

## ***DESTREZAS ARGUMENTATIVAS EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE FÍSICA: “O MISTÉRIO DAS BURBULLAS”***

Victor M. Álvarez Pérez\*

Miguel A. Bernal Gómez\*\*

Eugenio García-Rodeja Fernández\*

\* Universidade de Santiago de Compostela.

\*\* Instituto Álvaro Cunqueiro. Vigo.

### **CIENCIAS**

Durante las últimas décadas, la Filosofía de la Ciencia ha evolucionado desde posturas excesivamente positivistas hacia líneas de investigación más centradas en estudiar la estructura cognitiva de las ciencias (Gieryn, 1994a; Gieryn 1994b). Así, diversos autores de la llamada Nueva Filosofía de la Ciencia sostienen que para comprender el desarrollo del conocimiento científico es necesario investigar el papel que las teorías juegan facilitando el progreso en ciencias (Duschl, 1990).

En los últimos años la Sociología de la Ciencia ha experimentado también una creciente importancia en la investigación sobre ciencias. Coincidimos con autores como Latour y Woolgar (1986) en afirmar que la construcción del conocimiento en ciencias es un proceso que se lleva a cabo no sólo en foros formales como congresos y publicaciones científicas sino a través de vías menos formalizadas en las que se interesa la sociología. Por ejemplo, en el proceso de transformación de datos en pruebas que apoyen una cierta teoría, es fundamental la aceptación por parte de un sector apreciable de la comunidad científica (Latour, 1992).

De todos los procesos que contribuyen a la construcción del conocimiento científico destacamos las discusiones acerca de modelos científicos y teorías. Esto ha contribuido a crear modos específicos de razonamiento científico en los cuales las afirmaciones se sostienen mediante cadenas de argumentos a partir de datos. Un instrumento idóneo para el análisis de las argumentaciones (Fig. 1) ha sido propuesto por Toulmin (1958, 1979).

## 2. APRENDIZAJE DE CIENCIAS Y DESTREZAS COGNITIVAS

Estas posturas en epistemología de la ciencia tienen su reflejo en el ámbito de la Didáctica de Ciencias, donde autores como Duschl y Gitomer (1996) proponen una nueva perspectiva para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias al tratar de asemejar el proceso de construcción del conocimiento en el aula a los que experimentan las comunidades de científicos.

A esta nueva perspectiva ha contribuido también la psicología cognitiva, que ha puesto de manifiesto las diferentes estrategias que emplean los expertos en una cierta área de conocimientos en comparación con los no expertos o novatos. Mientras los no expertos activan conocimientos específicos del área en que se encuentran (o conocimiento declarativo), los expertos activan además conocimientos acerca de las estrategias que deben de ser empleadas (conocimiento procedimental o estratégico). Esta diferencia entre el tipo de conocimiento que se activa resulta fundamental en la actuación de unos y otros, pero además, la toma de conciencia del conocimiento procedimental por parte de las y los estudiantes y el uso de tales estrategias contribuye positivamente al éxito académico (Duschl, 1995b).

El modo de concebir la enseñanza de las ciencias propuesto por Duschl y Gitomer (Duschl, 1995a; Duschl y Gitomer, 1996) se pone de manifiesto en el proyecto SEPIA (1994), que ambos están llevando a cabo. El trabajo que presentamos se inscribe en el marco del proyecto RODA (Razoamiento, Discusión e Argumentación) que, utilizando una metodología de enseñanza inspirada en las unidades didácticas del proyecto SEPIA, trata de estudiar el desarrollo de destrezas cognitivas que tiene lugar en la Enseñanza Secundaria.

En particular estamos interesados en la capacidad de argumentar a favor o en contra de distintas hipótesis que las y los estudiantes muestran cuando se les proponen problemas relativos a la flotabilidad de los cuerpos. Hemos diseñado una actividad sobre flotación en la que se da a los estudiantes la oportunidad de que construyan su propio conocimiento mediante la discusión argumentada entre iguales. Al igual que en otro trabajo que estamos llevando a cabo paralelamente (Álvarez, Bernal y García-Rodeja, 1997; Álvarez, 1998) en el marco del proyecto RODA, les presentamos a los estudiantes un problema auténtico con capacidad para interesarlos e implicarlos en la utilización del conocimiento científico y de las estrategias que ponen en práctica los científicos al abordar un problema. Entendemos por problemas auténticos aquellos que (a) se sitúan en un contexto próximo al alumno, (b) son creíbles (aunque no tienen por qué ser verdaderos) y (c) su solución no está definida de antemano (pudiendo ésta no ser única).

### 3. EL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE ARGUMENTOS

Los datos de que disponemos son tanto las grabaciones de las discusiones de algunos grupos como las respuestas escritas por cada individuo. En este trabajo discutiremos acerca de las respuestas escritas. El análisis de los textos se ha hecho, al igual que en otros trabajos (Álvarez, 1997; Álvarez, Bernal y García-Rodeja, 1997), utilizando el instrumento propuesto por Toulmin (1958, 1979) para estudiar argumentos.

El instrumento de Toulmin permite comprender cuáles son los componentes que conforman un argumento substantivo y qué papel juegan en él. Se considera que un argumento es substantivo (Toulmin, 1958; Kelly et al. 1996) cuando es necesario conocer el contenido del mismo para comprenderlo y evaluarlo (en contraposición a los argumentos formales, que son válidos cuando tienen una forma lógica adecuada, con independencia de su contenido). Toulmin divide los componentes de un argumento en seis categorías (Fig. 1): datos, conclusión, justificación, conocimiento básico, cualificadores modales y condiciones de refutación, siendo esencial para la existencia de un argumento la presencia de los tres primeros (Toulmin, 1958; Russel, 1983). La existencia de los otros elementos en un mismo argumento tiene que ver con la riqueza y complejidad del mismo.

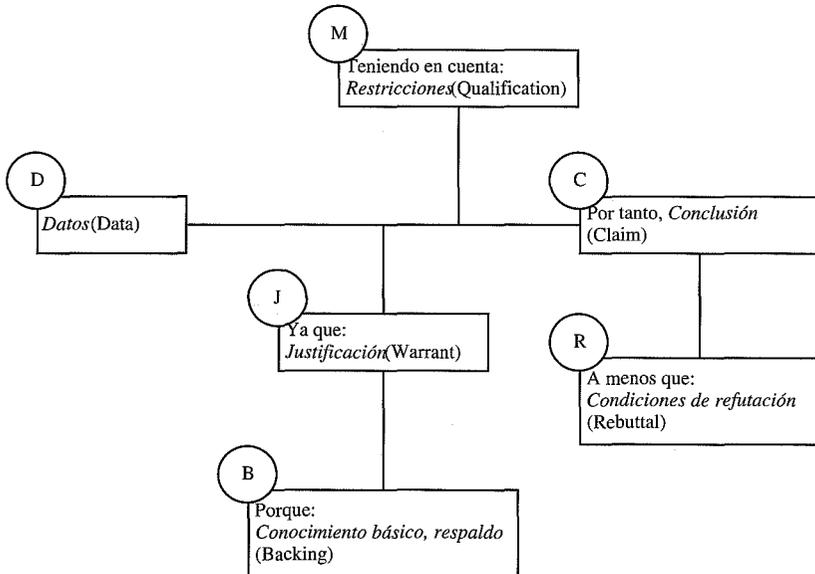


Figura 1. Esquema de Toulmin para el análisis de argumentos. The Uses of Argument (1958)

#### 4. LA ACTIVIDAD "O MISTERIO DAS BURBULLAS"

El problema que hemos propuesto a alumnos de COU y a futuros profesores de secundaria se presenta como una controversia periodística acerca de la generación de burbujas y su comportamiento posterior en el seno de un líquido que se encuentra en caída libre. La actividad de los alumnos consistió en discutir el problema por grupos y llegar a una solución a partir de los datos del enunciado. En el Anexo I se facilita el enunciado del problema.

Como se puede apreciar en el texto de la actividad, el problema consistía en averiguar si un vaso de bebida refrescante continuaría desprendiendo burbujas al encontrarse en caída libre. En el texto se facilitan tres posibles alternativas: (a) del líquido no salen burbujas, (b) salen burbujas pero a mayor velocidad, y (c) salen burbujas a la misma velocidad. Para solucionar el problema es necesario activar simultáneamente conocimientos sobre flotación y sobre dinámica que los individuos poseen aunque no integrados. En el reverso de la hoja se les pide que respondan a las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Sabrías decir por qué opción se decantaron los científicos?
- 2.- ¿En base a qué afirmas que escogieron tal opción? Justifica tus razones.
- 3.- Desde un punto de vista Físico, ¿cuál es la razón última que hace que las burbujas suban o no?
- 4.- ¿En qué afecta a las burbujas el hecho de que la cesta esté en caída libre?

Desde el punto de vista argumentativo, la primera pregunta reclama una conclusión como respuesta al problema, la segunda pregunta solicita la justificación para tal conclusión y la tercera pregunta trata de ahondar en el conocimiento científico solicitando una razón más profunda (un respaldo). La última pregunta trata de obligar a reflexionar sobre el efecto de la caída libre sobre las burbujas, permitiéndonos saber si se activan o no conocimientos relativos a la dinámica de sistemas no inerciales.

La solución adecuada desde el punto de vista de la ciencia es que del líquido no salen burbujas. Para llegar a esta conclusión hay que tener en cuenta que en una situación estática, el empuje que sienten las burbujas es debido al gradiente de presiones existente en el interior del líquido. El cambio de presión hidrostática sobre la superficie de la burbuja genera una fuerza ascensional (empuje) que se opone al propio peso de la burbuja. En última instancia, este gradiente de presiones es debido a que a mayor profundidad el peso del líquido que se encuentra por encima es mayor.

En la situación que nos ocupa, el vaso se encuentra en caída libre junto con el observador y por lo tanto, en el interior del sistema desaparece aparentemente la fuerza gravitatoria terrestre. Debido a esto un observador en el interior del sistema no puede medir el peso de las burbujas o del líquido, aparentemente no tienen peso. Por ello desaparece también el gradiente de presiones en el interior del líquido (sobre el líquido sólo aparece la presión atmosférica, que no genera gradiente de presión) y sobre las burbujas no se ejerce ninguna fuerza, con lo cual se seguirán produciendo burbujas pero éstas no ascenderán. El argumento de referencia aparece resumido en la Fig. 2 utilizando el instrumento de Toulmin.

Esta explicación que hemos dado en términos de presión no es la única, es posible por ejemplo dar una explicación en términos de energía. Sin embargo es de señalar que el Principio de Arquímedes no es capaz de dar una solución a este problema. El Principio de Arquímedes tal como se formula actualmente da cuenta del fenómeno de la flotación definiendo y cuantificando el empuje, pero no da una explicación de por qué aparece esta fuerza. Por ello este principio no puede interpretarse y explicarse qué es lo que ocurre en una situación dinámica como la que nos ocupa.

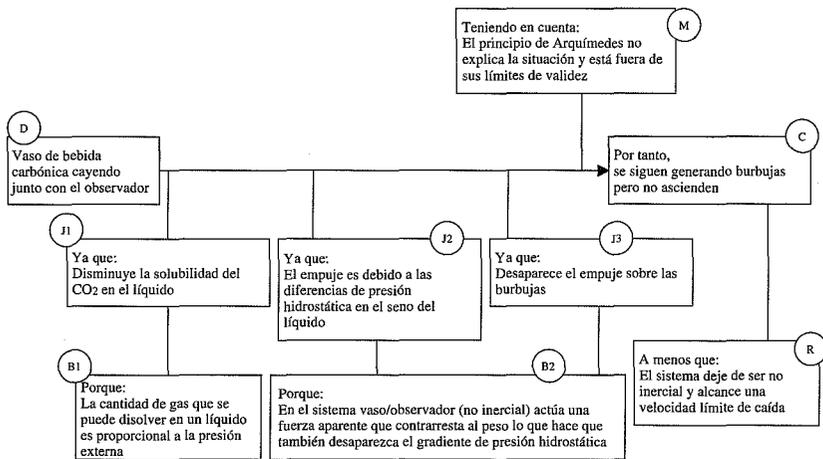


Figura 2. Argumento de referencia resumido empleando el instrumento de Toulmin.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sujetos de este estudio fueron 18 estudiantes de COU que se sometieron voluntariamente a la prueba al finalizar el curso 1997-98, dos grupos de

licenciados en Química, Física y Biología que realizaban el ciclo teórico del CAP durante el curso 1997-98. El Grupo I estaba constituido por 24 individuos y el Grupo II por 19.

Las respuestas escritas han sido categorizadas en atención a las categorías argumentativas reclamadas por cada pregunta. Así, en la Tabla 1 se muestran los resultados relativos a qué conclusión escogió cada individuo. En la Tabla 2 aparecen las categorías relativas a la justificación empleada para apoyar cada conclusión. En la Tabla 3 se muestran las categorías en que se pueden encuadrar los respaldos.

OPCIÓN ESCOGIDA (CONCLUSIÓN)	GRUPO I	GRUPO II	COU
<i>A: No suben</i>	2 (8%)	13 (68%)	1 (6%)
B: Suben con más velocidad	5 (21%)	2 (11%)	11 (61%)
C: Suben con la misma velocidad	17 (71%)	4 (21%)	6 (33%)

**Tabla 1.** Frecuencia de las opciones escogidas. (La respuesta considerada correcta aparece en cursiva; los porcentajes están redondeados)

Llama la atención en la Tabla 1 que los grupos I y II dan respuestas muy distintas a la primera pregunta, siendo mayoritaria en GII la opción considerada correcta y en I la que considera que nada cambia. Si comparamos estos resultados con las categorías relativas a las justificaciones (Tabla 2), vemos que sólo una pequeña parte de las respuestas correctas en GII aparecen debidamente justificadas. En GI las justificaciones para la opción B ("Suben con la misma velocidad") se refieren mayoritariamente a efectos que se contrarrestan ("Las velocidades relativas (observador y burbuja) son iguales", "La variación de presión externa y la variación de peso o velocidad se contrarrestan") o a la independencia del movimiento de las burbujas respecto al movimiento de todo el sistema ("El ascenso de las burbujas no depende del estado de movimiento").

RAZONES PARA LA OPCIÓN ESCOGIDA (JUSTIFICACIÓN)	GRUPO I	GRUPO II	COU
Las burbujas son menos densas que el líquido	1 (4%)		2 (11%)
El ascenso de las burbujas no depende del estado de movimiento	3 (14%)		1 (6%)
El aumento de la presión externa no influye en la velocidad de ascenso sino en el tamaño			3 (17%)
Desaparece el peso del líquido y sólo actúa el empuje	1 (4%)		
Se modifica la presión sobre el gas	3 (14%)	3 (17%)	9 (50%)
Burbujas y observador forman parte del mismo sistema de referencia		2 (11%)	

RAZONES PARA LA OPCIÓN ESCOGIDA (JUSTIFICACIÓN)	GRUPO I	GRUPO II	COU
La variación de presión externa y la variación de peso o velocidad se contrarrestan	3 (14%)		1 (6%)
Las velocidades relativas (observador y burbuja) son iguales	4 (18%)		
Aparece una nueva fuerza que empuja a las burbujas hacia abajo		3 (17%)	
<i>Desaparece la diferencia de presiones en el interior/ Aparece una fuerza inercial que contrarresta al peso</i>	1 (4%)	4 (22%)	
Otras (p.e. el líquido sale del vaso)		6 (33%)	2 (11%)
No contesta	6 (28%)		

**Tabla 2.** Categorías en que se encuadran las distintas justificaciones. (La respuesta considerada correcta aparece en cursiva; los porcentajes están redondeados)

De la Tabla 2 se pueden identificar distintos niveles de justificación en las respuestas de los alumnos: (a) algunas justificaciones tienen que ver implícitamente con la oposición de los conceptos ligero frente a pesado ("Las burbujas son menos densas que el líquido", "El ascenso de las burbujas no depende del estado de movimiento"), (b) otras justificaciones tienen que ver con el Principio de Arquímedes ("El aumento de la presión externa no influye en la velocidad de ascenso sino en el tamaño", "Desaparece el peso del líquido y sólo actúa el empuje"), mientras que otras (c) solamente hacen una descripción de la situación sin explicarla ("Se modifica la presión sobre el gas", "Burbujas y observador forman parte del mismo sistema de referencia", "Las velocidades relativas (observador y burbuja) son iguales), otras (d) son simplemente alternativas desde el punto de vista de la ciencia ("La variación de presión externa y la variación de peso o velocidad se contrarrestan", "Aparece una nueva fuerza que empuja a las burbujas hacia abajo"). Es interesante señalar que estos niveles de justificación tienen que ver con el desarrollo histórico de las ideas sobre flotación, desde la contraposición entre pesado y ligero (está en la naturaleza de las cosas ligeras el ascender, y en la de las pesadas el de ir hacia abajo) hasta las explicaciones más elaboradas de la ciencia actual, pasando por la descripción y cuantificación del hecho (Principio de Arquímedes).

Por lo que respecta a los alumnos de COU, la gran mayoría considera que las burbujas siguen subiendo (opciones B y C) y sus justificaciones tienen más que ver con la descripción ("Se modifica la presión sobre el gas") que con la explicación del problema. Contrariamente a lo que cabría esperar, los componentes del grupo de COU no tratan de utilizar mayoritariamente el principio de Arquímedes para explicar el problema. Menos de un tercio de las justificaciones tienen que ver con la contraposición pesado-ligero o con el principio de Arquímedes ("Las burbujas son menos densas que el líquido" con el 11% y "El aumento de la presión externa no influye en la velocidad de ascenso sino en el tamaño").

Sin embargo, al preguntar por el fundamento físico del comportamiento de las burbujas (Tabla 3), vemos que los alumnos de COU responden mayoritariamente en términos de ligero frente a pesado ("El gas es menos denso y sube", 33%) y del Principio de Arquímedes ("Volumen de las burbujas", 22%), dejando en un tercio la proporción de respuestas "descriptivas".

FUNDAMENTO FÍSICO PARA QUE SUBAN O NO (RESPALDO)	GRUPO I	GRUPO II	COU
Velocidad de caída de la cesta			2 (11%)
El gas es menos denso y sube	5 (21%)	1 (6%)	6 (33%)
Las fuerzas sobre el líquido son las mismas en caída libre que en reposo	4 (17%)		
Volumen de las burbujas			4 (22%)
Desaparece el peso y sólo actúa el empuje	1 (4%)		
Modificación de la presión sobre el líquido	10 (42%)	7 (39%)	6 (33%)
Se contrarresta la presión externa y el peso	3 (12%)		
<i>Variación de la presión en el seno del líquido</i>	<i>1 (4%)</i>	<i>4 (22%)</i>	
Otras		6 (33%)	

**Tabla 3.** Categorías en que se encuadran los distintos respaldos. (La respuesta considerada correcta aparece en cursiva; los porcentajes están redondeados)

Respecto a los grupos I y II no parece que hagan diferencia entre justificación y respaldo, pues las categorías en que se engloban sus respuestas a la tercera pregunta son similares a las de la segunda. Aún así, aumenta el número de respuestas que hacen referencia a la modificación de la presión externa sobre el líquido (42% en el caso de GI y 39% para GII), así como las que tienen que ver con la "ligereza" de los gases frente a los líquidos (21% para GI y 6% para GII).

Cuando se les trata de obligar a reflexionar acerca del efecto de la caída libre sobre las burbujas (Tabla 4) observamos que los alumnos de COU no son conscientes de lo que ocurre en sistemas no inerciales: no hay ninguna respuesta que se pueda encuadrar en las categorías "Se anula el peso" (que sería una explicación parcial) o "Desaparecen las fuerzas sobre las burbujas". Todo ello a pesar de poseer los conocimientos necesarios respecto a la dinámica de partículas e incluso estar éstos contextualizados en una situación similar a la que nos ocupa (en los libros de texto de secundaria está muy generalizado el ejemplo de una masa que cuelga de un dinamómetro unido al techo de un ascensor en movimiento ascendente o descendente). En los grupos I y II son mayoritarios los licenciados que afirman que la caída libre no tiene ningún efecto sobre la dinámica de las burbujas (71% en el GI y 41% en el GII), sin embargo entre los alumnos de COU esta respuesta no es mayoritaria aunque si una de las más

numerosas. Es interesante señalar que los componentes de GI son coherentes cuando afirman que las burbujas suben con la misma velocidad (Tabla 1) y luego dicen que la caída libre no tiene ningún efecto sobre las mismas. Sin embargo los de GII son incoherentes al afirmar que la caída libre no tiene ningún efecto sobre las burbujas (41%) y previamente declarar que en tal situación las burbujas no deberían de subir (68%).

EFEECTO DE LA CAÍDA LIBRE SOBRE LAS BURBUJAS	GRUPO I	GRUPO II	COU
Ninguno	17 (71%)	7 (41%)	4 (19%)
Se anula o disminuye la presión externa	1 (4%)		3 (14%)
Aumenta la presión externa			6 (29%)
Se aplanan las burbujas		3 (18%)	
Se anula el peso	2 (8%)	3 (18%)	
<i>Desaparecen las fuerzas sobre las burbujas</i>		3 (18%)	
Otras		1 (6%)	6 (29%)
No sabe o no contesta	4 (17%)		2 (9%)

**Tabla 4.** (La respuesta considerada correcta aparece en cursiva; los porcentajes están redondeados)

## 6. CONCLUSIONES

Como resumen podemos decir que en el contexto de este problema, pocos sujetos activan simultáneamente conocimientos relativos al peso y al estado de movimiento del sistema a pesar de que algunos son conscientes de la pérdida de peso de los cuerpos en caída libre. En cuanto a los conocimientos sobre flotación activados tienen mayoritariamente que ver con la contraposición ligero frente a pesado y con la utilización del principio de Arquímedes como explicación aunque en una situación dinámica fuera de los límites de aplicación del mismo. Solamente algunas respuestas tienen que ver con ideas alternativas a la ciencia escolar. Cabe señalar que son pocos los sujetos conscientes de que el principio de Arquímedes no da una explicación sino que da una descripción y cuantificación de un hecho.

Respecto a las destrezas argumentativas, no parece que los sujetos sean conscientes de los diferentes niveles de explicación reclamados en las preguntas de la tarea. Así, los respaldos son similares a las justificaciones y no tienen un mayor nivel teórico ni una aplicación más general. Esta situación está ligada a las características de la tarea presentada: ni los estudiantes de COU ni los licenciados de los grupos I y II están acostumbrados a resolver problemas en grupo de

una forma argumentada. Así, no parece que exploren de una forma sistemática las posibles soluciones ni las razones que las sustentan. Encontramos así problemas de coherencia entre la opción escogida y sus razones, fundamentalmente entre los componentes de GII. Una de las destrezas más importantes para la resolución de problemas es la identificación de las variables que tienen un efecto apreciable sobre la situación problemática. Sin embargo no parece que los sujetos de esta prueba exploren de forma sistemática las variables relevantes. Es más parece que trabajen con definiciones poco rigurosas: para solucionar el problema es fundamental distinguir entre presión externa (atmosférica) y presión hidrostática (en el seno de líquido), sin embargo no se hace esta distinción en las respuestas escritas<sup>1</sup>.

Del análisis de las respuestas escritas da la impresión que los grupos han empezado por llegar a un acuerdo acerca de qué opción escoger y posteriormente discutir acerca de las razones que las sustentan. No parece que hayan empezado a explicar el problema en una situación estática y posteriormente extender la explicación a una situación dinámica como la propuesta por el problema. Un trabajo que estamos llevando a cabo en estos momentos es el análisis de las conversaciones grabadas en algunos grupos, lo cual nos permitirá identificar las estrategias empleadas por cada equipo y comparar las de los resolutores de problemas "expertos" (Grupos I y II) con las de los resolutores "inexpertos o novatos" (alumnos de COU).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación proporcionada por la DGICYT al proyecto PB94 - 0629, del cual este estudio forma parte.

## REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, V.M. (1997) Argumentación y razonamiento en los textos de física de secundaria. *Alambique*, 11, pp. 65-74
- ÁLVAREZ, V.M. (1998) Curriculum Design and its Relationship with Argumentation Patterns in Secondary Physics Classrooms. *Comunicación presentada en la 4th ESERA Summer School*. Marly-le-Roy (París), 26 de Agosto al 2 de Septiembre de 1998.

---

<sup>1</sup> En las Tablas 2, 3 y 4 algunas de las categorías hacen referencia a la presión externa, esta nomenclatura ha sido introducida por nosotros para clarificar la lectura de los resultados. Todas las respuestas clasificadas en estas categorías hacen referencia a la presión en general, sin distinguirla de la presión hidrostática. Por el contrario, las respuestas que si establecen esta distinción están incluidas en las categorías que hacen referencia a presión interna o a presión en el seno del líquido.

- ÁLVAREZ, V.M.; BERNAL, M.A.; GARCÍA-RODEJA, E. (1997) Destrezas argumentativas en Física: Un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación. Comunicación presentada en el *V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Murcia, Septiembre 1997.
- DUSCHL, R.A. (1990) *Restructuring Science Education*. New York: Teachers College Press. Traducido al castellano como: *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea, 1997.
- DUSCHL, R.A. (1995a) Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 13(1), 3-14.
- DUSCHL, R.A. (1995b) *Marcos de aplicación da Historia e Filosofia da Ciencia para o deseño do ensino das Ciencias da Terra*. En: Brañas, M.P.; González, M<sup>o</sup>C.; Jiménez, M<sup>o</sup>P., eds. *Traballando coas ciencias da Terra*. Santiago de Compostela: Imprenta Universitaria.
- DUSCHL, R.A.; GITOMER, D.H. (1996): Project SEPIA. Design Principles. *Comunicación presentada en la conferencia anual de AERA*. New York, Abril 1996.
- GIERE, R.N. (1994a) The cognitive structure of scientific theories. *Philosophy of Science*, 61, pp. 276-296.
- GIERE, R.N. (1994b) Viewing Science. *Conferencia pronunciada en los encuentros bianuales de la PSA*, vol.2. New Orleans, Octubre 1994.
- JIMÉNEZ, M<sup>o</sup>P. (1997) Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Conferencia pronunciada en el V Congreso de Investigación en Didáctica de Ciencias*. Murcia, Septiembre 1997.
- JIMÉNEZ, M<sup>o</sup>P.; BUGALLO, A.; DUSCHL, R.A. (1997) Argument in High School Genetics. *Comunicación presentada en la conferencia anual de la NARST*. Chicago, Marzo 1997.
- KELLY, G.J.; DRUKER, S.; CHEN, C. (1997) Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *Comunicación presentada en la conferencia anual de AERA*. New York, Abril 1996.
- KITCHENER, K.S. (1983) Cognition, Metacognition and Epistemic Cognition. A Three-Level Model of Cognitive Processing. *Human Development*, 26, pp. 222-232.
- LATOUR, B. (1992) *Ciencia en Acción*. Barcelona: Labor.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. (1986) *Laboratory life. The construction of scientific facts*. New Jersey: Princeton University Press. Traducido al castellano como: *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza, 1995.
- PONTECORVO, C.; GIRARDET, H. (1993) Arguing and reasoning in understanding historical topics. *Cognition and Instruction*, 11 (3 y 4), pp. 365-395.
- SEPIA (1994) *Science Education through Portfolio Instruction and Assessment*. Vessels Unit. Duschl, R.A. y Gitomer, D.H. (Coords.). University of Leeds.

TOULMIN, S.E. (1958): *The uses of argument*. Cambridge: University Press. (2ª ed., 1969)

TOULMIN, S.E.; RIEKE, R.; JANIK, A. (1979): *An introduction to reasoning*. New York: Macmillan Publishing Co.

## ANEXO I

COU 1997-98

Nombre y apellidos:

Grupo:

Edad:

Repetidor: Si No

### *El misterio de las burbujas*

El aviador y profesor de la M horr's University (Ohio) Vincent O'Flying estaba en la cumbre de la fama cuando sufrió un desgraciado accidente que lo llevó a la muerte mientras trataba de realizar la travesía del Atlántico en globo aerostático. Tenemos noticias de sus últimas horas gracias a un radioaficionado gallego que estableció contacto con el piloto cuando se aproximaba a nuestras costas.

Sabéis que la travesía fue muy bien, con vientos continuos de componente Este que le permitían una navegación pausad y a velocidad constante. Sin embargo, por causas inexplicables, la cesta se desprendió del globo dirigiendo al aeronauta al mar desde una altura de 11500 m. Consciente de que su muerte era inevitable, las últimas palabras de O'Flying fueron *"solo me consuela de mi suerte el paisaje y las burbujas que salen de mi vaso de (...)"*

Estas palabras fueron muy discutidas por los periódicos de la época, ya que:

- a.- El Nova Iorque Flowers afirmaba que O'Flying quiso dejar a la posteridad una que lo recordara en la historia de la aeronáutica por su aplomo y sangre fría. Los editores del periódico apoyaban su afirmación diciendo: *"... O'Flying era conocido en el mundo del periodismo por su desmedido afán de protagonismo y por ser un mentiroso compulsivo. Prueba de ello es que es imposible que de su vaso salieran burbujas mientras caía al mar, y por tanto su frase..."*
- b.- El Herald Flyers (periódico que publicaba las exclusivas de O'Flying) defendía la memoria del aviador diciendo que los editores del N.I. Flowers atacaban al difunto porque en vida nunca les había concedido una exclusiva, y que la famosa frase expresaba la calma del aviador. Según este mismo periódico *"...los que afirmaban que el vaso de O'Flying no echaba burbujas mienten, ya que todo el mundo sabe que al estar cayendo las burbujas tienen que salir con mucha mas velocidad. Además la marca (...) se caracteriza por la calidad del producto que..."*
- c.- Otros periódicos, subsidiarios de la citada marca, afirmaban que las burbujas no solucionaban el dilema, porque *"...es bien sabido que siguen subiendo a la misma velocidad ya que no les afecta para nada si la cesta sube o baja, y por tanto los periodistas resentidos no deberían enjuiciar la honorabilidad del intrépido aviador..."*

Esta discusión se prolongó durante muchos meses hasta que la ciencia tomó partido empleando el argumento referente a las burbujas.

Discute con tus compañeros las siguientes cuestiones.

*(Este texto ha sido traducido, pues se presenta en gallego a los alumnos)*