividades teniendo en cuenta contenidos actitudinales tales como:

- desarrollo de la confianza en sus posibilidades de comprender y resolver tareas,
- perseverancia en la concreción de las mismas,
- solidaridad con los pares,
- análisis crítico de las actividades que se llevan a cabo y de los resultados alcanzados,
- respeto por las convenciones que permiten la comunicación y
- valoración de la claridad, la calidad y la pertinencia en la presentación de producciones.

Las Guías incluyen situaciones experimentales, actividades de búsqueda de información en textos y la respuesta a preguntas de aplicación de los conceptos en situaciones concretas.

Los temas abordados en las guías de resolución grupal son:

- concepto de presión,
- comportamiento de la presión en el interior de un fluido en equilibrio y
- flotación de los cuerpos.

Analizamos las actividades en los cuadros 1, 2 y 3, basándonos en la clasificación de contenidos procedimentales, en habilidades de investigación, destrezas y actividades de comunicación, propuesta por de Pro Bueno (1998).

CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	EJEMPLOS
Predicciones e hipótesis: Establecimiento de conjeturas contrastables.	¿Qué sucedería si tratan de cortar ahora la papa con la hoja del cuchillo? (Act.1 Guía A)
Relaciones entre variables: Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.	¿Qué pasa cuando inclinan el tubo? ¿Qué ocurre si introducen el tubo a mayor profundidad? ¿Qué ocurre si cambian el tubo por el otro de mayor diámetro? (Act.1 Guía B)
Observación: Descripción de observaciones y situaciones. Representación esquemática de una observación o hecho.	¿Qué ocurre con la tapa? (Act.1 Guía B) Dibujen cada situación indicando la fuerza que tuvieron que aplicar para lograr cortar la papa y pinten la superficie de contacto entre la papa y el cuchillo. (Act.1 Guía A)
Medición: Registro de datos.	Saquen la plastilina del recipiente tratando de no derramar agua. Construyan ahora un "barco" de plastilina y colóquenlo en el agua. Midan el cambio en el nivel del agua. Anoten todas sus observaciones. (Act.1 Guía C)
Clasificación y seriación: Utilización de criterios de clasificación.	Estudien el comportamiento de los distintos materiales que les proporcionamos al colocarlos dentro del recipiente y agrúpenlos según su comportamiento. (Act.2 Guía C)
Técnicas de investigación: Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio.	Viertan el agua en el recipiente y luego agreguen la nafta. Estudien el comportamiento de los distintos materiales que les proporcionamos al colocarlos dentro del recipiente. Dibujen lo que observen en cada caso y traten de explicarlo. (Act.2 Guía C)
Transformación e interpretación de datos: Interpretación de observaciones.	Traten de usar el enunciado del principio de Arquímedes para explicar los resultados de las experiencias que realizaron anteriormente (Act.3 Guía C)
Análisis de datos: Formulación de tendencias o relaciones cualitativas.	¿Qué relación existe entre la <i>presión</i> que se ejerce sobre un cuerpo y la <i>fuerza aplicada</i> ? ¿Qué relación existe entre la <i>presión</i> que se ejerce sobre un cuerpo y el <i>área de la superficie</i> donde se aplica la fuerza? (Act.2 Guía A)
Utilización de modelos: Uso de fórmulas y modelos teóricos.	... tratando de usar el concepto de presión en el interior de un líquido, que acaban de aprender. ¿Por qué el <i>espesor del muro de los diques va aumentando hacia el fondo</i> ? (Act.3 Guía B)
Elaboración de conclusiones: Establecimiento de conclusiones o generalizaciones	Dibujen lo que observen en cada caso y traten de explicarlo. (Act.2 Guía C)

Cuadro 1.- Habilidades de investigación trabajadas en las guías.

CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	EJEMPLOS
Manejo de material y realización de montajes	Intenten cortar la papa utilizando: el canto del cuchillo y luego el filo del cuchillo. (Act.1 Guía A).
Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones, etc.	Construyan ahora un "barco" de plastilina y colóquenlo en el agua. Midan el cambio en el nivel del agua. Anoten todas sus observaciones. (Act.1 Guía C)

Cuadro 2.- Destrezas trabajadas en las guías.

CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	EJEMPLOS
Análisis de material escrito o audiovisual: Identificación y reconocimiento de ideas.	Busquen en la bibliografía: ¿Qué se entiende por <i>presión en el interior de un líquido en reposo</i> ? ¿De qué factores depende la presión en el interior de un líquido? (Act.2 Guía B)
Utilización de diversas fuentes: Búsqueda de datos e información.	Busquen en la bibliografía: ¿Qué se entiende por <i>presión</i> ? (Act.2 Guía A)
Elaboración de materiales: Elaboración de informe abierto.	Respondan las preguntas utilizando el concepto de presión que aprendieron en la clase anterior. Justifiquen todas sus respuestas. (Act.1 Guía B)

Cuadro 3.- Actividades de comunicación trabajadas en las guías.

Destacamos que cuando nos referimos a datos, estamos hablando de apreciaciones e interpretaciones a nivel cualitativo de los fenómenos observados. Esto se debe a que los alumnos de EGB3 aún no han adquirido el nivel de pensamiento necesario para abordar los conocimientos de otro modo.

Para indagar si con las actividades precedentes los alumnos logran el manejo de variables, proponemos preguntas de respuesta individual. Éstas se refieren a la determinación de la dependencia de la presión con la fuerza aplicada y el área de la superficie de aplicación y al comportamiento de la presión en puntos del interior de un fluido y su dependencia con la profundidad.

La aplicación se realizó con una muestra constituida por 46 alumnos de Octavo Año de EGB3 (edad promedio 13,7 años) de una escuela de características urbano-marginales, situada en un departamento aledaño a la ciudad capital de la Provincia de San Juan (República Argentina). Dado que esta investigación constituye una experiencia piloto en el diagnóstico de dificultades, consideramos que el N de la muestra es suficiente para detectar los problemas más comunes en estudiantes de esta edad en el contexto de trabajo considerado.

Seleccionamos una muestra de libros de texto de EGB3 de los más recomendados por los docentes, según una encuesta realizada en un curso de capacitación. Dichos libros forman parte de las bibliotecas de las escuelas de la provincia y a ellos tienen acceso los estudiantes en las clases o como material de consulta extraescolar (Aristegui et al., 1997; Frid et al., 1997; Rubinstein y Botto, 2001; Reynoso, 1998 y Perlmutter et al., 1998).

En el análisis siguiente se intercalarán comentarios acerca de las contribuciones presentes en estos textos que se relacionan con cada tema.

Resultados

A continuación se detallan las actividades de cada instancia y los resultados respectivos.

A. Guía de Actividades referidas al concepto de presión

1. Experiencia:

- Intenten cortar una papa utilizando: el canto de un cuchillo y luego el filo.
- Dibujen cada situación indicando la fuerza que tuvieron que aplicar para lograr cortar la papa y pinten la superficie de contacto entre la papa y el cuchillo.
- ¿Qué sucedería si tratan de cortar ahora la papa con la hoja del cuchillo? Realicen un dibujo representando la fuerza que tendrían que aplicar.

En el cuadro siguiente se muestran algunos conceptos y relaciones que podemos inferir a partir de las respuestas y de los gráficos realizado por los alumnos.

Conceptos y relaciones que coinciden con el punto de vista de la Ciencia	Conceptos y relaciones erróneas
<p>Diferencian entre las superficies de contacto entre la papa y las distintas partes del cuchillo.</p> <p>Afirman que la fuerza aplicada para cortar la papa con el filo es mucho menor que la aplicada con el canto.</p> <p>Comparan las fuerzas a aplicar sobre superficies diferentes para lograr un mismo efecto. "... con la hoja del cuchillo tendríamos que aplicar mucha más fuerza que la que aplicamos con el canto del cuchillo."</p> <p>Representan las fuerzas en la dirección y sentido correcto.</p>	<p>Grafican la fuerza con sentido contrario al de la fuerza aplicada con el cuchillo sobre la papa. Consideran la fuerza de reacción de la papa sobre el cuchillo, en cuyo caso estaría mal el punto de aplicación.</p> <p>Muestran dificultades en la interpretación de consignas (confunden filo del cuchillo con punta y hoja con filo).</p> <p>Relacionan las magnitudes de las fuerzas sin tener en cuenta los resultados experimentales esperados.</p> <p>Indican mal el punto de aplicación de la fuerza (en la mano que sostiene el cuchillo y no en la papa).</p> <p>No diferencian bien las superficies y las magnitudes de las fuerzas aplicadas en la representación gráfica.</p> <p>Ningún grupo muestra en las conclusiones un manejo adecuado y simultáneo de las variables fuerza y superficie.</p>

Cuadro 4.- Análisis de las respuestas de alumnos a la Actividad 1 de la Guía A.

2. Búsqueda de información:

- Busquen en la bibliografía:
- ¿Qué se entiende por presión?
 - ¿Qué relación existe entre la presión que se ejerce sobre un cuerpo y la fuerza aplicada?
 - ¿Qué relación existe entre la presión que se ejerce sobre un cuerpo y el área de la superficie donde se aplica la fuerza?

Las respuestas a estas preguntas se analizaron en forma conjunta organizando los resultados según algunos interrogantes:

a) *¿En qué términos interpretan los alumnos el concepto de presión, la relación entre la presión y la fuerza y entre la presión y el área de la superficie de contacto entre los cuerpos? Si no lo hacen, ¿Qué características tienen las respuestas?*

- ✚ Confusión entre conceptos de fuerza y presión: *"la fuerza aplicada por un ladrillo sobre la goma espuma depende de la forma en que se lo coloque sobre ella."* Este ejemplo se refiere a una interpretación errónea de la experiencia propuesta por Reynoso (1998), donde se apoya un ladrillo sobre diferentes caras. En este caso los alumnos hacen inferencias inadecuadas a partir del texto donde se afirma claramente que *"la fuerza ... es igual al peso del ladrillo, cualquiera sea la cara por la que se lo apoye."* y que *"...la deformación (de la goma espuma) depende, además de la fuerza aplicada por el ladrillo, del tamaño de la superficie donde esa fuerza esté aplicada."* (pág. 88-89)
- ✚ Distorsión de la definición de presión presentada en el texto: *"Es el efecto que ejerce sobre una superficie."*

Notamos que la mayoría de los grupos informa incorrectamente sobre el concepto de presión que buscan en el texto.

- ✚ Falta de claridad en las relaciones entre fuerza y presión o entre presión y superficie *"La relación que existe entre la presión y la fuerza es que cuando la superficie de aplicación de la fuerza es más chica, la presión resulta mayor y hay más deformación."*
- ✚ Interpretaciones erróneas: *"La relación que existe es que cada punto de la superficie mantiene un contacto con el cuerpo y si el cuerpo tiene mucha fuerza menor tiene que ser la presión quiere decir que la fuerza del cuerpo se reparte entre cada punto de la superficie y así resulta menor la presión sobre el cuerpo."* Ésta afirmación podría estar basada en lo que dice el epígrafe de una de las imágenes del libro de Aristegui et al. (1997) que comentaremos más adelante.
- ✚ Dificultades en la interpretación de consignas. Por ejemplo, en la respuesta se alude a un caso concreto (ladrillo sobre la gomaespuma) sin buscar relaciones generales entre las magnitudes.

b) *¿De qué manera extraen la información del texto y elaboran una respuesta en relación a las demandas de las preguntas?*

Algunos estudiantes al elaborar las respuestas copian partes de la información del texto, quedando definiciones incompletas y erróneas como por ejemplo: La presión "... es el efecto que ejerce sobre una superficie.", donde no se indica que hace falta la aplicación de una fuerza. En algunos casos extremos, las respuestas resultan poco coherentes por copiar partes inconexas de los textos: "Esto ocurre porque el cartón aumenta la superficie de aplicación de la fuerza, por lo cual la presión disminuye. Esta experiencia también explica por qué se usan raquetas o esquís para andar sobre la nieve." Esta respuesta es incoherente, se toma textualmente de la conclusión de un ejemplo que aparece en el texto de Reynoso (1998) y que, sacada de su contexto original, no responde ninguna de las preguntas formuladas en la guía.

c) *¿Qué elementos de las respuestas pueden llevarnos a realizar reajustes en la metodología para optimizar el proceso de aprendizaje?*

La búsqueda de información y su utilización para una actividad determinada (en este caso, responder preguntas) no es una cuestión trivial para gran parte de los alumnos. Estos problemas "procedimentales" se agregan a otros de índole "conceptual" y los resultados nos mueven a la reflexión. Las dificultades que aparecen con mayor frecuencia son: falta de manejo de variables, confusión entre fuerza y presión, escasa habilidad para resumir, falta de coherencia de las redacciones, entre otras.

3. Aplicación

A continuación les presentamos algunas situaciones que deben discutir tratando de usar el concepto de presión que acaban de aprender. Por la forma en que están planteadas las preguntas, se espera que puedan mencionar todas las respuestas que crean correctas justificando en cada caso.

- *¿Por qué pinchan los objetos puntiagudos?*
- *¿Por qué te hundes menos en la nieve si usas esquís?*

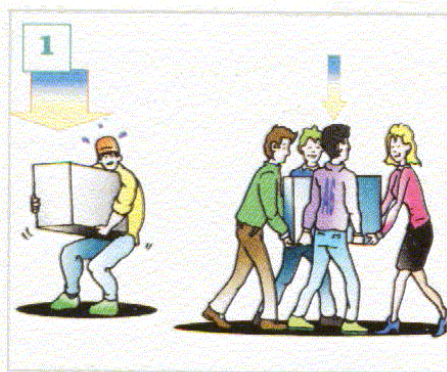
A partir del análisis de las respuestas podemos inferir los logros obtenidos de la integración entre los resultados de las experiencias y la consulta bibliográfica. En su mayoría, los alumnos han logrado aplicar a una situación concreta la relación de dependencia entre el área y la presión. Sin embargo, notamos la persistencia de dificultades en esta instancia. Las más frecuentes son:

- Confusión entre fuerza y presión.
- Creencia de que la posición del cuerpo (o superficie sobre la que se apoya) hace variar su peso.
- Dificultades al integrar los nuevos contenidos con conocimientos previos del sujeto, construidos en otras unidades didácticas. En la pregunta referida al movimiento del esquiador algunos estudiantes no logran

asociar con lo estudiado sobre presión sino que enfocan el análisis como si se tratara del movimiento acelerado de una partícula sobre un plano inclinado (que representaría una montaña nevada).

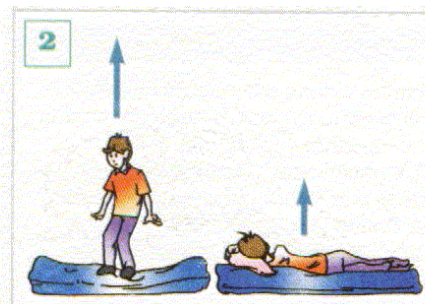
Análisis de los libros de texto de EGB3

Indagamos la forma en que los textos más utilizados en este nivel abordan estos contenidos y encontramos que algunas de las dificultades de los alumnos se reiteran en el tratamiento en los libros. Por ejemplo, en la Guía A encontramos dificultades al indicar el sentido y punto de aplicación de las fuerzas. Consultando la bibliografía notamos que el problema no es sólo de los alumnos ya que en algunos textos esto aparece poco claro o incluso presenta errores graves que afectarían sustancialmente los aprendizajes. Por ejemplo, Aristegui et al. (1997) para introducir el concepto de presión piden que analicen las viñetas que se presentan en la Figura 1 y 2 y sus epígrafes, antes de definir el concepto de presión (pág. 70).



Para sostener una caja que pese 20 kgf, una persona tiene que aplicarle hacia arriba una fuerza de 20 kgf. Pero si se ayudan entre cuatro personas, podrían sostenerla ejerciendo cada una de ellas una fuerza de sólo 5 kgf.

Figura 1.- Fuerzas. Concepto de Presión. (Aristegui et al., 1997).



Una colchoneta se deforma más cuando una persona se para sobre ella que cuando la persona se acuesta. En ambos casos la colchoneta ejerce hacia arriba una fuerza que es de la misma intensidad que el peso de la persona. Esta fuerza se ejerce a través de la superficie de contacto entre la persona y la colchoneta.

Figura 2.- Relación fuerza - superficie. Concepto de presión. (Aristegui et al., 1997).

Los interrogantes que nos planteamos al analizar este material son los siguientes:

- a) ¿Qué representan los vectores indicados mediante flechas en la figura 1?
- Si corresponden al peso de la caja, está mal indicado el punto de aplicación. Además, sería incorrecto el vector cuando la caja es sostenida por cuatro personas, pues el peso de la caja no varía respecto a la situación anterior.

- Si corresponden a la fuerza que ejerce cada persona, los vectores debieran tener como punto de aplicación la caja, su sentido sería hacia arriba y en el grupo de personas serían cuatro vectores en vez de uno.

b) ¿Qué representan los vectores indicados mediante flechas en la figura 2?

- Si corresponden al peso de la persona, está mal indicado el sentido, el punto de aplicación y deberían ser iguales en ambas posturas de la persona sobre el colchón.
- Si corresponden a la fuerza que ejerce el colchón sobre la persona, los vectores debieran tener como punto de aplicación la persona e igual módulo de acuerdo a lo que se afirma en el epígrafe.
- Si corresponden a la presión la dificultad es grave, ya que favorece que el alumno interprete incorrectamente que la presión es una magnitud vectorial.

Otra dificultad es la referida a la relación entre la fuerza aplicada y la superficie, donde algunos estudiantes muestran manejo inadecuado de dichas variables. En el libro de Reynoso (1998) cuando se trata la presión que ejerce un cuerpo (ladrillo) sobre su base, la fuerza aplicada está representada correctamente (ver pp. 88-89). No obstante, si consideramos la representación en relación con la situación experimental que se presenta al principio del capítulo se presta a confusión. Se solicita intercalar un cartón entre el ladrillo y la gomaespuma. Luego se afirma que "*... el cartón aumenta la superficie de aplicación de la fuerza, por lo que la presión disminuye.*" Esta afirmación sería correcta sólo si se hubiera indicado que el tamaño del cartón debe ser mayor que la superficie de contacto entre el ladrillo y la gomaespuma.

B. Guía de Actividades referidas al comportamiento de la presión en el interior de un fluido en equilibrio

1. Experiencia

Disponen de los siguientes materiales: dos tubos de distinto diámetro, dos tapas de diámetro mayor que los tubos provistas de un hilo para sujetarlas y un recipiente con agua.

Coloquen la tapa en uno de los extremos del tubo e introdúzcanlo en el recipiente con agua sujetando la tapa mediante el hilo. Luego suelten el hilo. Dibujen cada situación y respondan las preguntas utilizando el concepto de presión que trabajaron en la clase anterior. Justifiquen todas sus respuestas.

En el Cuadro 5 mostramos las preguntas formuladas y las respuestas más representativas, clasificadas por su adecuación a las tareas solicitadas y por contener dificultades conceptuales y/o procedimentales que merecen especial atención.

Pregunta	Describe la situación sin aplicar conceptos estudiados	Describe la situación usando los conceptos estudiados	Respuestas con dificultades	Dificultades conceptuales y/o procedimentales más frecuentes
¿Qué ocurre con la tapa?	"La tapa no se cae, se queda pegada al tubo."	"el agua hace presión contra la tapa y eso hace que se adhiera al tubo"	"Queda en la misma posición ... si la tapa es mayor, la presión es menor."	Relacionan en forma incorrecta lo observado con los contenidos trabajados.
¿Qué pasa cuando inclinas el tubo?	"No se hunde"	"la tapa también se inclina y no cae... la presión del agua hace que siga pegado"	"El tubo no se hunde por la presión del agua".	Fijan la atención en el tubo en vez de en la tapa.
¿Cómo podrías hacer para que caiga la tapa (estando sumergido)?	"La tapa se hunde cuando el tubo está con agua en un extremo a cierta medida."	"Tendríamos que colocarle agua al tubo... el agua introducida en el tubo hace que la presión sea mayor".	"Soltar el tubo." "Poniéndole mayor peso en el tubo."	Interpretan mal la consigna. Consideran que el peso del tubo influye en este caso.
¿Qué ocurre si introduces el tubo a mayor profundidad?	"... la tapa no se hunde ... pero cuando empieza a entrar agua hasta que llegue al nivel de agua que se había sumergido, caerá."	"Si lo mantengo a mayor profundidad, la presión va a ser mayor ..."	"Se hunde porque le entra agua por arriba." "El tubo a mayor profundidad flota." "Si lo mantengo a profundidad mayor la presión va a ser menor..."	Hundieron demasiado el tubo. Soltaron el tubo. Consideran que la presión disminuye con la profundidad.
¿Qué ocurre si cambias el tubo por el otro de mayor diámetro?	"Es lo mismo que el del primer diámetro."	"Pasa lo mismo que lo anterior..."	"Se hunde la tapa porque el tubo tiene mayor peso." "El tubo mayor hace más fuerza por lo que la presión es menor"	Consideran la influencia del peso del tubo que en este caso no incide sobre el comportamiento de la tapa. Relacionan en forma incorrecta fuerza y presión.

Cuadro 5.- Análisis y ejemplos de las respuestas a la Actividad 1 de la Guía B.

2. Búsqueda de información

Busquen en la bibliografía:

- ¿Qué se entiende por *presión en el interior de un líquido en reposo*?
- ¿De qué *factores* depende la presión en el interior de un líquido?

En las respuestas de los estudiantes a la primer pregunta, podemos distinguir ideas extraídas textualmente de los libros y elaboraciones propias de ellos que en muchos casos son interpretaciones incorrectas. Por ejemplo, un grupo responde "*La presión que ejerce el agua aumenta con la profundidad...*", lo que corresponde a una cita textual del libro de Reynoso (pág. 91), pero indica además "*... o sea que aunque esté quieta lo mismo contiene presión.*", lo que es erróneo a partir del significado del verbo contener. Tanto en esta última respuesta como en otras que incluyen este verbo ("*Por la fuerza que ese líquido contiene.*"), consideramos que los estudiantes parecen haber interpretado que la fuerza y la presión son partes constitutivas del fluido.

En algunos casos detectamos respuestas incoherentes, ya que los estudiantes se limitaron a transcribir ideas del texto que, aunque tienen palabras en común con la pregunta formulada, se refieren a otro fenómeno, por ejemplo: "*La presión ejercida por los líquidos permitió diseñar una gran cantidad de dispositivos y máquinas útiles para la vida de las personas. La distribución de agua potable, los sistemas de frenos, etc.*".

En relación con los *factores* que determinan la presión en el interior de un líquido, algunos grupos toman su respuesta en forma textual del libro de Reynoso (pág. 92) afirmando que "*Depende de la profundidad y del peso específico del líquido.*" Entre las dificultades más comunes se reitera la confusión entre los conceptos de fuerza y presión además de la falta de comprensión del concepto de peso específico.

3. Aplicación

A continuación les presentamos algunas situaciones que deben discutir tratando de usar el concepto de presión en el interior de un líquido que acaban de aprender. Por la forma en que están planteadas las preguntas, se espera que puedan mencionar todas las respuestas que crean correctas justificando en cada caso.

- *¿Por qué el espesor del muro de los diques va aumentando hacia el fondo?*
- *¿Por qué algunos relojes suelen indicar que son sumergibles hasta cierta profundidad?*

Los resultados obtenidos para cada pregunta son:

- *¿Por qué el espesor del muro de los diques va aumentando hacia el fondo?:* Si bien las respuestas son en su mayoría correctas, ya que relacionan el espesor con la variación de la presión según la profundidad, se presentaron

algunas dificultades. Las más comunes son vincular la presión con la superficie en forma incorrecta, confundir fuerza con presión y fuerza con velocidad, entre otras. Por ejemplo: *"Para que la superficie sea menor y así cuando las compuertas se abran el agua salga con mayor fuerza."*; *"Porque dependen de la superficie y la presión."*

- *¿Por qué algunos relojes suelen indicar que son sumergibles hasta cierta profundidad?:* En este caso las respuestas son correctas en su mayoría y no detectamos dificultades diferentes a las de los casos anteriores. Esto puede atribuirse a la mayor familiaridad del ejemplo o a la dependencia de los mismos factores que en la pregunta anterior.

Análisis de los libros de texto de EGB3

La dificultad mencionada anteriormente, en relación a la representación de fuerzas mediante vectores, se ve reforzada por la figura 3 que aparece en Reynoso (1998), pág. 91, relativa a la presión en un líquido. En el texto se menciona que *"... el agua ejerce una fuerza hacia arriba, que trata de mantener la botella a flote. Esta fuerza se origina en la presión que el agua ejerce sobre la base de la botella..."*, lo cual se contradice con la representación que sugiere que la fuerza actúa en el fluido.

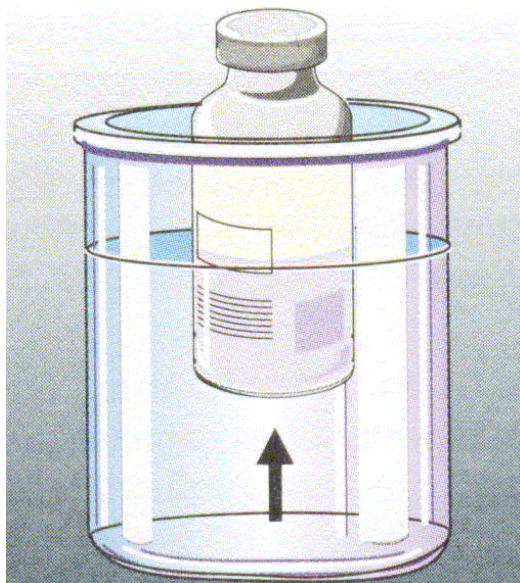


Figura 3.- Representación de la fuerza ejercida por el agua sobre la botella (Reynoso, 1998)

Un inconveniente similar detectamos en ejemplos del libro de Frid et al. (1997), a lo cual se agrega una dificultad relacionada con la utilización de diferentes criterios para la representación de las fuerzas peso y empuje (figuras 4 y 5).

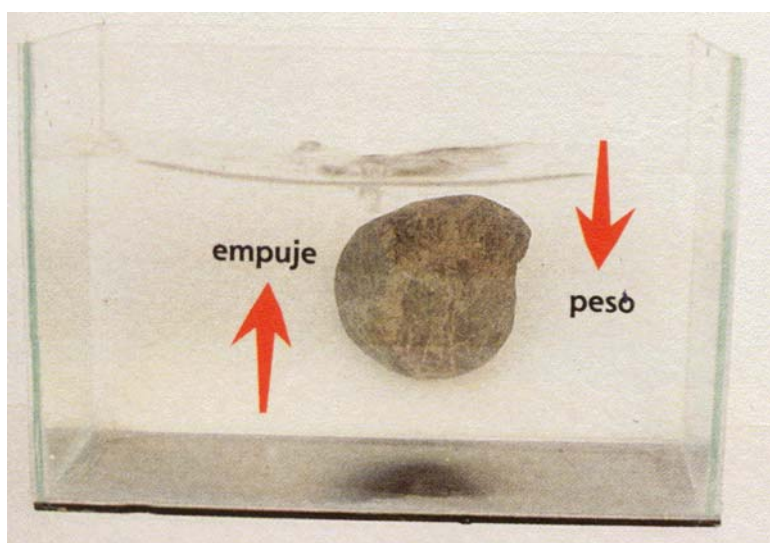


Figura 4 - Representación de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo sumergido (Frid et al., 1997)

Rubinstein y Botto (2001) hacen un tratamiento correcto desde el punto de vista vectorial, distinguiendo los vectores y sus módulos y graficando en forma adecuada las fuerzas actuantes. El texto de Aristegui et al. (1997) no trata estos contenidos.

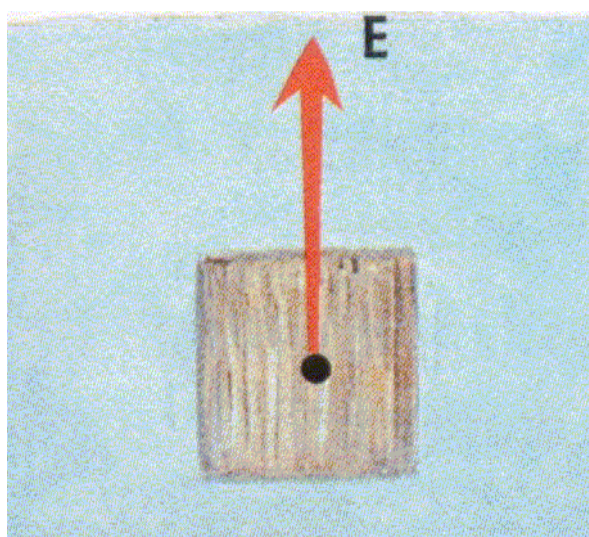


Figura 5 - Representación del empuje sobre un cuerpo sumergido (Frid et al., 1997)

C. Guía de Actividades referidas a la flotación de los cuerpos

1. Experiencia

En el cuadro 6 se muestran las actividades y dificultades detectadas:

Actividades propuestas	Dificultades detectadas
<p>1) Viertan agua en un recipiente transparente y coloquen dentro una pelota de plastilina. Midan el cambio en el nivel del agua. Anoten todas sus observaciones.</p> <p>2) Saquen la plastilina del recipiente tratando de no derramar agua. Construyan un "barco" de plastilina y colóquenlo en el agua. Midan el cambio de nivel. Anoten sus observaciones.</p>	<p>Esta actividad fue llevada a cabo en forma adecuada por la mayoría de los alumnos. Sin embargo, en general, las respuestas se centran en un solo aspecto del fenómeno: cuánto aumentó el nivel del agua, sin describir si la plastilina flota o se hunde. Algunos ejemplos de respuestas son:</p> <p><i>"Antes de introducir la pelota en el agua el nivel del agua era de 6,8cm y al introducir la pelota el nivel subió a 7cm."</i></p> <p><i>"Antes de introducir el barquito en el agua el nivel del agua era de 6,8cm y al introducir la pelota el nivel subió a 7,1cm."</i></p>
<p>1) Viertan agua en un recipiente graduado y luego agreguen nafta.</p> <p>2) Describan el comportamiento de los distintos materiales que les proporcionamos, al colocarlos dentro del recipiente (un clavo; un trozo de caucho y un corcho).</p> <p>3) Dibujen lo que observen en cada caso y traten de explicarlo.</p>	<p>Las descripciones, en general, son correctas aunque no incluyen registro de las mediciones o si los incluyen son incorrectos. <i>"Al echar la nafta al agua se separan quedando la nafta en la superficie y el agua abajo. Al echar el hielo éste se queda entre la nafta y el agua, sin hundirse ni flotar. El clavo no flota en la nafta ni flota en el agua."</i> <i>"Al introducir el clavo se hunde y el nivel aumenta."</i></p> <p>En menor proporción hay descripciones incorrectas: <i>"El hielo se hunde en la nafta y en el agua"</i>. En otros casos las descripciones son incompletas ya que solo apuntan al comportamiento del objeto en un solo fluido. Ej: <i>"El corcho flota en la nafta"</i></p> <p>En relación con los fluidos intervinientes, los alumnos representan correctamente, en forma gráfica, la disposición en el recipiente, aunque una minoría lo hace en forma errónea indicando que, por ejemplo, <i>"La nafta se va hacia el fondo y el agua queda, la nafta tiene un peso específico mayor que el agua"</i>. No coincide con lo observado e incluye un concepto inadecuado de peso específico. En algunos casos omitieron dibujar la situación experimental.</p>

Cuadro 6.- Análisis y ejemplos de las Actividades 1 y 2 de la Guía C.

2. Búsqueda de información

- Busquen en la bibliografía el enunciado del principio de Arquímedes.
- Utilicen el principio para explicar los resultados de las experiencias que realizaron anteriormente.

Para analizar las respuestas tuvimos en cuenta cómo los alumnos enuncian el principio y luego cómo lo aplican:

a) *Enuncian el principio:*

✚ *Bien:* La mayoría de los alumnos ubican correctamente, en la bibliografía consultada, el enunciado del principio de Arquímedes.

✚ *Regular:* Un grupo tiene dificultades para identificar en el texto el enunciado del principio, por lo que en su respuesta incluye otros aspectos que no se corresponden con la consigna y no define el principio sino que lo aplica a un ejemplo concreto: *"Además de formular la ley del empuje que ejercen los líquidos, descubrió el principio de funcionamiento de la palanca y realizó distintas contribuciones al conocimiento de la Matemática. Para que un cuerpo flote en un líquido, el empuje debe compensar el peso del cuerpo, esto quiere decir el módulo del empuje debe ser igual al módulo del peso del cuerpo."*

✚ *No contesta:* Un grupo en su respuesta incluye sólo otros aspectos que no se corresponden con la consigna: *"Además de formular la ley del empuje que ejercen los líquidos, descubrió el principio de funcionamiento de la palanca y realizó distintas contribuciones al conocimiento de la Matemática."*

b) *Lo utilizan para explicar las experiencias:*

✚ *Bien:* Sólo un grupo aplica correctamente el principio de Arquímedes para explicar todas las observaciones realizadas en las distintas experiencias.

✚ *Incompleto:* Varios grupos aplican correctamente el principio de Arquímedes para explicar algunas de las observaciones realizadas en las distintas experiencias. Una de las dificultades detectadas se relaciona con considerar que existen valores máximos y mínimos del empuje en relación con el peso del cuerpo y no con su forma *"En el caso del corcho el empuje es máximo ya que el corcho es muy liviano. En el caso de la plastilina en forma de pelotita, el empuje es mínimo cuando la pelotita se sumerge totalmente"*.

✚ *No lo aplican:* Algunos grupos respondieron esta actividad en forma incorrecta. Esto puede deberse a dificultades en la interpretación de la consigna: *"Las experiencias realizadas en la actividad 1 y en la actividad 2 se presentaron de esa forma porque ya aplicamos el principio de Arquímedes."*

3. Aplicación

A continuación les presentamos algunas situaciones que deben discutir tratando de usar el principio de Arquímedes que acaban de aprender. Por la forma en que están planteadas las preguntas, se espera que puedan mencionar todas las respuestas que crean correctas justificando en cada caso.

- *¿Cambiará la línea de flotación de un barco cuando pasa de un río al océano?*
- *¿Por qué sube el humo?*
- *¿Por qué mueren las ballenas al salirse del mar y quedar varadas en una playa?*

Las dificultades encontradas en las respuestas son:

- ▶ *¿Cambiará la línea de flotación de un barco cuando pasa de un río al océano?:*
 - a) Falta de claridad: *"Si, porque es menor la densidad."*
 - b) Imprecisiones en el uso del concepto de empuje y su comparación con el peso del cuerpo: *"Si cambiará la línea, porque el empuje es mayor que el peso ejercido en el agua salada."* Los alumnos en este caso no lograron adaptar la información proporcionada en los libros de texto que consultaron, donde aparecen ejemplos similares, aunque no iguales.
- ▶ *¿Por qué sube el humo?:*
 - a) Vinculación con conceptos aprendidos en otros espacios curriculares: *"El humo sube porque tiene dióxido de carbono que tiene menor peso específico que el aire que contiene oxígeno, entonces el empuje del dióxido de carbono es menor así el aire tiene un empuje mayor por eso el humo sube."*
 - b) Manejo incorrecto de conceptos: *"Porque el empuje va hacia arriba."*
- ▶ *¿Por qué mueren las ballenas al salirse del mar y quedar varadas en una playa?*
 - a) Manejo inadecuado del concepto de peso específico: *"Las ballenas acostumbradas a su hábitat mueren al salirse del mar, al morir el peso específico es menor al del agua es por eso que quedan varadas."*
 - b) Atención centrada en otros aspectos no vinculados con lo aprendido en clase: *"Porque pueden haberse contaminado, porque se deshidratan, porque no se pueden dar vuelta y nadar, no se puede sumergir"*.

Análisis de los textos de EGB3

Álvarez Pérez y Bernal Gómez (2000) realizaron un estudio sobre de los modelos explicativos que emplean los estudiantes acerca de la flotación y sobre cómo los desarrollan y utilizan en diferentes contextos. Existen varios modelos explicativos para este fenómeno físico (el de Arquímedes, el de Galileo, el de densidades o peso específico, el de diferencia de presiones y el de energía mínima) aunque los conceptos centrales, el poder explicativo y el nivel de abstracción de cada modelo es diferente. En el análisis de los textos tratamos de identificar estos modelos.

Para explicar la flotación, en los libros de textos consultados se utiliza generalmente el principio de Arquímedes complementándolo, en algunos casos, con una explicación a partir de la diferencia de densidades y se lo hace en el mismo capítulo destinado al estudio de la presión hidrostática. No se identifica la causa de la fuerza de empuje y no se explicita la relación entre el empuje y la diferencia de presión hidrostática en la parte superior e inferior de un cuerpo sumergido, quedando desvinculado del resto de los contenidos tratados en el capítulo.

Si analizamos la representación de las fuerzas en los textos, tal como se hizo anteriormente, notamos que figuran representadas en forma correcta, lo que debería provocar una llamada de atención en un lector atento (Reynoso, 1998; Aristegui et al., 1997).

A. Guía de Actividades referidas al concepto de presión

En esta instancia les solicitamos a los estudiantes que resolvieran, en forma individual, algunas situaciones en las que se plantean casos reales que requieren de contenidos tanto conceptuales como procedimentales para su resolución. Los contenidos procedimentales que se trabajan se relacionan especialmente con el establecimiento de relaciones de dependencia de la presión con respecto a variaciones en la fuerza o en el área de aplicación de la fuerza, respectivamente.

Se dividió aleatoriamente la muestra en dos grupos presentándoles a cada uno dos tareas diferentes pero de dificultad semejante, a fin asegurar la respuesta individual. Las situaciones propuestas son las que figuran a continuación:

Situación 1A

Un hombre y un niño, usando zapatillas del mismo tamaño, caminan sobre la arena.

El hombre pesa el doble que el niño.

Compara las huellas dejadas en la arena por cada uno. Justifica usando los conceptos estudiados.

En esta situación los estudiantes deben aplicar la relación entre la presión y la fuerza sobre la superficie. Los resultados obtenidos se agrupan en categorías y se presentan algunos ejemplos:

- ▶ Uso del concepto de presión: *"Son más profundas las huellas del hombre porque pesa más que el niño porque ejerce presión."* (Falta claridad en la respuesta).
- ▶ Uso de los conceptos de fuerza y presión: *"El hombre deja más profundas sus huellas porque mientras mayor es la fuerza y el peso que se ejerce*

sobre una superficie, mayor es la presión..." (En este caso no se encontraron dificultades ya que relaciona correctamente las variables intervinientes).

- ▶ Dificultades conceptuales: *"Las huellas son iguales porque calzan lo mismo por más peso que tenga el hombre."* (Considera que la presión es independiente de la fuerza aplicada).
- ▶ Dificultades en la interpretación de la consigna: *"Su fuerza no será lo mismo, la del niño será más livianita que el señor."* (No responde comparando las huellas como se solicita); *"La huella del hombre ejerce mayor fuerza que la del niño."* (Lo interesante en este caso es comparar las gráficas realizadas por el estudiante donde se ve que las zapatillas no son de igual tamaño y se muestra un sombreado más intenso en la huella pequeña que suponemos representaría la del niño).

En general, se presentaron gran cantidad de respuestas que, si bien relacionan en forma correcta las variables fuerza y presión, muestran dificultades de redacción.

Situación 1B

Un hombre y una mujer, ambos del mismo peso, caminan sobre la arena.

La mujer lleva zapatos con tacos finos. Compara las huellas dejadas en la arena por cada uno. Justifica usando los conceptos estudiados.

En este caso se pretende que apliquen la relación entre la presión y el área de la superficie. Los resultados obtenidos en cada caso pueden agruparse en varias categorías, de las cuales algunos ejemplos son:

- ▶ Uso del concepto de presión: *"La mujer al llevar tacos finos se hunde un poco más en la arena porque hace presión con la superficie... En cambio el hombre al estar descalzo no se hunde tanto en la arena ..."* (Si bien esta respuesta no es muy clara, contiene elementos que nos permiten suponer que el alumno ha comprendido las generalidades del concepto de presión).
- ▶ Uso simultáneo de los conceptos de fuerza y superficie: *"La huella de la mujer es más marcada por su forma. Es como el ejemplo del ladrillo porque si lo ponemos acostado va a hacer menos peso que si está parado porque aplica toda la fuerza en la punta del zapato."* (En este caso, el estudiante relaciona con el ejemplo leído en la bibliografía y la dificultad consiste en confundir peso y presión).
- ▶ Uso de los conceptos de presión y superficie: *"Las huellas del hombre no están tan hundidas porque no ejerce la misma presión sobre el piso. En cambio, el de la mujer hace más presión al tener una superficie más fina. "*

(En este caso no se encontraron dificultades ya que relacionan correctamente las variables intervinientes.)

- ▶ Dificultades conceptuales: *"Son iguales aunque la mujer tenga tacos finos. Tienen el mismo peso y por los tacos de la mujer no se diferencian."* (Considera que la presión es independiente de la superficie).
- ▶ Dificultades en la interpretación de la consigna: *"El hombre camina descalzo (no deja huella). La mujer camina con zapatos dejando la huella de los zapatos"* (Muestra problema en la interpretación de la situación); *"La huella de la mujer es más profunda porque tiene ropa más pesada que el hombre entonces hace más presión sobre la arena."* (Considera diferentes pesos a pesar de que en la consigna se aclara lo contrario, guiándose tal vez por el gráfico que muestra un mayor volumen de la vestimenta); *"La mujer porque es mayor la presión sobre la superficie y tiene tacos finos... en cambio el hombre no, la presión es menor y mayor la superficie."* (No responde lo que se pregunta comparando las huellas).

Encontramos en esta actividad respuestas correctas, adecuadas a los contenidos y al nivel de pensamiento de los alumnos como *"Los zapatos del hombre tienen mayor superficie entonces su peso se esparce más y la presión es menor..."*. En este caso se interpreta la presión como la forma en que se distribuye la fuerza en una superficie. Sin embargo, algunos alumnos de la muestra no establecen relación entre presión con las variables fuerza y superficie.

En las siguientes situaciones los alumnos deben encontrar la dependencia entre la presión en el interior de un líquido y el valor de la presión con respecto a la profundidad.

Situación 2A

En dos recipientes iguales que contienen agua hasta diferentes alturas, se han hecho dos perforaciones a la misma altura. Dibuja el chorro de agua en cada caso y justifica tu dibujo utilizando los conceptos estudiados.

Las categorías que tuvimos en cuenta para el análisis de las respuestas y gráficos realizados por los alumnos son las siguientes:

- ▶ Relación con la presión: *"En 1 sale el agua con más presión por eso el chorro es más grande... en 2 el chorro sale más pequeño porque es menor la presión."* (No queda claro qué características del chorro determinan que sea grande o pequeño); *"El chorro de la izquierda es más fuerte porque hay más agua... eso significa que hay más presión, en cambio en el otro no tiene tanta agua es por eso que no sale tanta agua."* (En este caso se incluye el alcance y la cantidad de agua en el gráfico).

- ▶ Relación con la cantidad de agua: *"En el caso 1 el chorro va a salir fuerte porque el recipiente está más lleno de agua. En el caso 2 va a salir despacio porque no tiene suficiente agua como para salir más fuerte."* (Las características de la situación planteada no nos permiten determinar, en este caso, si el alumno hace alusión a la diferencia de altura del agua en cada caso o a la cantidad de agua total contenida en el recipiente).
- ▶ Relación con la cantidad de agua y la presión: *"En el primero sale más porque tiene más presión porque tiene más agua y está más apretado ... en el segundo no sale tan fuerte como en el otro..."* (Introduce el término cotidiano "apretado" asociado a una mayor presión).
- ▶ Relación con la velocidad de salida: *"En un recipiente hay más agua y eso hace que el chorro sea más fuerte y en el otro hay menos agua y por eso es lento el chorro."* (Relaciona con la cantidad de agua en el recipiente y no con la profundidad del orificio).
- ▶ Relación de la velocidad de salida con la presión: *"En el dibujo 1 el agua saldrá más rápido porque en el fondo se encuentra una presión mayor, y en el dibujo 2 el agua no saldrá tan fuerte porque no hay demasiada presión en el fondo."* (En general relacionan correctamente las variables intervinientes).
- ▶ Relación con la velocidad de salida, la cantidad de líquido y la presión: *"En el dibujo 1 sale con más fuerza porque al tener más agua tiene más presión que en el dibujo 2."* (Confunde fuerza y velocidad de salida); *"En 1 sale con más presión y en el 2 con menos presión... En 1 sale más cantidad de agua porque el agua al estar a mayor altura sale con más presión y en el recipiente 2 el agua se encuentra a menor altura entonces sale despacio porque ese recipiente no contiene mucha presión."* (Si bien parte del razonamiento es correcto, considera la presión como algo contenido en el recipiente).
- ▶ Otras dificultades conceptuales: *"En el primer dibujo al haber más agua tarda un poco más en bajar. En cambio en el segundo al haber menos cantidad de agua tarda un poco menos, pero va a salir igual porque las perforaciones son iguales."* (No identifica la dependencia existente entre la altura del líquido y el alcance del chorro). *"El que tiene más agua el chorro es más largo y el que tiene menos más corto por el empuje."* (Relaciona incorrectamente con el concepto de empuje) *"Porque a menor superficie mayor presión... porque el recipiente 1 tiene más agua que el recipiente 2."* (Relaciona incorrectamente con una superficie que no se identifica claramente). *"En el que contiene más agua arrojará un chorro mayor por la presión del aire sobre el agua."* (Asocia en forma errónea con la presión atmosférica).
- ▶ Representaciones gráficas de los chorros: las dificultades más comunes que se detectaron en las pruebas se relacionan con la cantidad de agua (que se grafica igual en ambos casos) y con el alcance (que se grafica igual o se indica un mayor alcance en el caso 2).

Situación 2B

En un recipiente que contiene agua se han hecho dos perforaciones a diferentes alturas. Dibuja el chorro de agua en cada caso y justifica tu dibujo utilizando los conceptos estudiados.

Las categorías que utilizamos para la evaluación y análisis en estos casos son:

- ▶ Relación con la presión: *"Por la perforación de abajo el agua sale con más fuerza porque al estar más abajo hace más presión..."* (Confunde fuerza y velocidad). *"1er agujero: el chorro es más corto porque tiene menos presión... 2do agujero: el chorro es más largo por lo que tiene mayor presión."* (Asocia alcance y presión). *"Sale más agua por abajo porque la presión en el interior de un líquido depende de la profundidad y de la densidad de la sustancia. Por lo tanto saldrá más agua por el hueco más abajo debido a la presión hidrostática."* (Asocia presión y cantidad de agua).
- ▶ Relación con la cantidad de agua: *"El de arriba va a salir poca agua. El de abajo va a salir mucho más que el de arriba."* (Omite relacionar con la presión).
- ▶ Relación con la fuerza: *"La fuerza de abajo es mayor que la de arriba porque tiene más peso que la de arriba por eso va ser mayor"* (Confunde fuerza y presión).
- ▶ Relación con la velocidad de salida: *"El agua sale más despacio porque está arriba... El agua sale más rápido porque está abajo."* (Asocia la velocidad de salida con la ubicación del orificio).
- ▶ Otras dificultades conceptuales: *"El chorro de agua va a salir con una fuerza constante y a medida que se va acabando disminuye la fuerza del agua."* (Tiene dificultades con el manejo del concepto de fuerza). *"El chorro de arriba va a ser mayor y el de abajo menor"* (Invierte la explicación y el texto expresa resultados diferentes a lo que dibuja). *"El de arriba se tarda más que el abajo por la altura. El de abajo cae más rápido que el de arriba por ser más bajo."* (Confunde altura y profundidad). *"El agua tardará más en vaciar en el segundo huequito porque es más profundo."* (Invierte la explicación y responde en relación con el tiempo que tarda en vaciarse el recipiente). *"A medida que sale el agua se va disminuyendo por la densidad...La densidad del agua va bajando por el recipiente y sale por la perforación..."* (Relaciona con la "densidad de las perforaciones" que parece ser la cantidad y ubicación de los orificios. Grafica lo que ocurriría a medida que el nivel de agua desciende, incluso hasta alcanzar una altura menor que la de los orificios.) *"El chorro de arriba va a salir con mayor fuerza que el de abajo por la presión."* (No comprende la relación entre profundidad y presión o confunde profundidad con altura del agua). *"El primer chorro de agua saldrá más, con más potencia. Al estar arriba tiene más presión y sale*

más fuerte y al estar tan lleno... el segundo chorro saldrá con menos presión porque el agua se está acabando y está un poco más vacío y sale con menos presión o sea más lento." (Confunde velocidad y potencia)

Algunos gráficos presentan dificultades asociadas con: la cantidad de agua (que se grafica igual en ambos casos) y el alcance (que se iguala en ambos casos o se indica mayor para el orificio superior).

En las situaciones 2A y 2B, los planteos involucran mayor cantidad de variables que en 1A y 1B (presión, profundidad del orificio, tamaño del orificio, velocidad de salida del chorro, alcance del chorro, cantidad de agua, entre otras). Las dificultades que se presentaron con mayor frecuencia se relacionan con el manejo adecuado y simultáneo de las variables mencionadas.

Análisis de los resultados

De los resultados obtenidos podemos inferir que las dificultades conceptuales que se presentaron con mayor frecuencia son:

- falta de integración con contenidos estudiados anteriormente por los alumnos (ya sea en espacios curriculares anteriores o en el mismo curso);
- indiferenciación de conceptos (fuerza y presión, fuerza y velocidad, peso y empuje, etc.) y desconocimiento de las relaciones entre ellos;
- consideración de la fuerza empuje y las condiciones de flotabilidad sólo en relación con el peso del cuerpo.

Notamos que hay ideas intuitivas de los alumnos referidas al comportamiento de los fluidos que están erradas desde el punto de vista científico y necesitan un replanteo profundo.

En el plano procedimental hemos detectado dificultades que, por estar muy relacionadas con algunos contenidos conceptuales, parecen solaparse con estos últimos en el análisis de los resultados. Nos interesa destacar algunas observaciones que consideramos de interés ya que los alumnos:

- parecen obviar algunas consignas directamente relacionadas con procedimientos (anticipar resultados, emitir hipótesis, etc.);
- tienen limitaciones para relacionar y controlar variables;
- no usan en forma correcta la representación de fuerzas mediante vectores y esta dificultad es reforzada desde los libros de texto;
- realizan correctamente aquellas experiencias que se guían mediante consignas cerradas y concretas pero muestran algunos problemas cuando la consigna es más abierta,
- tienen inconvenientes al realizar generalizaciones y al redactar conclusiones o informes. Sin embargo, logran describir observaciones y situaciones en forma bastante adecuada para la edad y formación de los sujetos y

- no utilizan en forma adecuada los textos como fuente de información para extraer ideas y responder preguntas.

Vemos que las dificultades son muchas y variadas. Algunas de ellas superan los temas sobre los que se ha indagado, como por ejemplo la mala interpretación de consignas y las dificultades en la redacción. Esto implica que hay que hacer un seguimiento, no sólo en las dificultades conceptuales y procedimentales objeto del espacio curricular involucrado, sino también a nivel de habilidades básicas.

Las respuestas de los alumnos muestran heterogeneidad en el grupo indagado, lo que implica para los docentes una dificultad en la enseñanza. Consideramos que somos los docentes quienes, respetando la diversidad, los debemos guiar para que superen las dificultades personales y puedan apropiarse del conocimiento que la escuela les aporta.

Otro de los resultados que surgen de la investigación es la necesidad de una postura reflexiva ante los libros de texto. El docente no debería usarlos en forma acrítica ya que hemos comprobado que éstos pueden a veces reforzar las dificultades. Detectamos que en los textos no hay actividades para trabajar estas dificultades, por lo que es necesario que los docentes hagamos un seguimiento de ellas para cada grupo de alumnos.

Ante la inquietud sobre cómo los docentes de Ciencias podemos realizar este seguimiento para detectar dificultades tanto en el plano conceptual como en el plano procedimental, consideramos que es necesario replantearnos las estrategias que proponemos a los estudiantes en las clases. Los resultados muestran la necesidad de que las actividades experimentales que se propongan en el aula no sean tan pautadas como para que impidan a los estudiantes expresar sus propios conocimientos, ni tampoco totalmente abiertas tal que los alumnos se desorienten sin tener herramientas para tomar decisiones adecuadas hacia un aprendizaje significativo. El punto de equilibrio entre estos dos tipos de propuestas dependerá de la edad de los alumnos. Los docentes deberíamos, a partir de la detección de dificultades, promover metodologías adecuadas usando recursos que favorezcan los aprendizajes. Los resultados de estas investigaciones nos permitirán elaborar propuestas metodológicas para trabajar los contenidos relacionados con presión y los fluidos en equilibrio que se adecuen a las ideas del alumnado y favorezcan una utilización crítica de los libros escolares de Ciencias en EGB3.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de un proyecto de investigación perteneciente a la Universidad Nacional de San Juan (República Argentina).

Referencias bibliográficas

Álvarez Pérez, V.M. y Bernal Gómez, M. 2000. Explicaciones cotidianas y científicas sobre flotar y hundirse. *Alambique*. 25, 55-65.

- Aristegui, R. et al. 1997. *Ciencias Naturales 8*. Bs. As. Santillana.
- Baillo, M. y Carretero, M. 1997. Desarrollo del razonamiento y cambio conceptual en la comprensión de la flotación. En comp. de Carretero, M. *Construir y enseñar las Ciencias Experimentales*. Bs. As. Aique.
- Cañal de León, P. 2000. El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza. En Comp. de Perales Palacios, F. y Cañal de León, P. *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Marfil. Alcoy.
- De Pro Bueno, A. 1998. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*. 16(1). 21-42.
- Duggan, S. y Gott, R. 1995. The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *Int. Journal Science Education*, 17 (2), 137-147.
- Frid, D. et al. 1997. *El libro de la Naturaleza y la Tecnología 8*. Bs. As. Estrada.
- Fumagalli, L. 1993. *El desafío de enseñar Ciencias Naturales*. Bs. As. Troquel.
- Hodson, D. 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*. 12 (3), 299-313.
- Perlmutter, S. et al. 1998. *Ciencias Naturales y Tecnología 8º EGB*. Bs. As. Aique.
- Pozo, I. y Gómez Crespo, M.A. 1998. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid. Morata.
- Pozo, J.I. y Postigo, Y., 2000. *Los procedimientos como contenidos escolares. Uso estratégico de la información*. Barcelona. Edebé.
- Reynoso, L. 1998. *Física EGB3*. Bs. As. Plus Ultra.
- Rubinstein, J. y Botto, J. 2001. *Ciencias Naturales 8. Física*. Bs. As. AZ.
- Sanmartí, N y Tarín, R. 1999. Valores y actitudes: ¿se puede aprender ciencias sin ellos?. *Alambique*. 22, 55-65.
- Sevilla, C. 1994. Los procedimientos en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 400-405.