

# LA BÚSQUEDA DE LA UNIDAD

(La estructura de todas las cosas)

CIENCIAS DE LA NATURALEZA, 13-14

---

L I B R O D E L P R O F E S O R

---

J. Martínez Torregrosa, M. Alonso Sánchez, F. Carbonell Gisbert,  
J. Carrascosa Alís, J. L. Domenech Blanco, A. Domenech Pastor,  
L. Osuna García, F. Sendra Bañuls, R. Verdú Carbonell

1993

 Editorial  
**GUÀRDIA**

ISBN: 84-8018-040-4

Año 1993

## 4

## LA BÚSQUEDA DE PROPIEDADES COMUNES EN UN MUNDO DIVERSO: PROPIEDADES GENERALES DE LA MATERIA

Puesto que nos vamos a enfrentar al dilema diversidad/unidad, es decir, a cuestionar si todas las cosas que nos rodean —y nosotros mismos— son intrínsecamente distintas o, por el contrario, existe algo común que pueda explicar la enorme complejidad que podemos observar, una posible forma de comenzar puede ser la búsqueda de propiedades comunes a *todos* los materiales.



Así pues, la cuestión que vamos a abordar, es: ¿tendrán todos los materiales que nos rodean algunas propiedades que sean comunes y que, por tanto, permitan avanzar hacia la unidad de la Naturaleza?

Empezaremos enumerando ejemplos de materiales y buscando propiedades generales:

**A.1** Mencionar materiales o sustancias de cualquier tipo.

**A.2** Señalar propiedades que, en principio, sean comunes a todos los ejemplos propuestos.

### COMENTARIOS A.1 Y A.2

Los alumnos suelen proponer ejemplos que se ciñen a sólidos y, en menor medida, a líquidos. Esta situación puede requerir que intervengamos recordando que el aire, y en general los gases, también son sustancias o materiales que deberán ser considerados en esta búsqueda de propiedades comunes. Ya en cursos anteriores se analizaron algunas propiedades del aire.

No obstante, a la hora de encontrar propiedades comunes a todos los ejemplos propuestos, los alumnos suelen chocar con una seria dificultad: mientras que si es posible encontrar propiedades comunes a sólidos y líquidos (volumen, peso, «se pueden tocar»...) la cuestión es mucho más difícil cuando se incluyen los gases.

Aparece, pues, una primera barrera en la búsqueda de la unidad de la materia: la barrera existente entre los gases, por un lado, y sólidos y líquidos, por otro. Se trata, además, de algo evidente, de sentido común: lo obvio, es que existen pocas cosas —si alguna— en común entre los gases y los sólidos.

Queda planteado, por tanto, un primer problema que va a estructurar este programa-guía, ya que el índice aparece como una posible estrategia para su resolución (Mtnez. Torregrosa, 1990; Verdú, 1990): en primer lugar profundizaremos en lo que tienen en común sólidos y líquidos, y, posteriormente, nos plantearemos de un modo más preciso si los gases tienen dichas propiedades comunes o, por el contrario, constituyen —como parece a simple vista— una entidad esencialmente distinta.

A la vista de los problemas planteados en las actividades anteriores, una posible estrategia para profundizar en la búsqueda que nos proponemos podría ser el siguiente ÍNDICE:

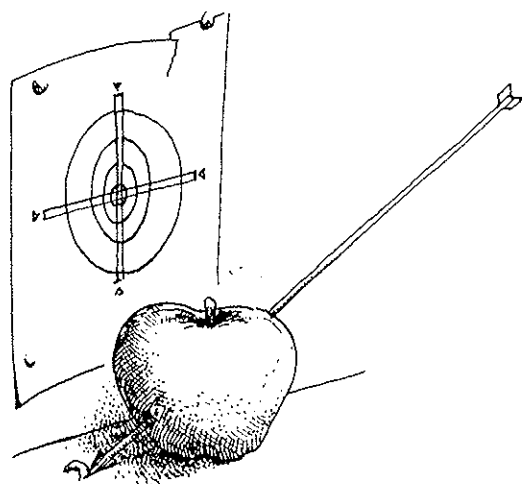
1. Estudio de las propiedades que, en principio, son comunes a sólidos y líquidos.
  - 1.1 Operativización de la idea de volumen.
  - 1.2 Operativización de la idea de peso.
2. Una primera barrera a superar en la búsqueda de la unidad: la existente entre gases y sólidos/líquidos (¿Tienen los gases las propiedades anteriores?).
3. Profundización en el estudio de las propiedades de la materia: una propiedad general de la materia y diferenciadora de los materiales: la densidad.
  - 3.1 Propiedades diferenciadoras de los distintos materiales.
  - 3.2 Concepto de densidad.
4. Problemas abiertos.
5. Actividades complementarias.

## **1. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES COMUNES A SÓLIDOS Y LÍQUIDOS**

En principio, parece existir acuerdo en que el volumen y el peso son propiedades comunes a los líquidos y los sólidos. Profundizaremos en el estudio de estas propiedades para ver en qué medida esto es así, y para poder abordar posteriormente, con detenimiento, si dichas propiedades son o no compartidas por los gases.

### **1.1 Operativización de la idea de volumen**

- A.3** Hacer estimaciones comparativas del volumen de algunos objetos presentados por el/la profesor/a. Comprobar su validez midiéndolo.



¿Qué podemos decir de su tamaño? ¿Y de su volumen?

### COMENTARIOS A.3

Se pretende salir al paso, con esta actividad, de la posible confusión entre volumen y tamaño (alguna dimensión grande). Con este fin, proporcionaremos objetos de tamaños muy distintos (una lámina de plástico, una bola de acero...) y cuyo volumen sea fácil de medir posteriormente (por ejemplo, por inmersión, debiendo evitar la utilización de objetos que puedan interactuar con el agua, como por ejemplo la tiza...).

- A.4** Definir la unidad de volumen y sus divisores más importantes. Hacer estimaciones del volumen de objetos o habitaciones, y someterlas a prueba, hasta tener una idea intuitiva aproximada de los mismos.

### COMENTARIOS A.4

Una vez introducida la unidad de volumen (el metro cúbico) y sus divisores más importantes, conviene manejar objetos y recipientes de uso cotidiano, tales como dados, cajas de leche, la mesa..., en los que los alumnos puedan identificar aproximadamente, unidades convenientemente utilizadas como  $1 \text{ cm}^3$ ,  $1 \text{ l}$ ,  $1 \text{ m}^3$ , etc. y compararlas entre sí. Todo ello ayuda sin duda a evitar respuestas absurdas del tipo « $1 \text{ cm}^3$  tiene 1000 litros», etc. La esti-

mación aproximada del volumen de distintos objetos como trozos de tiza, un televisor o la propia clase es una actividad muy adecuada para comprender realmente el significado físico de las unidades de medida de volumen utilizadas.

- A.5** Decir en qué medida el volumen de un objeto -líquido o sólido- es una propiedad invariable del mismo —permanece siempre igual—, o depende de algunas condiciones. Proponer ejemplos que aclaren la cuestión.

### COMENTARIOS A.5

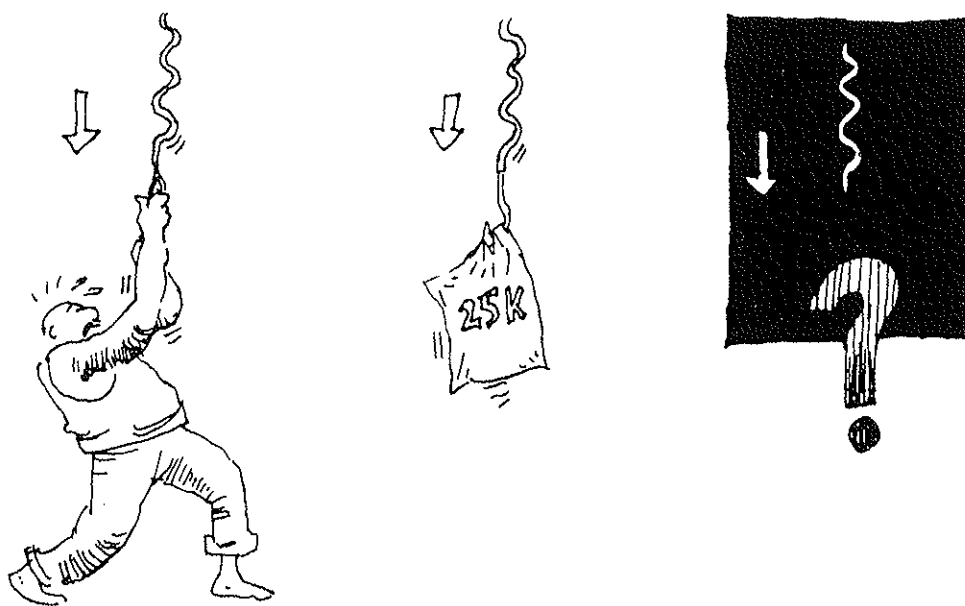
Es sencillo nombrar ejemplos familiares como la dilatación de los objetos metálicos con el calor ó el aumento del volumen que sufre el agua líquida al solidificarse. En ambos casos aprovecharemos para resaltar algunas consecuencias importantes relacionadas con dichas variaciones como, p.e., la construcción de termómetros de mercurio ó la disgregación de rocas en la montaña cuando después de llover se hiela el agua contenida en las grietas y agujeros de las mismas.

En ocasiones, algunos alumnos pueden referirse a que el volumen de un sólido no es el mismo cuando éste se rompe en fragmentos o, incluso, a que el volumen de un líquido varía cuando lo vertemos en recipientes de distintas formas (altos y estrechos, anchos, etc.). Conviene que nos aseguremos de que los alumnos han superado estas ideas, comunes entre los niños más pequeños.

## 1.2. Operativización de la idea de peso

Una posible manera de abordar el estudio de esta propiedad es analizar aspectos del comportamiento de los cuerpos que se deban a que tienen peso.

- A.6** Señalar aspectos del comportamiento de los cuerpos que se deban a que tienen peso.



## COMENTARIOS A.6

Algunos de los aspectos que pueden mencionarse son: «que se caen, que se hunden, que aplastan o estiran de otros objetos...». Ello permite que en la puesta en común, hagamos hincapié en la idea de que el peso es una fuerza, pues los aspectos mencionados son efectos que se producen cuando se ejercen fuerzas. Puede ser necesario proponerles una experiencia mental para que admitan esta idea: «Imaginad que disponemos de dos muelles luminosos en una habitación totalmente oscura, ¿podríamos distinguir si su estiramiento es debido a que se le está ejerciendo una fuerza o a que se ha colgado un cuerpo?». Si los efectos son los mismos, debemos concluir que sobre los dos se está realizando lo mismo: una fuerza.

Somos conscientes del enorme paso que supuso la identificación fuerza/peso en el desarrollo de la Física, y que realizar este paso con los alumnos de manera adecuada —coherente con la metodología científica— requeriría mucho más tiempo y posiblemente otra estructura del curso. Dejamos todo ello para el último ciclo de la enseñanza secundaria obligatoria, y optamos conscientemente por este desarrollo basado en intuiciones, muy lejos de lo que supuso el desarrollo científico de este problema, pero que nos parece más adecuado para el nivel de este curso.

**A.7** Si, como acabamos de ver, el peso es una fuerza, sería muy útil disponer de un instrumento para medir fuerzas. A partir de alguno de los efectos mencionados, proponer alguna forma de hacerlo.

### COMENTARIOS A.7

Se trataría de aprovechar la propiedad que tienen los materiales elásticos (estirarse cuando actúan fuerzas sobre ellos y recuperar la forma inicial cuando dejan de actuar), para hacer una estimación de la fuerza que se ejerce sobre ellos.

Conviene detenernos en el diseño de este instrumento por su utilidad para operativizar y profundizar en la idea de peso.

**A.8** Formular hipótesis acerca de los factores de que dependerá el estiramiento que experimente un muelle que cuelga verticalmente. Avanzar, además, el tipo de dependencia esperada.

### COMENTARIOS A.8

Las diferentes propuestas de los alumnos (fuerza que actúa, material del muelle, longitud, grosor...) deberán ser refundidas en dos: fuerza que actúa y características del muelle. Es posible avanzar además —y es importante pedírselo así a los alumnos— que cuanto mayor sea la fuerza mayor será el alargamiento (dentro del límite de elasticidad).

**A.9** Diseñar una experiencia para contrastar la hipótesis emitida.

### COMENTARIOS A.9

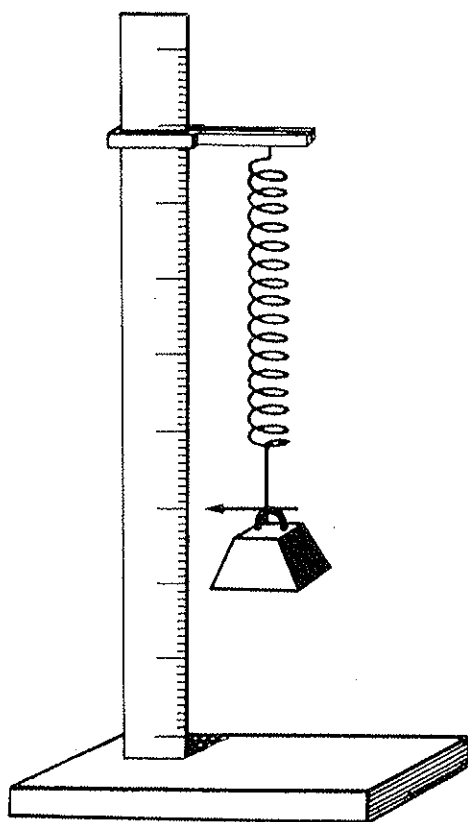
Se trata de una actividad en la que los alumnos deben enfrentarse al control de variables. Sin dificultades llegan a que para contrastar la influencia de la fuerza en el estiramiento es necesario usar el mismo muelle, y, por el contrario, si se desea verificar la influencia de alguna característica del muelle sería necesario mantener el resto de variables fijadas y modificar únicamente dicha característica. Dada nuestra intención, nos centraremos en la



influencia de la fuerza. A este respecto los alumnos proponen hacer fuerzas distintas sobre el muelle y medir los correspondientes estiramientos, lo que plantea dificultades técnicas que hay que resolver.

**A.9.1** Antes de llevar a cabo la experiencia diseñada es necesario resolver algunos problemas técnicos:

- Cómo medir fuerzas
- Cómo medir elongaciones o estiramientos.



### COMENTARIOS A.9.1

La manera más plausible de obtener fuerzas de valor relativo conocido (el doble, el triple...), es colgar cuerpos idénticos (por ejemplo, pesas, tuercas, tornillos...) del muelle. Ello supone aceptar que si un objeto ejerce una determinada fuerza sobre un muelle, dos objetos idénticos ejercerán, en las mismas condiciones, el doble de fuerza, tres el triple..., por tanto —si los objetos son iguales— podemos tomar como medida de la fuerza que está actuando sobre el muelle el número de objetos que cuelgan de él (lo que supone tener como unidad arbitraria la fuerza que ejerce una sola pesa). La medición de los estiramientos no ofrece más dificultad que la elección de un muelle con el extremo visible y la colocación de una regla milimetrada de modo que se pueda apreciar bien los desplazamientos. Un montaje típico, al final de la discusión, se muestra en la figura.

**A.9.2** Preparar con el máximo detalle los elementos necesarios para recoger y ordenar los datos, así como realizar su análisis.

**A.10** Llevar a la práctica la experiencia diseñada.

#### COMENTARIOS A.9.2 Y A.10

Los alumnos tienen, de nuevo, oportunidad de poner en práctica (A.10) aspectos desarrollados en el capítulo 2, como la preparación de tablas, la realización de medidas, y la representación de los datos en gráficas con el fin de obtener una posible relación.

**A.11** A partir de las tablas y de la gráfica extraer conclusiones de los resultados obtenidos.

#### COMENTARIOS A.11

Aunque ya en el capítulo 2 se planteó por primera vez, ahora que los alumnos han realizado sus reflexiones cualitativas, debemos recordar que cuando se tienen dos magnitudes, como la fuerza y la elongación en el caso que nos ocupa, tales que a una fuerza determinada le corresponde un estiramiento determinado (y sólo uno), se dice que una es función de la otra (es decir, que el estiramiento es función de la fuerza), y, simbólicamente se representa como  $E = f(F)$ . En muchos casos de interés en Física y Química, es posible encontrar una relación entre las dos magnitudes que pueden expresarse en forma de ecuación (p. ej.:  $y = 3x$  ;  $e = 4t + 5$ ;...) de manera que se puede obtener el valor del estiramiento que produce una fuerza determinada sin hacer la medición. Cuando no es posible encontrar esta relación, se pueden hacer predicciones a partir de la gráfica.

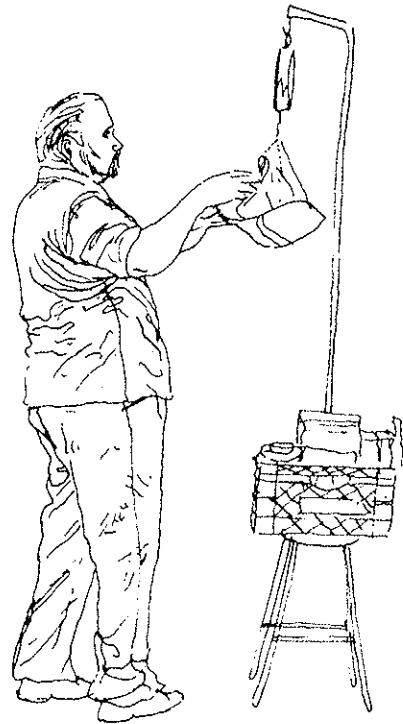
Hay que aprovechar esta ocasión, también, para salir al paso de la visión simplista de la ciencia, en la que se considera que unos pocos resultados de unas experiencias escolares llevan a la confirmación o rechazo de las hipótesis planteadas (Hodson, 1985). Es necesario señalar que experiencias de este tipo han sido repetidas por numerosos investigadores (y en condiciones mucho mejores) apuntando los resultados a la existencia de una relación lineal entre fuerza y estiramiento, es decir, doble fuerza, doble estiramiento..., siempre y cuando estén dentro de cierto límite, es decir, que el muelle sea elástico, comprobando el campo de validez.

**A.12** Analizar la relación que existe entre el peso de un cuerpo y la fuerza que ejerce sobre el muelle. Es decir, un cuerpo colgado de un muelle, ¿ejercerá siempre sobre él la misma fuerza?, ¿será esta fuerza su peso?

### COMENTARIOS A.12

Puesto que vamos a utilizar los resultados obtenidos para profundizar en la idea de peso, conviene plantear explícitamente la relación entre la fuerza que ejerce un cuerpo cuando cuelga de un muelle y su peso. Mediante ejemplos adecuados, los alumnos —que precipitadamente suelen afirmar la igualdad de los mismos— ven que la fuerza con que el cuerpo estira del muelle será igual a su peso siempre y cuando no actúen otras fuerzas sobre el cuerpo o estas sean despreciables (así cuando el cuerpo está sumergido en el agua la fuerza que actúa sobre el muelle no coincide con el peso, lo mismo ocurrirá con objetos ligeros en el aire...). Pero en las condiciones adecuadas, intuitivamente, es fácil admitir que si no varía el movimiento del cuerpo los alargamientos de un muelle pueden servir para medir el peso, y que, además, a doble estiramiento doble peso, triple estiramiento triple peso...

Puesto que, como hemos dicho, estamos buscando también aquellas propiedades de la materia que permanecen invariables, sin cambiar, en la Naturaleza, es necesario —al igual que hicimos con el volumen— plantear si la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un muelle será siempre la misma.



**A.13** Como sabemos, si colgamos un objeto de un muelle éste se estira. Si el muelle y el objeto no varían, ¿será el alargamiento siempre el mismo independientemente del lugar del Universo donde se realice la experiencia?

### COMENTARIOS A.13

Los alumnos avanzan -sin duda debido a aprendizajes extraescolares- que a medida que nos alejamos de la Tierra el alargamiento del muelle sería menor y, por tanto, el peso disminuiría. También dicen que en la Luna o en Júpiter el alargamiento sería distinto. Es una ocasión propicia para introducir la idea de que el peso es la fuerza con que la Tierra (u otro planeta) atrae a los cuerpos.

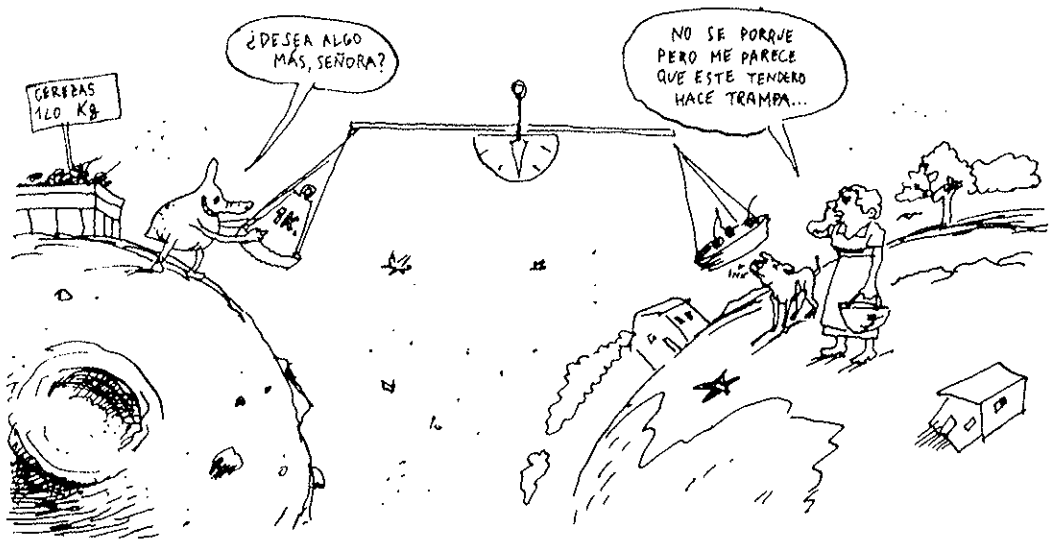
No se trata de que pensemos que con esto los alumnos han aprendido significativamente el concepto de peso, relacionado con la gravitación universal, que fue, como hemos dicho, una gran barrera cuya superación supuso un avance cualitativo en la comprensión de la Naturaleza. Nos reiteramos en los comentarios de la A.6, es decir, en el carácter intermedio del curso, que se halla entre un tratamiento de los problemas precientífico —propio de la enseñanza primaria— y un tratamiento científico —propio de cursos posteriores—. En cualquier caso, la intencionalidad de estas actividades era poner en duda el hecho evidente de que el peso es una propiedad inherente e invariable de los cuerpos, preparando así la siguiente cuestión.

**A.14** Un trozo de un material se coloca en la superficie de la Tierra, en la Luna y en Júpiter. ¿Qué podemos decir de su peso, y de la «cantidad de materia» que tiene en cada sitio?

### COMENTARIOS A.14

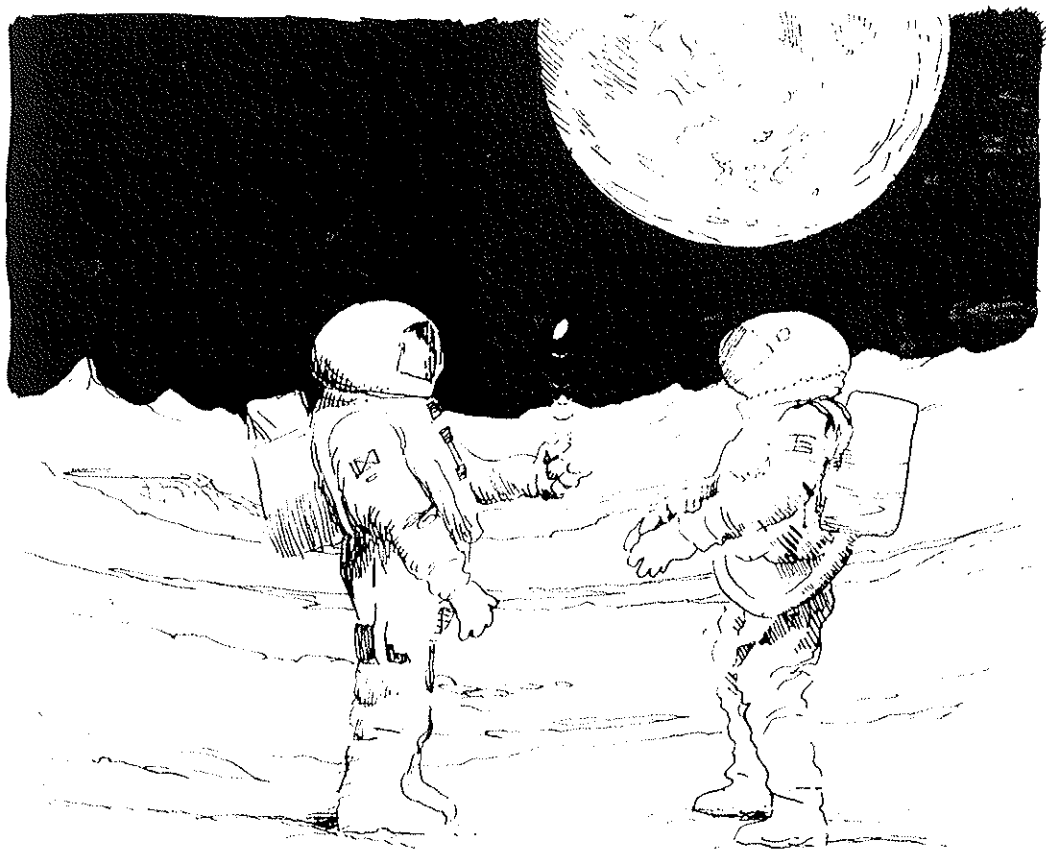
Los alumnos plantean claramente que aunque el peso —la fuerza con que es atraído por los planetas— varía, existe «algo», la «cantidad de materia», que permanece invariable para un objeto se encuentre donde se encuentre. A la cantidad de materia se llama masa, y su valor puede medirse con la balanza por comparación con un valor patrón (el kilogramo) —siempre y cuando los dos platillos se encuentren sometidos a la misma atracción gravitatoria (imagínese una balanza con un platillo en la Tierra y otro en la Luna).

La masa aparece así como una propiedad invariable de los cuerpos, y se separa claramente del peso.



Acabamos de introducir la idea de que el peso de un cuerpo es la fuerza con que es atraído por un planeta. Es posible utilizar esto para tener una idea intuitiva de la unidad de la fuerza: el peso de un cuerpo de 100 g en la superficie terrestre es «aproximadamente» de 1 N (1 Newton es la unidad de fuerza).

- A.15** Con el fin de adquirir una idea intuitiva del valor de 1 N, indicar qué objetos habría que sostener para realizar fuerzas aproximadas de 1 N, 10 N, 100 N y 600 N.
- A.16** La fuerza con que un planeta atrae a 1 kg de masa es una característica del planeta y del lugar donde se encuentre el cuerpo. En la superficie de la Tierra vale  $9.8 \text{ N/kg}$ , en la de la Luna vale  $1.6 \text{ N/kg}$ , en Júpiter  $25.9 \text{ N/kg}$  y en una estrella de neutrones, del orden de  $2 \cdot 10^{11} \text{ N/kg}$ . Hallar el peso de una persona de 70 kg en cada sitio.
- A.17** Un astronauta va alejándose de la superficie terrestre, ¿cuándo dejará de pesar?



### COMENTARIOS A.15, A.16 Y A.17

En estas actividades el alumno se familiarizará con el concepto de fuerza-peso, así como con el valor de unidad de 1 N. En la actividad A.16, se incide sobre el valor relativo del peso, puesto que depende del lugar donde se mida, y que se puede apreciar analizando qué efectos percibiríamos en nuestros movimientos si viviéramos en la Luna o en Júpiter. Por el contrario, permanece invariante el valor de la masa. En la A.17 señalaremos que a medida que nos vamos alejando de la superficie de la Tierra irá disminuyendo el peso y que éste se hará cero sólo en el infinito. Esto ha de permitir salir al paso de algunas ideas espontáneas erróneas extendidas entre los alumnos, como las de suponer que la atracción gravitatoria sólo llega hasta el límite de la atmósfera: algunos piensan que en la Luna los objetos no pesan o que no caen porque no hay atmósfera (Noce, G. et Al, 1988), o que en el vacío los cuerpos no pesan, o bien que los cuerpos en órbita (como un astronauta) no pesan porque «flotan» (Ruggiero, S. et Al., 1985). No obstante, la idea de que un cuerpo

pesa —es decir sufre una fuerza de atracción gravitatoria— por muy alejado que esté de la Tierra e independientemente de su estado de movimiento choca contra algunas ideas obvias para los alumnos. Como ejemplo podemos decir que en una órbita situada a 500 km sobre la superficie de la Tierra el valor de la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos sería de 8,4 N/kg. Una pregunta típica, por ejemplo, en esta discusión suele ser que por qué entonces no cae el astronauta si pesa. Se trata de una idea espontánea errónea muy arraigada y cuya superación sólo será posible cuando, en cursos posteriores, se desarrolle el estudio del movimiento, la fuerza y la gravitación. No obstante, podemos introducir la idea de que si estuviera parado respecto al centro de la Tierra sí que caería, pero que un objeto en órbita tiene una velocidad tal que aunque cae, no se acerca a la superficie terrestre ya que ésta (el horizonte) también «cae» (al ser esférica): si la Tierra fuera infinita y plana todos los objetos caerían al suelo independientemente de la velocidad que tuvieran.

- A.18** En el lenguaje cotidiano se dice que un objeto pesa 3 kg o una persona 60 kg. Razonar en qué medida es correcta esta forma de expresarse y si debería o no ser cambiada.

#### COMENTARIO A 18

Esta actividad sale al paso de la diferencia entre el lenguaje coloquial, poco preciso y ambiguo, y el lenguaje que la ciencia debe utilizar, mucho más preciso y riguroso. En este sentido podremos hacer reflexionar a los alumnos y considerar que estando en el mismo lugar la distinción entre masa y peso es imperceptible. No ocurriría lo mismo si la altura con respecto a la superficie terrestre cambiase apreciablemente. Por otra parte, lo que se está diciendo al afirmar que una persona pesa 60 kg es que dicha persona pesa lo mismo que un cuerpo de 60 kg de masa colocado en ese mismo lugar, luego no se trata tanto de cambiar esta forma de expresarse, como de interpretarla correctamente.

- A.19** Realizar un resumen de lo visto hasta aquí, resaltando cuál era el problema que tratábamos de solucionar, cuánto se ha avanzado y qué vamos a hacer a continuación.

## COMENTARIO A.19

Con esta actividad se pretende retomar el hilo conductor del tema para ver dónde nos encontramos: qué hemos avanzado en la resolución del problema y qué queda por abordar. Se trata de una actividad típica en todo trabajo de investigación: reflexión sobre lo hecho para obtener, tanto una visión de lo que se ha realizado, como para orientar y clarificar el camino a seguir. Los alumnos, de esta forma, son conscientes de los progresos realizados a lo largo del tema así como el cambio en sus concepciones iniciales.

Es pues, un tipo de actividad que es necesario realizar con bastante frecuencia, y, en todo caso, cada vez que se hayan desarrollado apartados importantes dentro del hilo conductor del tema.

## 2. UNA PRIMERA BARRERA A SUPERAR: LA EXISTENTE ENTRE GASES Y SÓLIDOS/LÍQUIDOS

Como ya se dijo en la A.2, algunas de las propiedades que parecían comunes a sólidos y líquidos no lo eran para los gases. Aparece así una primera barrera en el camino hacia una concepción unitaria del mundo. Efectivamente, lo obvio, lo que parece de «sentido común» es que los gases carecen de alguna/s de las propiedades que hemos visto anteriormente.

**A.20** Analizar en qué medida las propiedades que hemos estudiado en el apartado anterior (volumen, peso, masa) lo son, también, de los gases. Exponer argumentos y ejemplos que apoyen vuestras opiniones.

Una de las razones aportadas en favor de que los gases no pesan (y, por tanto, no tienen masa) es que se mueven hacia arriba de modo espontáneo, o, lo que es lo mismo, que no caen, tal como ocurre con cualquier sólido o líquido de los que observamos habitualmente. Es un argumento tan obvio y convincente, que para muchas personas podría dejar la cuestión zanjada.

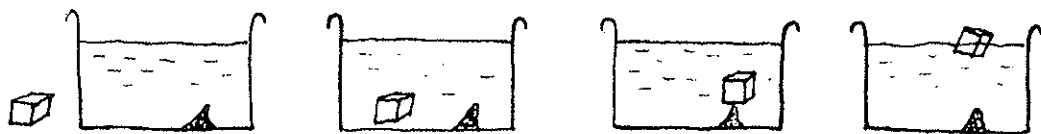
Sin embargo, ya hemos dicho que el avance científico supone, en ocasiones, poner en cuestión lo obvio, lo aceptado comúnmente como



«evidente». De hecho, muchas de esas «verdades evidentes» han supuesto barreras históricas cuya superación ha dado lugar a saltos en la comprensión de la Naturaleza. Así pues, vamos a «atacar» la barrera que nos ocupa, planteándonos si, realmente, todas las cosas que se mueven hacia arriba espontáneamente carecen de peso.

- A.20.1** Una cubeta llena de agua pesa 600 g. y un trozo de madera 50 g. Se sujeta el trozo de madera al fondo de la cubeta con un hilo muy fino, que posteriormente se rompe, subiendo la madera hasta la superficie donde se queda flotando. Señalar cuál será (\*) el peso total del conjunto cuando:
- La madera está fuera del recipiente
  - Está sujeta al fondo sin romperse el hilo
  - Se ha roto el hilo y está subiendo dentro del agua
  - Está flotando en la superficie

(\*) menos de 600 g; 600 g; entre 600 y 650 g; 650 g; otro.  
Comprobarlo experimentalmente.



Otra de las razones que podrían aportarse para justificar que los gases no pesan es que una balanza no marca más con una bolsa llena de aire que con la misma bolsa vacía. Analicemos, también, esta cuestión :

- A.20.2** Una báscula se encuentra totalmente sumergida dentro de agua. Indicar lo que marcará cuando se coloque sobre ella una bolsa de plástico llena de agua.

- A.20.3** Puesto que nos encontramos sumergidos en un «mar de aire», al colocar un globo o un erlenmeyer con aire en una balanza, nos encontramos en la situación anterior. ¿Qué podríamos hacer, entonces, para comprobar si el aire —y cualquier gas— pesa?

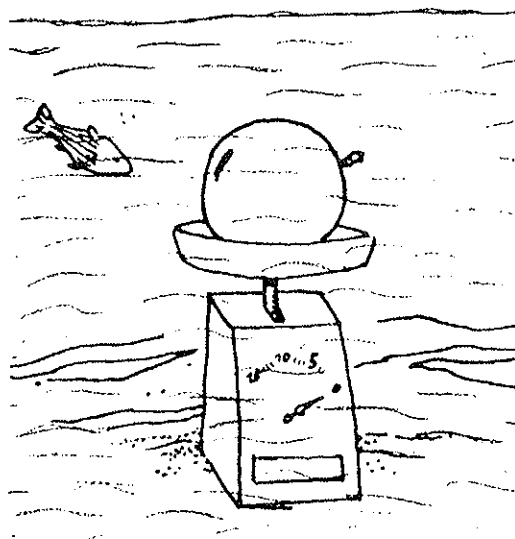
## COMENTARIOS A.20, A.20.1, A.20.2 Y A.20.3

El hecho de que los gases ocupan volumen se puede poner de manifiesto cogiéndolos por medio de bolsas de plástico, o viendo cómo si introducimos, en posición invertida, una botella aparentemente vacía y destapada, en agua u otro líquido, ésta no se llena del todo.

La idea de que los gases, particularmente el aire, no pesan se encuentra muy extendida en los alumnos desde edades tempranas (Novick y Nussbaum, 1981; Furió, 1983). Incluso algunos de ellos aluden al carácter «inmaterial» de

los gases. Éstos, en cambio, recuerdan de cursos anteriores que los gases sí pesan. En cualquier caso, deberemos resaltar que decidir si los gases tienen masa y, por tanto, que pesan si están suficientemente cerca de un astro, es un aspecto fundamental, ya que, como hemos visto, la masa es una propiedad general de todos los sólidos y líquidos, y que si también fueran una propiedad de los gases supondría que estos son tan «materiales» como los sólidos o líquidos.

En las primeras intervenciones de los alumnos, suele aparecer una de las causas fundamentales en la que, desde nuestro punto de vista, se basa la creencia de que los gases no pesan. La mayoría de los alumnos se refieren a que los gases se elevan (espontáneamente) o/y, lo que es equivalente, a que si pesaran caerían. Se trata de una extrapolación coherente con sus preconcepciones dinámicas: ellos piensan que el movimiento de los cuerpos va hacia donde va la fuerza (Carrascosa, J. y Gil, D.; 1985), y que, por tanto, si los gases pesaran, tendrían una fuerza hacia abajo y deberían moverse hacia allí (esto explica que admitan que el butano sí pesa, mientras el aire no). Evidentemente, no consideran que cualquier gas (o cualquier porción de aire) se encuentra dentro de un «mar» de aire y que, por tanto, pueden actuar sobre él otras fuerzas además del peso. Una comprensión total de este aspecto, requiere, pues, el desarrollo del principio de Arquímedes para gases, lo que se verá en cursos posteriores. No obstante, es posible avanzar en este mismo tema sobre este aspecto proponiendo a los alumnos las actividades A.20.1, A.20.2 y A.20.3 y comprobarlas experimentalmente, al menos alguna de ellas, como por ejemplo la A.20.1. Esta



experiencia se puede realizar en el aula pegando con plastilina un trozo de madera en el fondo de un vaso de precipitados lleno de agua.

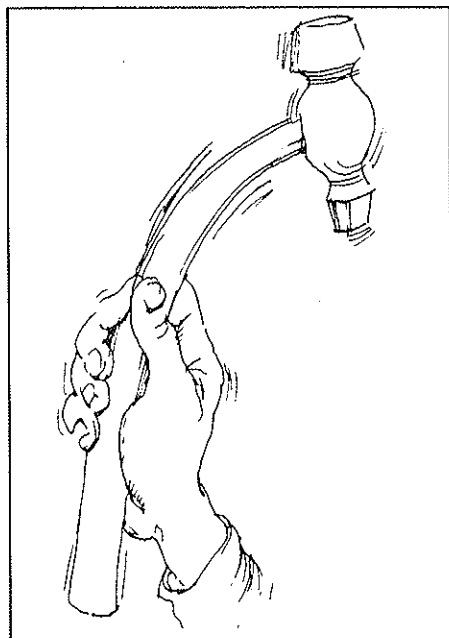
Otra de las razones que suelen utilizar para justificar que los gases no pesan es que el fiel de una balanza no se desplaza al colocar una bolsa de aire encima de ella. A este respecto se proponen las actividades A.20.2 y A.20.3. Se trata de dos actividades esencialmente idénticas, la primera de ellas se puede realizar experimentalmente en el aula y veremos cómo, si la bolsa de plástico es de peso despreciable, el fiel de la balanza continua sin desequilibrarse. Con esto pretendemos poner de manifiesto, que sólo podremos pesar líquidos o gases si nos encontramos en medios que son mucho más ligeros que ellos.

Cuando introducimos aire «a presión» en un recipiente sin que varíe su volumen, la densidad del aire del interior es mayor que la del exterior, por lo que puede manifestarse el peso del gas. Es lo que ocurre cuando hinchamos bastante un balón de fútbol o cuando, tras atravesar el tapón de un matraz erlenmeyer con una válvula de bicicleta, bombeamos aire dentro de él.

### 3. PROFUNDIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA MATERIA: PROPIEDADES DIFERENCIADORAS DE LOS DISTINTOS MATERIALES. ESTUDIO DE LA DENSIDAD

Hemos estudiado dos propiedades generales de la materia: **la masa y el volumen**, que son comunes a todos los cuerpos bien se encuentren en estado sólido, líquido o gaseoso, y que todos ellos son atraídos por los planetas y estrellas (es decir, pesan). Mediante dicho estudio hemos visto que un mismo objeto, con una masa determinada, puede sin embargo tener distintos tamaños, es decir ocupar volúmenes diferentes (como, p.e. un trozo de hierro cuando se calienta o un gas cuando se comprime más o menos, etc) o también tener distinto peso (según el lugar donde se encuentre).

La masa, el volumen y el peso se caracterizan además porque en principio pueden tomar cualquier valor sea cual sea la clase de material de que esté hecho el objeto considerado. Si pensamos en una bola de madera, en una porción de aire o de aceite, etc, no hay ningún inconveniente para que la masa de ésta pueda ser de 1 g, de 20 kg o de 3 toneladas. El mismo razonamiento podríamos hacer tanto con el volumen como con el peso.



No obstante, no podemos olvidar que los distintos materiales nos son útiles debido a que tienen propiedades que, a diferencia de las anteriores, toman valores definidos y distintos dependiendo de la clase de material. El estudio de este tipo de propiedades es también muy importante ya que p.e. pueden servirnos para identificar o reconocer distintas sustancias diferenciando unas de otras (pensar en casos en lo que esto sea necesario).

### 3.1. Propiedades diferenciadoras de los distintos materiales

**A.21** Citar materiales de uso habitual y las causas por las que son utilizados.

#### COMENTARIOS A.21

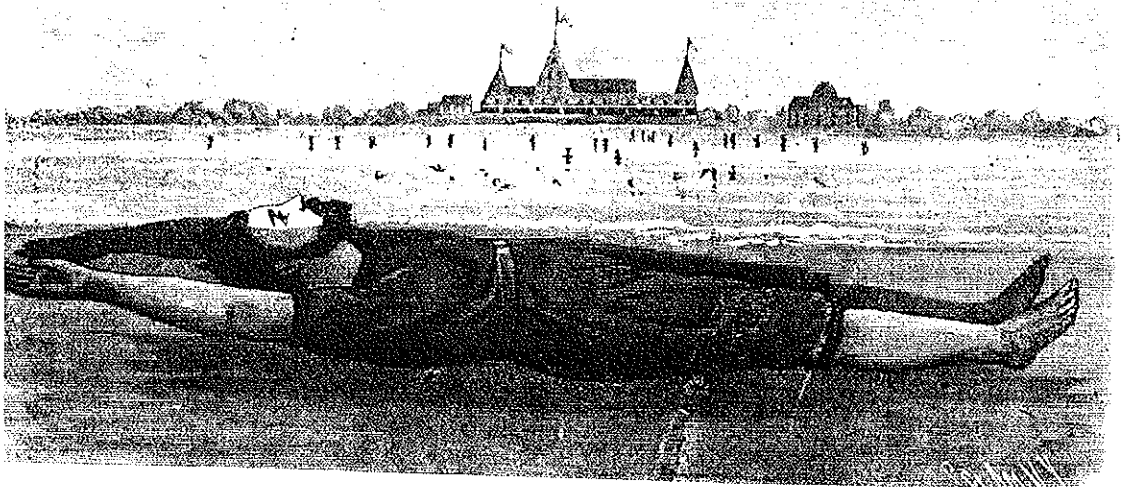
Los alumnos, tras la discusión en grupo, suelen referirse, entre otros, a materiales como las gomas, el diamante, el hierro, el aluminio, el amianto, el cobre, el vidrio, la cera, la madera, el plomo, la pólvora, el butano, la gasolina, el mercurio, etc, señalando que unos son elásticos, otros duros, ligeros, conductores de la corriente eléctrica, maleables, combustibles, pesados, funden más o menos fácilmente, etc.

Deberemos insistir en la importancia de las propiedades anteriores y que, aunque lo que buscábamos en nuestro avance hacia la unidad de la materia eran propiedades generales de la materia, en la vida cotidiana son las propiedades características de los materiales los que tienen importancia (pensemos en materiales conductores y aislantes, duros y blandos, ligeros y pesados, elásticos e inelásticos, etc).

Se han enumerado una gran cantidad de propiedades que pueden tomar valores muy distintos según sea el tipo de material que se considere. Como es lógico, no podemos realizar aquí un estudio en profundidad de cada una de ellas, de modo que nos limitaremos a considerar, a título de ejemplo, una de las más importantes: la relacionada con la existencia de materiales más o menos ligeros. Efectivamente, todos hablamos alguna vez de sustancias «más pesadas» o más ligeras que otras; así decimos que el plomo «pesa» más que el aluminio o la madera. Intuitivamente estamos apreciando una propiedad característica de las sustancias, a la que se da el nombre de **densidad**, que sirve para diferenciarlas y que tiene la importancia, como vemos, de estar relacionada con propiedades generales de la materia. Vamos, pues, a estudiarla con detalle.

### 3.2 Concepto de densidad

**A.22** Anteriormente se han señalado materiales que se utilizan porque son «ligeros» y otros porque son «pesados». ¿Qué pesa más la madera o el hierro?



## COMENTARIOS A.22

Los grupos de alumnos han de llegar a la conclusión de que la pregunta es absurda a **menos que** se haga la comparación en el mismo lugar y con volúmenes iguales de hierro y de madera. Podemos si es necesario facilitar la discusión planteando la cuestión con objetos concretos como podrían ser la puerta de la clase y un clavo, de este modo se llega a precisar que siempre que consideremos volúmenes iguales de hierro y de madera en un mismo lugar, el primero pesa más que el segundo. Y que independientemente del lugar donde se halla, el trozo de hierro tendrá más cantidad de masa que el de madera.

**A.23** Se tienen dos objetos A y B, de volúmenes distintos y hechos con materiales diferentes. ¿Cómo podríamos determinar cuál de los dos materiales es más ligero?

**A.24** Introducción por el/la profesor/a de la definición operativa de densidad.

## COMENTARIOS A.23 Y A.24

En caso de que la primera propuesta de los alumnos consista en reducir ambos objetos al mismo volumen y luego ver cual de los dos pesa menos, pediremos que se proponga otra solución que no suponga romper los objetos y que sin embargo nos permita hacer la comparación. De esta forma los alumnos pueden llegar a una propuesta más elaborada consistente en dividir el peso (o la masa) de cada uno de los objetos por su volumen para saber de este modo la masa de una unidad de volumen (del mismo modo que para comparar el precio de las naranjas en dos ciudades distintas hallaríamos el número de pesetas por kilo, independientemente del número de kilos que se hayan comprado en cada ciudad). El menor de los valores calculados de este modo, correspondería al material más ligero.

**A.25** Explicar por qué la definición operativa de la densidad de un material ha de ser la anterior y no de otra forma como:

a)  $D = V/m$ ; b)  $D = m.V$ ; c)  $D = m + V$ .

Pensar para ello si dichas expresiones están de acuerdo con nuestra idea intuitiva de densidad.

## COMENTARIOS A.25

Con esta actividad pretendemos que los alumnos reflexionen sobre la expresión introducida (que algunos pueden conocer de forma meramente memorística), con el fin de facilitar un aprendizaje realmente significativo, evitando el manejo mecánico de «fórmulas».

Se trata de una reflexión a plantear cada vez que se introduzca un nuevo concepto. En este caso un análisis cuidadoso de las expresiones propuestas lleva a rechazar la primera porque p.e sería absurdo que cuanto mayor fuese la masa (para un volumen determinado), menos denso fuese el material; la segunda porque aunque contempla el hecho (correcto) de que los materiales de mayor masa (para un mismo volumen), serían más densos, resulta que es incoherente en cuanto al volumen. En la tercera, se presenta esta misma incoherencia, agravada además por sumar magnitudes distintas. Más aún en las expresiones b) y c), la densidad de un material dado sería mayor cuanto mayor fuera el trozo escogido. Un aspecto sobre el que es necesario incidir, para evitar posibles errores conceptuales.

Una cuestión que es necesario tratar es si la densidad tal y como ha sido definida depende del tamaño del trozo de material escogido o, por el contrario es una propiedad realmente característica que toma un valor determinado para cada material, independientemente de lo grande que sea el trozo considerado.

**A.26** Indicar vuestra opinión respecto a si la densidad de una sustancia será la misma si tomamos distintas cantidades. Diseñar —y llevar a cabo— una experiencia para comprobarlo.

## COMENTARIOS A.26

Entre las hipótesis posibles cabe esperar que los alumnos se refieran a que el tamaño del trozo de material considerado no tendría ninguna influencia en el valor de la densidad, ya que se vería compensado por un aumento de la misma proporción en el valor de la masa.

Evidentemente el diseño experimental consistiría en utilizar trozos de tamaño diverso de un mismo material e ir determinando en cada caso la masa y el volumen, recogiendo los datos en una tabla. A continuación los alumnos proponen dividir cada valor de  $m$  por su correspondiente  $V$  y ver si el cociente se mantiene constante. Si anteriormente trabajaron las representaciones gráficas es posible que también se sugiera representar gráficamente

los valores de la masa frente a los del volumen y ver si éstos se ajustan a una línea recta que pase por el origen. (Conviene que expliquemos las ventajas de éste segundo procedimiento frente al primero, siempre que se trate de interpretar datos experimentales).

La experiencia no suele presentar ninguna complicación. Como material se puede utilizar granalla de cinc o trozos de mármol, etc. Si se estima conveniente se puede continuar la actividad y calcular el valor de la densidad del material utilizado, hallando la pendiente de la recta obtenida.

Finalmente conviene no olvidar referirse al campo de validez de las expresiones obtenidas y señalar que la expresión anterior será cierta siempre y cuando el trozo de material considerado sea homogéneo (es decir, si el material es una mezcla, p.e. granito, puede que cojamos dos trozos que tengan distinta densidad). Además, quedan planteadas preguntas importantes como p.e. la razón de que existan unos materiales más densos que otros, que serán tratadas en temas posteriores.

**A.27** Clasificar intrínsecamente (de menor a mayor densidad) los materiales que suministre el/la profesor/a. Calcular el valor de la misma. Proceder después a realizar una búsqueda bibliográfica con el fin de confirmar el orden asignado inicialmente a los valores obtenidos.

### COMENTARIOS A.27

Para esta actividad se pueden utilizar materiales como el hierro, el aluminio, el plomo, el cinc, el aceite, el agua salada, etc. Puede aprovecharse para mostrar de forma experimental cómo los menos densos que el agua flotan en ella, lo cual permite comprender mejor muchos fenómenos cotidianos importantes, como p.e. el que los globos llenos con ciertos gases se eleven, o por qué el aire caliente (menos denso), sube mientras que el frío (más denso) desciende (brisas) —siempre que no estén en recipientes cerrados (ver tema 5)—. También se comprende el fundamento de los «densímetros» (conviene que manejen alguno probándolo en agua, en agua salada y en aceite), etc.

Cada par de alumnos puede hallar la densidad de un sólo material, de modo que se puedan comparar los resultados de distintos grupos y se agilice la tarea. La petición de una búsqueda bibliográfica se puede sustituir por el suministro de una fotocopia de alguna tabla de densidades. En todo caso, se trata de familiarizar a los alumnos con el carácter social y colectivo de la investigación científica además de motivarles positivamente cuando comprueben la efectividad de su propio trabajo.



**A.28** ¿Que quiere decir que la densidad del agua a  $4^{\circ}\text{C}$  toma su valor máximo y éste es de  $1\text{ g/cm}^3$ ?

### COMENTARIOS A.28

Con esta actividad se pretende por una parte consolidar el significado físico del concepto elaborado (la masa de cada  $\text{cm}^3$  de agua tiene el valor de  $1\text{ g}$ ) y por otra resaltar el hecho de que dado que la densidad depende de la masa y del volumen y que el volumen puede cambiar con la temperatura, los valores de la densidad también dependerán de la temperatura y que por esta razón, cuando se indica un valor de la densidad siempre se acompaña de la temperatura a la cual se refiere.

La actividad permite también explicar la importancia que el hecho de que el agua a  $4^{\circ}\text{C}$  alcance el valor máximo de la densidad, tiene para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta al permitir que ésta se vaya al fondo y arriba quede flotando el hielo (menos denso) que hace de aislante térmico, evitando que se congelen todos los ríos, lagos y mares.

**A.29** Sin utilizar la balanza, determinar la masa del objeto que suministre el/la profesor/a.

### COMENTARIOS A.29

Se pretende que los alumnos adviertan una aplicación práctica del manejo de la densidad. Para ello, podemos proporcionarles un trozo de un material cuya densidad esté en la tabla elaborada. Los alumnos proceden a hallar su volumen introduciéndolo en una probeta o mediante cálculos geométricos si es posible (p.e. dándoles un cubo) y a multiplicar el valor obtenido por el de la densidad correspondiente. La actividad puede completarse comprobando mediante una balanza el valor obtenido.

## 4. PROBLEMAS ABIERTOS

**A.30** Hacer un resumen del problema inicial que nos habíamos planteado, de los avances que se han producido y de cuestiones

que pueden quedar abiertas. Revisar el hilo conductor del curso y exponer qué vamos a hacer a continuación.

### COMENTARIO A.30

Es necesario que los alumnos sean conscientes de lo que se ha avanzado en este tema. Sin duda, puesto que nuestra intención es avanzar hacia la unidad de la materia, el logro más importante ha sido la superación de la tajante barrera que parecía existir entre los gases y los sólidos y los líquidos. Hemos mostrado, cómo todos ellos tienen propiedades comunes (masa, volumen) y que son atraídos por los planetas, es decir, que pesan. Se trata además de propiedades generales de la materia, de todo lo que es material, sin importar el tipo de sustancia que sea. Hemos distinguido, además, entre masa y peso, términos que son erróneamente identificados con mucha frecuencia, e introducido y manejado sus unidades.

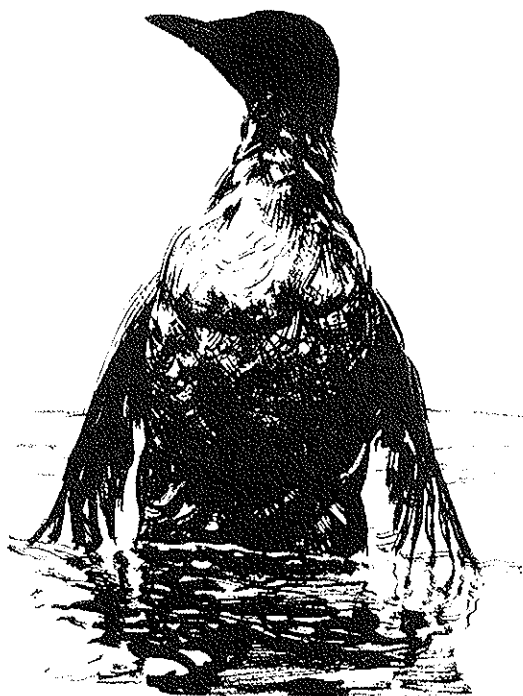
Hemos resaltado también, no obstante, la importancia que tienen las propiedades que sí dependen del tipo de sustancia que consideremos, y profundizado en una de ellas: la densidad.

Siguiendo el hilo conductor del curso, quedan abiertos problemas muy importantes: ¿el que existan propiedades comunes y generales de sólidos, de líquidos y de gases implica que están formados de forma parecida, es decir, que tienen también una estructura común?, ¿cómo explicar que existan por un lado propiedades generales y comunes y, por otro, propiedades características de las sustancias, como la densidad, la conductividad eléctrica, la elasticidad...?

Se trata de preguntas que iremos retomando a lo largo del curso.

## 5. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

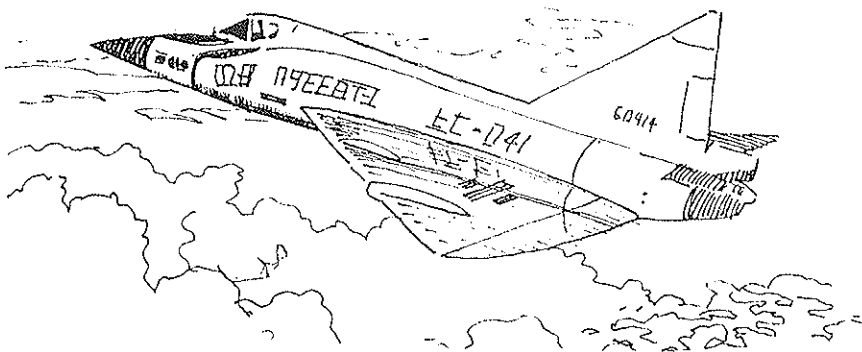
**A.31** En ocasiones, hay materiales que se utilizan muchísi-



mo por sus propiedades. Ello puede dar lugar a que se agoten las existencias, a que se creen problemas porque su producción deteriore el medio ambiente, o, incluso, a problemas derivados de la imposibilidad de eliminarlos sin peligros para el medio ambiente. Proponer ejemplos en que ocurra esto. Discutir los pros y contras de posibles soluciones. Confeccionar un cartel con recortes de prensa y vuestros comentarios sobre el tema.



**A.32** En el verano del 90, en California, una ola de calor hizo que los aviones no pudieran despegar (leer Documento I). Intentar explicar por qué.



**A.33** Se tiene un cubo enorme de aluminio, ¿cómo podríamos hallar su masa?

**A.34** Se llena una botella con un líquido, ¿cuánto pesará?

**A.35** ¿Qué queremos decir al afirmar que el plomo es más denso que el aluminio?, ¿y que el mercurio es aproximadamente 13,5 veces más denso que el agua?

**A.36** Imaginar que un cubo de aluminio tiene una masa de 1 kilo. Si tuviésemos que representar a su lado otro cubo de 1 kilo de plomo, deberíamos de dibujarlo:

- a) más grande
- b) más pequeño
- c) igual

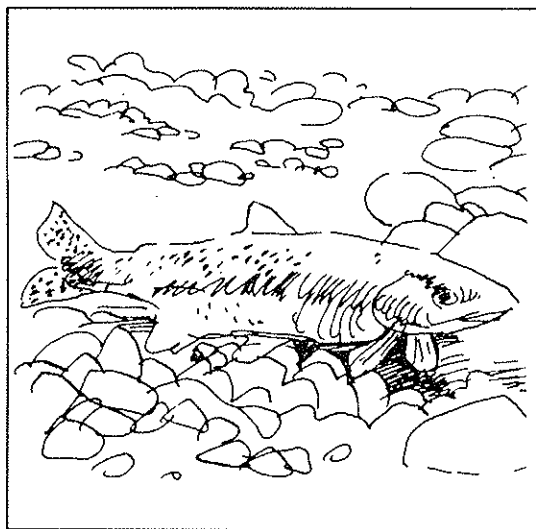
¿Cuál de los dos cubos pesaría más?

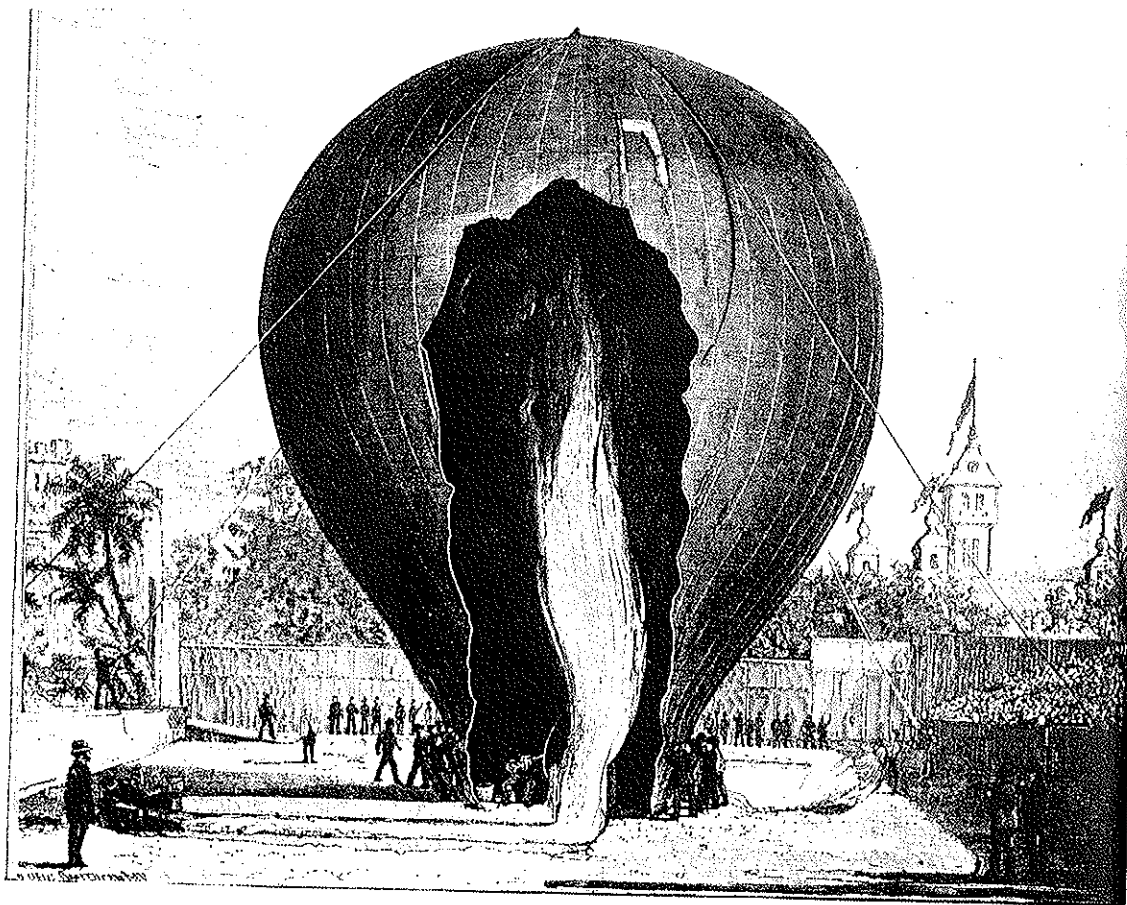
**A.37** Explicar lo más detalladamente posible por qué muchos de los elementos de las bicicletas actuales se fabrican de aluminio en lugar de hierro.

**A.38** Cuando una persona se baña en una piscina, si expulsa mucho aire de los pulmones se hunde, mientras que si los mantiene hinchados flota. Dar una explicación adecuada de éste hecho.

**A.38 bis** Muchos peces tienen una bolsa llena de gas, llamada **vejiga natatoria**, que les permite ascender o hundirse, dar una posible explicación de este hecho.

**A.39** Razonar por qué flotamos más cuando nos bañamos en el mar que cuando lo hacemos en agua dulce.





- A.40** Para que un fluido flote sobre otro es necesario que el primero sea menos denso, sin embargo los globos aerostáticos utilizan aire y se elevan en el aire. ¿Cómo es posible?
- A.41** Hacer una estimación de los kilos de aire que hay en la clase y a continuación proceder a realizar un cálculo aproximado, buscando en la bibliografía los datos necesarios.
- A.42** Muchas veces habrás visto cómo a un niño se le escapa un globo lleno de gas y se eleva por el aire hasta perderse de vista. ¿Subirá indefinidamente? Explicar qué le ocurrirá.
- A.43** "Una persona cree que un litro de cualquier líquido tiene un kilo." Explicar por qué dicha creencia es incorrecta.

**A.44** Otra persona dice que puede conseguir que dos botellas idénticas llenas de agua y de mercurio pesen lo mismo. ¿Es esto posible?

### COMENTARIOS A LAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Todas las actividades que se presentan, pueden ser utilizadas en el momento en que convenga (no necesariamente al final). Algunas, como las dos primeras, intentan abordar las relaciones entre ciencia/técnica y sociedad, planteando situaciones en las que los alumnos pueden reflexionar o aplicar lo estudiado en contextos «extraescolares» y que favorecen la creación de actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje (Solbes, J. y Vilches, A. 1990)

Otras se centran más en el manejo de los conceptos tratados, como el significado físico de la densidad y la diferencia entre masa y peso (A.35, A.36, A.43 y A.44) o en aspectos de interés práctico y/o cotidiano (A.33, A.37, A.38, A.39).

También permiten formas variadas de trabajo: desde la elaboración colectiva de un cartel a partir de fuentes secundarias (prensa, libros...)(A.30) hasta trabajo individual en casa.

Por último, algunas de ellas podrán, además, ser utilizadas como actividades de Evaluación, siempre en el sentido de los anexos sobre evaluación que se encuentran al final del libro.

## Una ola de calor que alcanza los 50 grados azota el suroeste de EE. UU. y causa 11 muertes.

----- Carlos Mendo, Washington.

*Por lo menos 11 personas, entre ellas seis presos convertidos temporalmente en bomberos, han muerto en los tres últimos días como consecuencia de una intensa ola de calor, no conocida desde 1925, que ha azotado el suroeste de Estados Unidos y que no muestra signos de remitir hasta pasado el fin de semana. El estado de Arizona —y especialmente su capital, Phoenix— se ha llevado la palma de las temperaturas, con el mercurio de los termómetros sobrepasando los 50°, a causa de lo cual la densidad del aire era tan baja que ni los aviones comerciales ni los hidroaviones antiincendios pudieron despegar el martes.*

Los viajeros que aterrizan en el aeropuerto internacional de Phoenix eran recibidos por una ráfaga de calor, semejante, en palabras de uno de ellos, "a la que despide el microondas después de cocer la comida".

La ola de calor alcanzó igualmente a la parte occidental de Tejas, a Nuevo Méjico, Colorado, Utah y el sur de California, donde seis presos reclutados en una prisión murieron pasto de las llamas cuando intentaban apagar uno de los varios incendios provocados por el intenso calor. En Los Ángeles, tres ancianos murieron como consecuencia de la deshidratación y más de medio millón de ciudadanos se refugiaron en las playas cercanas para huir del infierno en las calles.

El consumo de electricidad causado por el uso continuo de los acondicionadores de aire superó los 5.000 megavatios batiendo el récord de consumo establecido en septiembre de 1988. En cambio, las tiendas de helados hicieron su agosto agotando todas sus existencias.

La situación en el condado de Los Ángeles es especialmente dramática como consecuencia de una fuerte sequía que padece el sur

de California desde hace cuatro años y que ha obligado al ayuntamiento a imponer severas restricciones en el consumo de agua.

### Fuego provocado.

Los Rangers (vigilantes) del Valle de la Muerte se han visto desbordados por las continuas llamadas de los automovilistas parados con los capós de sus coches abiertos y los motores humeantes como consecuencia de los calentones de los radiadores.

Los meteorólogos predijeron ayer que la ola de calor continuaría por lo menos durante varios días más.

Un portavoz del servicio meteorológico nacional, citado por el diario USA Today, manifestó que era como "si un gigantesco paraguas tórrido se hubiera instalado encima del suroeste y cociera todo lo que hay debajo de él".

Y, como si no fuera bastante, un pirómano aprovechó ayer la ocasión para iniciar un incendio en la localidad californiana de Santa Bárbara, que arrasó en pocas horas uno de los barrios más lujosos de la ciudad.

# VISIÓN GLOBAL DEL CURSO

## LA BÚSQUEDA DE PROPIEDADES COMUNES DE LA MATERIA

### OBJETIVO CLAVE:

—Superar la tajante barrera que parece existir entre las propiedades y comportamiento de líquidos, sólidos y gases, llegando a admitir que tienen propiedades comunes (masa, volumen...) y que son atraídos por los planetas, es decir, que pesan.

### ASPECTOS EN LOS QUE SE TRABAJARÁ:

—Propiedades comunes: masa, volumen y peso (sólo la idea de que el peso es una fuerza hacia el centro de los planetas).

—Una propiedad general diferenciadora: densidad.

### PROBLEMAS ABIERTOS AL FINALIZAR EL TEMA:

—¿Cómo están formados los materiales para tener las propiedades y comportamiento que tienen?, es decir, ¿cuál es su estructura?

—¿Por qué unas sustancias tienen propiedades diferentes a otras?  
¿Cómo explicar la enorme variedad de sustancias existentes?