

## **Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de física y química**

**Laura Alcocer<sup>1</sup>, Roberto Carrión<sup>2</sup>, Juan José Alonso<sup>2</sup> y Juan Miguel Campanario<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Química, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, España. E-mail: [lauraquimic@yahoo.es](mailto:lauraquimic@yahoo.es). <sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, España. <sup>3</sup>Departamento de Física, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, España. E-mail: [juan.campanario@uah.es](mailto:juan.campanario@uah.es)

**Resumen:** En este trabajo se discuten algunos contenidos de física y química que pueden presentarse de manera aparentemente arbitraria para los alumnos. Además, se analiza cómo aparecen estos contenidos en una muestra de libros de texto de diferentes niveles.

**Palabras clave:** metacognición, enseñanza de las ciencias, libros de texto, conocimientos previos.

**Title:** Presentations apparently arbitrary some common content in textbooks of Physics and chemistry.

**Abstract:** This work is discuss some content of physics and chemistry that can arise from apparently arbitrarily for students. In addition, discusses how are these contents in a sample of different textbooks levels.

**Keywords:** metacognition, science education, textbooks, knowledge prerequisites.

### **Introducción**

Los libros de texto constituyen un material curricular que tiene una influencia notable en la actividad que se desarrolla en el aula debido a que no sólo presentan información, sino que suelen incluir una propuesta didáctica implícita o explícita (Jiménez, 2000). Como es sabido, muchos profesores utilizan los libros de texto como guía principal en sus labores docentes. Dada la enorme influencia que ejercen los libros de texto en el aprendizaje de los alumnos, no resulta raro que formen el núcleo de una línea de investigación y actuación orientada a descubrir sus múltiples inconvenientes o defectos y a mejorar, en lo posible su elaboración y utilización (Campanario, 2001); (Campanario, 2002b); (Campanario, 2003a); (Gauld, 1997); (Hubisz, 2001); (Sanjosé, Solaz, Vidal-Abarca, 1993); (Slisko, 2000); (Slisko y Dykstra, 1997); (Whiting, 1991). Ciertamente, la literatura didáctica está llena de denuncias y avisos relativos a dificultades, deficiencias y otros problemas asociados a los libros de texto.

En este trabajo abordamos un aspecto poco estudiado de los manuales escolares de ciencias: la aparente arbitrariedad con que se presentan diversos contenidos de Física y Química. Este problema podría ayudarnos a

entender algunas de las dificultades de aprendizaje de los alumnos de enseñanza secundaria y primeros años de Universidad.

1. Se preparan frases relativas a acciones que desarrollan diferentes *personajes*. Ejemplos:  
*El hombre alto cogió el libro.*  
*El hombre bromista compró el anillo.*  
*El hombre hambriento montó en el coche.*  
*El hombre gordo leyó el periódico.*  
*El hombre bajo abrió la puerta.*  
*El hombre viejo visitó el comercio.*
2. Se preparan tres versiones de cada una de las frases anteriores. Una versión sirve de control y las otras dos incluyen elaboraciones precisas y elaboraciones imprecisas.  
*Control El hombre alto cogió el libro.*  
*E. Precisa El hombre **alto** cogió el libro de la estantería **superior**.*  
*E. Imprecisa El hombre alto cogió el **libro de la biblioteca pública**.*  
*Control El hombre bromista compró el anillo.*  
*E. Precisa El hombre **bromista** compró el anillo que **lanzaba agua**.*  
*E. Imprecisa El hombre bromista compró el **anillo que era de oro**.*
3. Los sujetos experimentales realizan una prueba de completamiento.  
Ejemplos:  
*El hombre \_\_\_\_\_ cogió el libro.*  
*El hombre \_\_\_\_\_ compró un anillo.*  
*El hombre \_\_\_\_\_ montó en el coche.*  
*El hombre \_\_\_\_\_ leyó el periódico.*  
*El hombre \_\_\_\_\_ abrió la puerta.*  
*El hombre \_\_\_\_\_ entró en la tienda*

Cuadro 1.- Efecto de las elaboraciones precisas e imprecisas sobre el recuerdo de información (según (Bransford, Stein, Vye, Franks, Auble, Mezynski y Perfetto, 1982); (Stein y Bransford, 1979); (Stein, Bransford, Franks, Owings, Vye, y McGraw, 1982).

Con el fin de situar el marco general en el que se ubica el trabajo, comenzamos revisando las conclusiones más importantes de una serie de experimentos clásicos realizados por Bransford y sus colaboradores (Bransford, Stein, Vye, Franks, Auble, Mezynski y Perfetto, 1982); (Stein y Bransford, 1979); (Stein, Bransford, Franks, Owings, Vye, y McGraw, 1982). En uno de los estudios, se proporcionó a tres grupos de estudiantes de primer curso universitario una lista con diez frases (cuadro 1). Estas frases se referían a personajes que realizaban diversas acciones (Ej: *El hombre alto cogió el libro*). El primer grupo de sujetos experimentales recibió una lista con las frases originales (grupo control), el segundo recibió una lista con frases que habían sido modificadas, de manera que ahora se habían añadido elaboraciones precisas de las afirmaciones originales (Ej: *El hombre alto cogió el libro de la estantería superior*). Estas elaboraciones precisas consistían en una información adicional que estaba orientada a ayudar a

entender la relación entre la acción y las características del personaje que la realizaba. El tercer grupo recibió frases con elaboraciones imprecisas (Ej: El hombre alto cogió el *libro de la biblioteca pública*). Estas elaboraciones imprecisas se referían a características relacionadas con el objeto implicado en la frase, no con el personaje que llevaba a cabo la acción.

A continuación los sujetos debían completar una prueba de recuerdo en la cual se preguntaba por las características del personaje que realizaba la acción. En el cuadro 2 se muestra el número medio de aciertos en cada una de las tres condiciones.

Nº frases leídas	Control	Elaboraciones precisas	Elaboraciones imprecisas
10	4.2	7.4	2.2

Cuadro 2.- Resultados en cada una de las condiciones experimentales (aciertos)

Como puede comprobarse, el número de aciertos fue mayor en el grupo de alumnos que recibieron la versión correspondiente a las elaboraciones precisas. Más importante es que las elaboraciones imprecisas tuvieron un efecto *negativo*. Probablemente la información adicional supone una carga, más que una ayuda y dificulta, por tanto, el recuerdo de la afirmación principal.

Aunque los ejemplos analizados en la discusión anterior son sencillos y se limitan al aprendizaje de frases independientes, existe un cierto paralelismo entre ellos y algunas presentaciones de contenidos científicos que, para los alumnos de enseñanza secundaria y bachillerato, pudieran parecer arbitrarias. En efecto, supongamos ahora que un alumno está estudiando la refracción de la luz y que su libro de texto simplemente le informa de que la luz se aleja de la normal cuando pasa de un medio con un índice de refracción determinado (vidrio) a otro con índice de refracción menor (aire) y viceversa. Si no se ofrece ninguna explicación de este comportamiento, nuestro estudiante ha de aprender el fenómeno de manera prácticamente memorística, sin poder relacionarlo con ningún modelo, analogía o justificación basada en leyes físicas. Si el alumno quiere recordar lo que ha leído puede recurrir a reglas mnemotécnicas como la siguiente:

*"Cuando el rayo pasa del Vidrio (V) al Aire (A) (V--A) se VA de la normal".*

En algunas ocasiones no queda más remedio que recurrir a este tipo de "trucos" ante la escasa significatividad lógica (en términos ausubelianos) de los materiales a aprender. Por ejemplo, cuando estudiábamos Química, tratábamos de aprender los símbolos de algunos elementos químicos pertenecientes a la serie del Lantano mediante la frase:

*"Celia Princesa Nadaba Primorosamente, Su madre, Eugenia la Gorda, También Dyvisaba al Hombre Enrique que Tomaba Yerba del Lugar".*

La frase anterior, debidamente traducida, da como resultado la fácil enumeración de los símbolos químicos siguientes:

**Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu**

Evidentemente, estas reglas mnemotécnicas tienen un cierto parecido con las elaboraciones imprecisas de los experimentos de Bransford y sus colaboradores que hemos citado más arriba. Recordemos que el efecto de estas reglas en el recuerdo de información era negativo. En el caso del estudio de la refracción al que hemos hecho referencia, aunque la elaboración imprecisa que genera nuestro alumno puede ayudarle a recordar este contenido concreto, la necesidad de construir nuevas elaboraciones imprecisas de la información para recordar otros temas, puede crearle confusión y, tal como sucedía en los experimentos de Bransford y sus colaboradores, podría dificultar el recuerdo correcto de la información.

La necesidad de recurrir a elaboraciones imprecisas dependerá de diversos factores, entre los cuales cabe citar los conocimientos de los alumnos, su mayor o menor capacidad para generar elaboraciones precisas y, fundamentalmente, del modo en que los contenidos habituales de Física y Química se presenten en los libros de texto. Hemos de admitir que lo que para un lector que conoce un tema constituye una secuencia causa-efecto, antecedente-consecuente o problema-solución, para un lector inexperto, puede ser simplemente una sucesión de afirmaciones inconexas. Por ejemplo, pensemos en una secuencia de frases entre las que aparecen las siguientes:

1. *"La cuerda que vibra es muy corta"*
- 2.
- 3.
4. *"No se obtienen sonidos graves"*

Si los conocimientos del lector sobre ondas estacionarias en cuerdas son escasos, la afirmación de la frase número 4 es simplemente un añadido que debe aprenderse, no como una consecuencia de la primera frase, sino, (utilizando el argot típico de nuestros alumnos) como *"un pegote"*. Pueden encontrarse ejemplos adicionales en (Campanario, 2002b) y (Campanario, 2003b).

El objetivo de nuestro trabajo consiste, precisamente, en identificar y analizar algunos ejemplos de contenidos de Física y Química que se prestan a presentaciones aparentemente arbitrarias en los niveles de enseñanza secundaria y primeros cursos de Universidad. La aparente arbitrariedad debe ser entendida como la falta de justificación (en términos de leyes, principios o conocimientos previos) de las afirmaciones que se realizan o de los contenidos que se presentan. Para ello se analizan libros de texto de diferentes niveles educativos con el fin de contrastar distintas versiones que pudieran ayudarnos a entender grados diferentes de aparente arbitrariedad.

### **Metodología**

Dado que nuestro objetivo es identificar contenidos que se presentan con aparente arbitrariedad, hemos elegido determinados temas de Física y Química general y hemos realizado una exploración en una muestra de libros de texto de diferentes niveles de enseñanza secundaria y primeros cursos de la Universidad.

En la tabla 1 se recogen los temas que se han abordado. Los libros analizados aparecen en el anexo 1. Se estudiaron las presentaciones de cada

uno de estos temas en cada libro, aunque no todos los temas aparecían en todos los libros, puesto que los niveles son diferentes. Hemos incluido en la muestra libros de BUP y COU, anteriores, por tanto, a la última reforma educativa en España, para tener en cuenta posibles cambios derivados de las nuevas orientaciones. Se trata de contrastar si los contenidos para los cuales se identifican presentaciones aparentemente arbitrarias han sido simplificados con la reforma, o, por el contrario, la forma de presentar los contenidos obedece a tradiciones y pautas didácticas arraigadas.

Origen físico de la fuerza normal
Fuerza de rozamiento
Tensiones en cuerdas (ejercicios con poleas)
Cambios de fase
Asociación de resistencias eléctricas en paralelo
Principio de Arquímedes
Cargas eléctricas en los modelos del núcleo atómico
Escalas de pH

Tabla 1.- Temas de Física y Química en los que se han estudiado posibles presentaciones arbitrarias de contenidos en los manuales escolares de Enseñanza Secundaria, Bachillerato y primeros cursos de Universidad.

### Resultados y discusión

A continuación se analizan los distintos ejemplos de contenidos de Física y Química que se prestan a presentaciones arbitrarias. Se expone cada contenido por separado con una breve discusión de la explicación que aparece en cada uno de los libros de texto estudiados.

#### Origen físico de la fuerza normal

Aunque es común que en los libros de Física, de prácticamente cualquier nivel, se explique qué es la fuerza normal ejercida por una superficie sobre un objeto que se coloca sobre ella, no siempre se indica cuál es el origen físico de esta fuerza normal. Sin embargo, bastaría una breve analogía comparando la superficie con un resorte que se deforma, para que este tema quedase claro.

En la anexo 3 se presentan los resultados del análisis de los libros de texto estudiados. Como puede comprobarse, incluso algún libro de Física de primer curso universitario no presenta ninguna explicación sobre el origen de la fuerza normal.

Aunque es posible que, por simplicidad, en los niveles inferiores no sea del todo conveniente incluir todos los pares de fuerzas que intervienen en una situación aparentemente sencilla como la que analizamos, sería adecuado que se abordase el origen físico de la fuerza normal que ejerce la superficie en función de la deformación que experimenta, de manera similar a lo que sucede con un resorte. Ello nos permitiría entender por qué esta fuerza es *siempre* perpendicular a la misma (algo que se suele presentar como un dato

más, no como una consecuencia del origen de la fuerza). Por supuesto dicha explicación completa debería comentarse en los libros universitarios de Física.

Una ventaja adicional de explicar a los alumnos el origen físico de la fuerza normal es que permite aclarar casi inmediatamente cuestiones que deberían surgir de inmediato: Por ejemplo, ¿cómo "sabe" una superficie que debe ejercer justamente una fuerza igual al peso?. Por otra parte, si inclinamos la superficie, la fuerza normal disminuye, ¿cómo "sabe" dicha superficie que ahora la fuerza que debe ejercer es menor?.

#### Fuerza de rozamiento

El estudio de las fuerzas de rozamiento constituye uno de los temas que más se presta a errores conceptuales. Probablemente parte de las dificultades tengan su origen en las expresiones que se utilizan para calcular el módulo de la fuerza de rozamiento en distintas situaciones. Por ejemplo,

$$F_r = \mu * N$$

un error común de los alumnos consiste en aplicar *siempre* la expresión

para calcular el módulo de la fuerza de rozamiento entre una superficie y un objeto situado sobre ella. Como es sabido, la expresión anterior sirve para obtener el *valor máximo* del módulo de dicha fuerza (si se utiliza el valor del coeficiente de rozamiento estático). La cuestión que cabe plantearse es ¿por qué la fuerza de rozamiento depende de la fuerza normal de la manera que lo hace y no depende directamente del peso?

En la anexo 4 se presentan los resultados del análisis de este contenido en los libros de texto estudiados. Como puede comprobarse, incluso en algún manual universitario se echa de menos una explicación completamente satisfactoria acerca de la proporcionalidad entre la fuerza de rozamiento y la fuerza normal. La situación puede prestarse a errores adicionales debido a que la fuerza normal es igual al peso únicamente cuando la superficie que soporta a un objeto es horizontal.

Creemos que la explicación de la relación entre la fuerza de rozamiento y la fuerza normal puede ligarse al estudio del origen físico de la fuerza normal. Una explicación detallada puede encontrarse en la última edición del libro de Tipler (2001, p. 112) Por otra parte, cuando aplicamos una fuerza sobre un objeto apoyado sobre una superficie horizontal y no se mueve, decimos a nuestros alumnos que la fuerza de rozamiento compensa a la fuerza que ejercemos sobre el objeto. Lo que no explicamos, de nuevo, es cómo "sabe" la superficie cuál es la fuerza de rozamiento justa que debe ejercer.

#### Tensiones en cuerdas (ejercicios con poleas)

Este apartado se refiere a una de las fuentes más socorridas de problemas y ejercicios en los primeros cursos de Física en enseñanza secundaria y Universidad: los problemas de cuerdas, bloques y poleas. En estos ejercicios se analizan situaciones en las que unos objetos cuelgan de unas cuerdas que rodean una polea ideal (sin masa ni rozamiento). Cuando planteamos estos problemas a nuestros alumnos, normalmente decimos, sin más, que las tensiones a ambos lados de una polea son iguales. Esta afirmación nos

permite plantear y resolver correctamente los ejercicios escolares. Otras veces se suele indicar, simplemente, que si la masa de la cuerda es despreciable frente a la de los objetos que cuelgan de ella, las tensiones son iguales a ambos lados de la polea. La cuestión es, entonces, ¿por qué las tensiones son iguales a ambos lados de la polea y qué tiene que ver eso con la masa de la cuerda?

El resultado que se obtiene al analizar los libros estudiados es diverso (anexo 5). Aunque no debería ser difícil plantear una discusión cuya idea general puedan entender incluso los alumnos de enseñanza secundaria, no todos los libros revisados hacen algo tan sencillo.

Una explicación sencilla consistiría en aplicar la Segunda Ley de Newton a la propia cuerda, sometida a dos tensiones ( $T_1$  y  $T_2$ ). La fuerza resultante sería la diferencia de estas dos tensiones y sería, obviamente, igual al producto de la masa por la aceleración. Si la masa es despreciable, el producto se anula y se obtiene que las dos tensiones son iguales.

Es preciso insistir en que si nos limitamos a afirmar, sin más, que las tensiones a ambos lados de la cuerda son iguales cuando su masa es despreciable, estamos *umentando* la cantidad de información que se presenta de manera aparentemente arbitraria y que el alumno debe aprender desconectada de cualquier causa, antecedente o premisa. Probablemente para los estudiantes este dato adicional sea irrelevante o permanezca como una de tantas cosas que ocurren porque sí.

#### Temperatura constante en los cambios de fase

Aunque los cambios de fase son fenómenos comunes en el contexto cotidiano, la explicación de los mismos no es trivial, dado que, para entender plenamente los procesos implicados, se necesita recurrir a los modelos microscópicos de la materia y a la interacción entre átomos y moléculas. Uno de los aspectos que puede causar dificultades en el estudio de un cambio de fase es el hecho de que, como es sabido, la temperatura permanece constante durante el mismo, aunque el suministro de energía en forma de calor continúe e incluso aumente. Una consecuencia de este hecho es que un aumento de la energía suministrada en forma de calor, puede hacer que el hielo se funda antes, pero no que la temperatura de la mezcla agua-hielo aumente (por supuesto, siempre que la mezcla agua-hielo sea suficientemente homogénea). A pesar de que este tipo de fenómenos se presta, por su facilidad, a su estudio experimental, a veces no explicamos con detalle por qué la temperatura no cambia durante un cambio de fase.

En la anexo 6 se presentan los resultados del análisis de los libros de texto estudiados. Como puede comprobarse, en algunos manuales universitarios aparecen explicaciones más o menos detalladas, mientras que los libros de nivel inferior no suelen explicar en profundidad dónde va a parar la energía que aportamos durante un cambio de fase.

En otros casos (ej: libro S5) la explicación es realmente confusa y puede dar a entender que las moléculas "*guardan*" dentro de sí la energía que se les suministra. Este tipo de ambigüedades y explicaciones defectuosas puede ocasionar algún error conceptual.

### Asociación de resistencias eléctricas en paralelo

Como es sabido, cuando se asocian resistencias en paralelo, la resistencia equivalente viene dada por la ecuación:

$$\frac{I}{R_e} = \sum \frac{I}{R_i}$$

No resulta raro que los alumnos aprendan este resultado sin ser plenamente conscientes de las implicaciones físicas que tiene el asociar resistencias eléctricas en paralelo. Por ejemplo, basta sustituir dos valores numéricos arbitrarios en la ecuación anterior para descubrir que la resistencia equivalente que obtenemos es menor que cualquiera de las resistencias que asociamos. Como hemos señalado en otros trabajos, este aspecto puede resultar contraintuitivo para los estudiantes (Campanario, 2001) y, por tanto, interesante para el profesor como un recurso didáctico. El profesor puede plantear preguntas como "*¿por qué la resistencia equivalente es menor que las resistencias asociadas?*", "*¿cómo es posible que al aumentar la causa, disminuya el efecto?*".

En la anexo 7 se presentan los análisis de los libros estudiados. Como puede comprobarse, incluso en los libros de Física de nivel universitario suele obviarse una explicación de la disminución de la resistencia equivalente cuando se asocian resistencias en paralelo. En este caso, tal vez baste con un ejercicio numérico en clase para llamar la atención de los alumnos sobre la disminución de la resistencia equivalente. Sin embargo, sin una explicación del mecanismo físico que da lugar al resultado anterior, lo único que se consigue es aumentar la cantidad de información que tienen que aprender nuestros pupilos (ahora tienen que recordar que la asociación en serie da una resistencia mayor, mientras la asociación en paralelo da lugar a una resistencia menor). Una explicación comprensible consistiría en llamar la atención de los alumnos sobre lo que ocurre cuando unimos resistencias en paralelo: estamos aumentando las vías por las que puede circular la corriente eléctrica.

Una de las dificultades previsibles en el estudio de estos contenidos probablemente tenga que ver con las connotaciones más o menos negativas que evoca la palabra "*resistencia*". No olvidemos que, al presentar este concepto, lo asociamos a algún tipo de dificultad para que circule la corriente eléctrica. Ciertamente, los alumnos pueden pensar que, cuando se asocian "*resistencias*" (=dificultades), el resultado de esa asociación debe implicar necesariamente un aumento de las dificultades totales para que la corriente eléctrica circule.

### Principio de Arquímedes

Las presentación del principio de Arquímedes suele ir ligada al estudio de la flotación de los objetos en el seno de agua. Aunque el principio de Arquímedes puede obtenerse como una consecuencia de las diferencias de presión en el seno de un fluido, no es raro que se presente simplemente como un hecho experimental, sin más explicación (anexo 8).



Aunque la relación del principio de Arquímedes con la presión en el seno de un fluido puede ser algo complicada en determinados niveles, puede ayudar a restar arbitrariedad aparente a este contenido que, por otra parte, muchos alumnos asocian a la simple presencia de fluidos, más que a las fuerzas de empuje que éstos ejercen.

#### Cargas eléctricas en los modelos atómicos

En este apartado estudiamos la presentación de los modelos sencillos de los átomos como un núcleo con carga positiva rodeado de electrones con carga negativa. Cuando los alumnos se enfrentan a estos contenidos ya saben que las cargas del mismo signo se repelen, mientras que las cargas de signo contrario se atraen. Es evidente que existe una contradicción implícita entre estos conocimientos y el modelo del núcleo atómico compuesto de partículas con carga positiva (y neutrones). En efecto, si no se ofrecen más detalles, debido a la repulsión entre cargas positivas, cualquier alumno debería concluir que el núcleo atómico corre peligro de desintegrarse rápidamente.

En la anexo 9 se analizan las presentaciones de este contenido en los diferentes libros de texto estudiados.

Como puede comprobarse, sólo en los libros de nivel más elevado se resuelve la contradicción entre la estabilidad del núcleo atómico y la repulsión de cargas.

El tema de los modelos atómicos suele ser uno de los contenidos fronterizos entre Física y Química en los programas escolares de ciencia. Curiosamente, en los manuales de Física y Química, de Enseñanza Secundaria, uno de los últimos contenidos de la parte de Física suele ser la electricidad, mientras que los modelos atómicos encabezan, casi siempre, la parte de Química. Por esta razón, el tema que tratamos podría resultar especialmente adecuado para relacionar ambos dominios y evitar presentaciones arbitrarias y sin justificación de contenidos de Química, una disciplina que, con frecuencia, se asocia al aprendizaje memorístico.

#### Escala de pH

Como es sabido, la escala de pH va de 0 a 14. En las asignaturas de Química de los últimos años de la enseñanza secundaria y, por supuesto, en los primeros cursos de las asignaturas de Química en la Universidad se enseña a los alumnos a calcular el pH de disoluciones de diferentes tipos de ácidos y bases. A partir de la definición de pH como

$$pH = -\log[ H^+ ]$$

debería surgir una pregunta de forma casi inmediata: ¿es posible que existan pH negativos? En principio, ello debería ocurrir para disoluciones que tengan concentraciones mayores de 1 M. ¿Se aborda este tema en los manuales escolares?. A la vista de lo que aparece en la anexo 10 la respuesta parece que es negativa.

Se puede comprobar que en ninguno de los libros analizados libro aparece una discusión detallada de este problema, aunque, como señala Pryor, "*hubo un tiempo en el que las reacciones que ocurrían a pH negativo eran uno de los campos más estudiados de la Química*" (Pryor, 2000, p. 2422). Es posible que este sea un tema difícil de abordar en la enseñanza secundaria, pero debería ser tratado de alguna manera en los libros de nivel universitario, dada la amplia utilización del concepto de pH en la investigación científica. Es sorprendente que este tema no sea un objeto de preguntas frecuentes en nuestras aulas universitarias. Un profesor que quiera plantear esta dificultad a sus alumnos puede conseguir una copia de algún artículo en Internet sobre medios extremadamente ácidos (sólo hay que introducir los términos de búsqueda "negative" y "pH" en Google). De esta manera puede vencer las esperables reticencias de sus alumnos a aceptar algo nunca visto. A partir de la realidad de estos pH negativos puede ser interesante analizar las propiedades de tales medios.

### **Conclusiones y perspectivas**

Con este trabajo pretendemos seguir impulsando una línea de investigación y actuación docente basada en la utilización de la ciencia cognitiva (Psicología del procesamiento de la información) como base para tomar decisiones en Didáctica de las Ciencias. Aunque otras fundamentaciones (ej: histórica, epistemológica) pueden ofrecer perspectivas útiles y valiosas sobre la organización y desarrollo de la enseñanza de las ciencias, los avances en Psicología del procesamiento de la información están, en última instancia, orientados a averiguar cuáles son los mecanismos y estrategias de la comprensión y aprendizaje humano y deberían, por tanto, ser conocidos y aplicados por los que nos dedicamos a la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Los ejemplos analizados constituyen una muestra de contenidos que suelen presentarse de una forma que puede resultar arbitraria para los alumnos de ciencias de enseñanza secundaria y primeros cursos de Universidad. Nuestro interés no está tanto en realizar una exploración amplia de muchos libros de texto, como en llamar la atención sobre la necesidad de tener en cuenta las presentaciones aparentemente arbitrarias de contenidos de ciencias. Ciertamente, aunque la exploración de una muestra más amplia de manuales escolares podría aumentar los porcentajes de presentaciones aparentemente arbitrarias, es poco probable que cambiase el cuadro general que se desprende de nuestro análisis. Probablemente, la presentación de contenidos que hemos estudiado tenga su origen en determinadas tradiciones y hábitos muy arraigados en la comunidad docente y en las nociones intuitivas de los autores de libros de texto acerca de la simplicidad o complejidad de los contenidos de Física y Química. Una simplificación de contenidos mal entendida puede dar como resultado una carga adicional para nuestros alumnos que, no lo olvidemos, están aprendiendo lo que para sus profesores es familiar.

La simplificación de contenidos en aras a la supuesta facilidad de comprensión puede dar como resultado que nuestros estudiantes no sepan identificar el origen de múltiples fenómenos físicos. A la vista de los casos anteriores, uno podría pensar que los sistemas físicos son "*inteligentes*" y saben perfectamente cómo deben comportarse. Por ejemplo, las cuerdas

tiran con la tensión justa, las superficies ejercen maravillosamente sólo la fuerza necesaria para compensar el peso o el rozamiento, los líquidos son aparentemente capaces de saber el volumen de agua que desaloja un objeto, etc. Otros sistemas "*tienden*" a la configuración de mínima energía, mientras la luz "*prefiere*" seguir la trayectoria mediante la que consigue que su tiempo de viaje sea menor, etc.

En algunos de los casos analizados, como la asociación de resistencias en paralelo, no debería resultar difícil ofrecer algún tipo de explicación relativamente sencilla y comprensible por la mayor parte de los estudiantes, con el fin de evitar la aparente arbitrariedad de los contenidos que se presentan. Además, algunos de los temas analizados se prestan, por su sencillez, al planteamiento de ejercicios y tareas que bien podrían abordar los propios alumnos (por ejemplo, análisis de las tensiones en una cuerda a ambos lados de una polea). Estos análisis consisten en que el profesor oriente a los alumnos para que obtengan conclusiones y formulen inferencias a partir de los contenidos que se presentan. Este tipo de tareas puede contribuir a que se acostumbren a formularse preguntas sobre las *consecuencias* de las situaciones y fenómenos físicos, más que por las *causas*. Sin embargo, aparentemente los alumnos tienen más tendencia, precisamente, a formular preguntas sobre las *causas* de los fenómenos científicos que sobre sus *consecuencias* (por ejemplo, véase (Costa, Caldeira, Gallástegui y Otero, 2000)).

Una de las líneas de actuación que puede plantearse en relación con este trabajo consiste en elaborar una *taxonomía* de ejemplos de contenidos de Física y Química que se prestan a las presentaciones arbitrarias, de forma que los alumnos y profesores puedan conocerla, descubrir nuevos casos de contenidos "*peligrosos*" y buscar los remedios adecuados. En este empeño, propuestas como el "*metalibro*" (Campanario, 2003b) podrían resultar muy eficaces, tanto para coleccionar los ejemplos, como para disponer de un repertorio de alternativas (elaboraciones precisas que eviten las aparentes arbitrariedades). Un metalibro consiste en un directorio interactivo en internet en el que los profesores e investigadores aportan propuestas, sugerencias, análisis, tareas, materiales complementarios y cualquier otro tipo de información o comentario relativos a un libro de texto en cuestión. Cada libro de texto lleva asociado este recurso (o "*metalibro*") que no se debe confundir con los recursos adicionales y materiales complementarios que ofrecen las propias editoriales. Una de las secciones del "*metalibro*" consistiría en avisos sobre contenidos que se presentan de manera que puede resultar arbitraria para los alumnos.

En una primera aproximación deberíamos considerar como arbitrario todo aquel contenido que no se pueda conectar con principios y leyes de carácter general. Es posible que muchos de los casos que se detecten siguiendo el principio anterior tengan su origen en un aprendizaje superficial por parte de los alumnos. Sin embargo, en otros casos, eliminar la aparente arbitrariedad requerirá, tal vez, realizar alguna pequeña investigación bibliográfica y, sin duda, un cierto esfuerzo por parte del profesor.

Resulta curioso comprobar que muchas veces los alumnos no se plantean preguntas elementales como, por ejemplo, por qué no se desintegra el núcleo atómico. Esto nos lleva a un terreno, el de la metacognición, que, en

los últimos años, ha recibido un interés creciente por parte de los investigadores en ciencia cognitiva (Campanario, Cuerva, Moya y Otero, 1997); (Campanario y Otero, 2000). Flavell proporciona una definición clásica del concepto de metacognición (Flavell, 1976, p. 232):

"La metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos, es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje"

Una de las estrategias metacognitivas más relevantes es el control de la comprensión, que consiste en detectar y calibrar si se ha entendido algo o no. Como hemos explicado en otros trabajos anteriores, a veces los alumnos de enseñanza secundaria no se enteran de que no se enteran (Campanario, 1995); (Campanario y Otero, 2000) y esto, que parece un juego de palabras, está en la base de una parte importante de los problemas de aprendizaje escolar. En efecto, si un alumno cree que ha entendido algo (cuando no es así), no siente ninguna necesidad de aclarar sus problemas de comprensión (él no es consciente de que los tiene) ni de resolver sus errores conceptuales (no los ha detectado). No cabe duda de que cuando los estudiantes no son conscientes de las aparentes arbitrariedades en explicaciones y presentaciones de contenidos científicos, están comprendiendo tales contenidos de manera superficial.

Una consecuencia interesante de las presentaciones aparentemente arbitrarias y de cómo se distribuyen éstas en los distintos niveles, tiene que ver con las ideas sobre la ciencia y el conocimiento científico que pueden desarrollar los alumnos como resultado de su interacción con los manuales escolares. Mientras que los libros de texto de nivel universitario plantean explicaciones de algunos de los fenómenos analizados, los libros de enseñanza secundaria no siempre lo hacen. Dado que muchos alumnos eligen orientaciones de ciencias sociales o humanas en la enseñanza secundaria, su breve contacto con la Física y la Química puede estar plagado de presentaciones aparentemente arbitrarias como las que hemos analizado. No resulta raro que estos alumnos, que no acceden a los desarrollos más detallados que suelen ser comunes en los cursos de Universidad, acaben por pensar que los contenidos científicos están plagados de hechos y leyes arbitrarios, o, en el lenguaje propio de los adolescentes, de cosas que suceden "*por la cara*".

Intentaremos salir al paso de dos objeciones que es posible plantear a la conveniencia de tratar con más detalle contenidos escolares similares a los que hemos analizado aquí, con el fin de eliminar aparentes arbitrariedades.

En primer lugar, podría alegarse que, con la presentación simplificada habitual de determinados contenidos de Física y Química, se intenta favorecer precisamente el aprendizaje de los mismos, dado que, en ciertos niveles, los estudiantes no serían capaces de entender determinados modelos abstractos y analogías complejas. Creemos que la alternativa a esta situación no puede consistir únicamente en eliminar cualquier intento de explicación o justificación de tales contenidos, dado que en ese caso, la alternativa más razonable es la memorización del material o la construcción de elaboraciones imprecisas (como, por ejemplo, las reglas mnemotécnicas a las que se hacía referencia al principio de este trabajo). Además, aunque algunos temas no se

puedan explicar con todo el detalle necesario (ej: la estabilidad del núcleo atómico), no estaría de más plantear, al menos, la objeción o la pregunta que debería surgir ante la aparente laguna o dificultad conceptual en cuestión (ej: en este caso, explicar la estabilidad a pesar de la repulsión entre cargas positivas). El profesor podría señalar entonces que este problema se resolverá en cursos más avanzados. De esta manera tal vez se fomente el interés de los estudiantes por los contenidos científicos. Es esta una de las situaciones que demuestran que no todas las preguntas que se formulan en clase tienen como objetivo conseguir una respuesta de los alumnos (Campanario, 2002a); (Campanario, 2002b).

Por otra parte, podría alegarse que, aunque sería conveniente presentar modelos, analogías o explicaciones que eviten que los alumnos tengan que aprender los contenidos de Física y Química de manera memorística o recurriendo a elaboraciones imprecisas, ello daría como resultado que los manuales escolares fuesen excesivamente voluminosos e incluso reiterativos y excesivamente detallados, lo cual dificultaría su estudio y comprensión y daría como resultado que fuesen aburridos para muchos estudiantes. La respuesta es sencilla: no cabe duda de que recursos como el hipertexto pueden resultar útiles para ofrecer información adicional en aquellos casos en que se estime conveniente ampliar los contenidos que se presentan. Como se pone de manifiesto en este trabajo, una explicación más simple no siempre es una explicación más adecuada o más fácil de entender.

Es posible que los alumnos más aventajados sean capaces de formular elaboraciones precisas por sí mismos (Stein, Bransford, Franks, Owings, Vye y McGraw, 1982). Ello no hace sino demostrarnos la necesidad de preparar materiales docentes personalizados o, al menos, con un mayor grado de flexibilidad que los libros de texto actuales, orientados a un lector medio, muchas veces irreal e inexistente. Independientemente de que algunos estudiantes tengan más dificultades para formular elaboraciones precisas de la información científica, creemos que uno de los objetivos básicos de la enseñanza de las ciencias debería consistir, precisamente, en que los alumnos aprendan a desarrollar una actitud crítica ante los contenidos escolares a los que se enfrentan. Debemos enseñar a nuestros alumnos a preguntar, tanto si van a seguir estudios científicos y técnicos como si no. Es posible que si insistimos en enseñarles a detectar presentaciones aparentemente arbitrarias de contenidos de Física y Química, su tolerancia ante otros casos similares sea menor.

### **Referencias bibliográficas**

Bransford, J.D.; Stein, B.S.; Vye, N.J.; Franks, J.J., Auble, P.M.; Mezynski, K.J. y G.A. Perfetto (1982). Differences in approaches to learning: An overview. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 390-398.

Campanario, J.M. (1995). Los problemas crecen: a veces los alumnos no se enteran de que no se enteran. *Aspectos didácticos de Física y Química (Física) 6* (Zaragoza: ICE, Universidad de Zaragoza) 87-126. (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc> )

Campanario, J.M. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como este? Una relación de

actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*. 19, 351-364. (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc> )

Campanario, J.M. (2002a). ¿Qué puede hacer un profesor como tú con una clase tan masificada como ésta? *Docencia Universitaria*, 3 (1), 27-42. (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>)

Campanario, J.M. (2002b). La enseñanza de las ciencias en preguntas y respuestas (Universidad de Alcalá: Alcalá de Henares) (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc> ).

Campanario, J.M. (2003a). De la necesidad virtud: Cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 161-172. (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc> )

Campanario, J.M. (2003b). Metalibros: La construcción colectiva de un recurso complementario y alternativo a los libros de texto tradicionales basado en el uso de Internet. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 2, 2, Artículo 5. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Campanario, J.M.; Cuerva, J.; Moya, A. y J.C. Otero (1997). La metacognición y el aprendizaje de las ciencias. En: *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias* (Vol I), Murcia: Editorial Diego Marín. (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc> )

Campanario, J.M. y J.C. Otero (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-169. (Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>).

Costa, J.; Caldeira, H.; Gallástegui, J.R. y J.C. Otero (2000). An analysis of question asking on scientific text explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 602-614.

Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En L.B. Resnick (Ed) *The nature of intelligence*, Hillsdale, New Jersey-EE.UU: Lawrence Erlbaum.

Gauld, C. (1997). It must be true - it's in the textbook! *Australian Science Teacher's Journal*, 43 (2), 21-26.

Hubisz, J.L. (2001). *Review of Middle School Physical Science Text. Final Report* (The David and Lucile Packard Foundation, Grant #1998-4248). Disponible en <http://www.psrc-online.org/curriculum/hubisz.htm>

Jiménez, J.D. (2000). El análisis de los libros de texto. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales* Alcoy: Editorial Marfil.

Pryor, W.A. (2000). pH values below zero. *Science*, 287, 2421-2422.

Sanjosé, V.; Solaz, J.J. y E. Vidal-Abarca (1993). Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias: Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 137-148.

Slisko, J. (2000). Los mitos más populares de la física escolar. Parte 1: Trayectorias erróneas de tres chorros de agua. *Alambique*, 25, 95-102.

Slisko, J. y D.I. Dykstra (1997). The role of scientific terminology in research and teaching. Is something important missing? *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (6), 655-660.

Stein B.S. y J.D. Bransford (1979). Constraints on effective elaboration: effects of precision and subject generation, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 769-777.

Stein, B.S.; Bransford, J.D.; Franks, J.J.; Owings, R.A.; Vye, N.J. y W. McGraw (1982). Differences in the precision of self-generated elaborations, *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 399-405.

Tipler, P.A. (2001). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Editorial Reverté.

Whiting, W.B. (1991). Errors. A rich source of problem and examples. *Chemical Engineering Education*, 25 (3), 140-144.

**Anexo 1.-** Libros de texto analizados.

<b>Libro</b>	<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Título</b>	<b>Editorial</b>	<b>Nivel</b>
S1	Martín, V. y Salinero, O.	1998	Física y Química 3º ESO	Ed. Edelvives	3º ESO
S2	Barrio, J.I. y Cañas, A.	1999	Física y Química 4º ESO	Ed. S.M.	4º ESO
S3	Magariños, A.P.; García, J.A.; Illana, J.C. y Peña, A.	1997	Física y Química 4º ESO	Ed. McGraw Hill	4º ESO
S4	Caamaño, A.; Lozano, M.T.; Obach, D.; Cortel, A. y Pueyo, L.	1999	Física y Química 1º Bachillerato	Ed. Teide	1º Bachillerato
S5	Peña, A.; Garzo, F.	1994	Física COU	McGraw-Hill	COU
S6	Dou, J.M.; Masjuán, M.D. y Pfeiffer, N.	1995	Física y Química 2º BUP	Magisterio Casals	2º BUP
S7	Fidalgo, J.A.	1995	Física y Química 2º BUP	Ed. Everest	2º BUP
S8	Palomero, G.A., Martínez, A.	1991	Física y Química 3º BUP	Ed. Láser Bruño	3º BUP
S9	García, T.; Aguado, J.: Alegre, M.P. y Garín, J.	1992	Física y Química FP 2	Ed. Edebé	FP 2



**Anexo 2.- Libros de texto analizados.**

Libro	Autores	Año	Título	Editorial	Nivel
S1	Martín, V. y Salinero, O.	1998	Física y Química 3º ESO	Ed. Edelvives	3º ESO
S2	Barrio, J.I. y Cañas, A.	1999	Física y Química 4º ESO	Ed. S.M.	4º ESO
S3	Magariños, A.P.; García, J.A.; Illana, J.C. y Peña, A.	1997	Física y Química 4º ESO	Ed. McGraw Hill	4º ESO
S4	Caamaño, A.; Lozano, M.T.; Obach, D.; Cortel, A. y Pueyo, L.	1999	Física y Química 1º Bachillerato	Ed. Teide	1º Bachillerato
S5	Peña, A.; Garzo, F.	1994	Física COU	McGraw-Hill	COU
S6	Dou, J.M.; Masjuán, M.D. y Pfeiffer, N.	1995	Física y Química 2º BUP	Magisterio Casals	2º BUP
S7	Hidalgo, J.A.	1995	Física y Química 2º BUP	Ed. Everest	2º BUP
S8	Palomero, G.A., Martínez, A.	1991	Física y Química 3º BUP	Ed. Láser Bruño	3º BUP
S9	García, T.; Aguado, J.; Alegre, M.P. y Garín, J.	1992	Física y Química FP 2	Ed. Edebé	FP 2
S10	Martínez, A.; Hernández, J.L.; Gisbert, M.	1996	Física General COU	Ed. Bruño	COU
S11	Fernández, M.P. y Fidalgo, J.A.	1997	Química General COU	Ed. Everest	COU
U1	Ebbing, D.D.	1997	Química General	Ed. McGraw Hill	Universidad
U2	Gray, H.B.	1976	Principios Básicos de Química	Ed. Reverté	Universidad
U3	Brady, J.E.	1980	Química Básica	Ed. Limusa	Universidad
U4	Alonso, M. y Finn, Edward J.	1995	Física General	Addison Wesley	Universidad
U5	Tipler, P.A.	1995	Física General	Reverté, S.A.	Universidad
U6	Kane, J.W. y Sternheim, M.M.	1986	Física General	Reverte, S.A.	Universidad
U7	Eisberg, R.M. y Lerner, L.S.	1983	Física General	McGraw Hill	Universidad
U8	Lea, S.M. y Burke, J.R.	1998	Física. La naturaleza de las cosas	International Thomson Editores	Universidad

**Anexo 3.- Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Origen físico de la fuerza normal).**

Libro	Contenido
S1	Aparece una breve explicación sobre el origen de la fuerza normal (se explica que la ejerce la superficie). Aunque se indica que la fuerza normal se compensa con el peso, no se ofrece una explicación del origen físico de aquélla. Esta fuerza normal tiene un efecto benéfico ya que <i>"evita que los objetos se hundan sobre cualquier superficie sólida"</i> .
S2	No se trata el tema.
S3	Aunque se plantean diversos análisis de objetos en reposo y en movimiento, no se recurre a la fuerza normal ni se utiliza para explicar el equilibrio estático.
S4	Se dice que <i>"cuando un cuerpo se apoya en una superficie, ésta ejerce una fuerza originada por la cohesión entre sus partículas que evita que el cuerpo la atraviese"</i> (p. 57)
S5	Se llama "P" tanto a la fuerza que ejerce la Tierra sobre el cuerpo, como a la fuerza que ejerce el cuerpo sobre la superficie (p. 71). La exposición es algo confusa porque se afirma que $P=N$ según el principio de acción y reacción, sin que quede claro a que "P" nos referimos.
S6	Sólo se indica que existe una fuerza normal que se anula con el peso y que es perpendicular a la superficie.
S7	Se indica que existe esta fuerza y que está relacionada con la fuerza de rozamiento.
S8	No se explica el origen de la fuerza normal, aunque se relaciona esta fuerza con la de rozamiento. Sobre la normal se dice que <i>"corrientemente esta fuerza es el peso o una componente del peso que se desliza"</i> .
S9	Se presenta una figura y se indica que <i>"un cuerpo puede estar en reposo o actuando sobre él dos fuerzas compensadas: el peso P y la fuerza de reacción"</i> (p.55)
S10	En este libro se detallan los dos pares de fuerzas acción-reacción. Se indica que, dado que interesan únicamente las fuerzas ejercidas sobre el cuerpo, sólo centramos la atención en el peso y la fuerza normal.
S11	
U1	
U2	
U3	
U4	Se indica que la fuerza normal es ejercida por la superficie, pero no se explica el origen físico de la misma (p. 102-103).
U5	Se explica que el origen físico está en la deformación de la superficie (p. 91).
U6	Se explica que el origen físico está en la deformación de la superficie.
U7	No se menciona el origen físico de la fuerza normal (p. 123).
U8	Se asocia expresamente a fuerzas elásticas (tabla 4.1, pág. 130).

**Anexo 4.- Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Fuerza de rozamiento).**

Libro	Contenido
S1	Se definen las fuerzas de rozamiento y se explica cómo se calculan, pero no se detalla el origen físico de la relación entre la fuerza de rozamiento y la fuerza normal. Se diferencia entre rozamiento estático y dinámico.
S2	No aparece el tema
S3	Aunque se trata el tema del rozamiento, simplemente se indica que se debe a la adherencia entre un objeto y la superficie sobre la que se desliza y no se presenta ninguna ecuación para calcular el módulo (p. 51). Se dice, además que <i>"experimentalmente se ha comprobado que el valor de esta fuerza aumenta con el peso del cuerpo que se desliza"</i> (p. 52).
S4	Se indica la ecuación para calcular el valor de la fuerza de rozamiento (p. 59) y aparece una discusión más detallada en una <i>"lectura"</i> aparte (p. 69-70)
S5	Se indica que la fuerza de rozamiento es proporcional a la normal, pero no se explica por qué (p. 78). Sólo se dice que <i>"el rozamiento es proporcional a la fuerza normal que comprime una superficie contra otra"</i> (p. 81).
S6	En este libro sólo se explica qué es la fuerza de rozamiento y cómo se calcula, pero no por qué.
S7	Sólo se explica cómo se calcula la fuerza de rozamiento y se menciona que es proporcional a la fuerza perpendicular al plano de deslizamiento de ambas superficies.
S8	Sólo se indica que el rozamiento es proporcional a <i>"las fuerzas normales entre superficies en contacto"</i> . Como se señala en la tabla anterior, ni siquiera se explica el origen físico de la fuerza normal.
S9	Se explica que la fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza normal entre las dos superficies en contacto. Se dice que <i>"si el cuerpo ... se mueve por efecto de la fuerza F, aplicada paralelamente al plano horizontal, la fuerza normal, <math>F_n</math> es precisamente el peso del cuerpo"</i> (p. 115).
S10	No aparece un capítulo específico dedicado al cálculo de la fuerza de rozamiento.
S11	
U1	
U2	
U3	
U4	Se explica que la fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza normal que presiona un cuerpo contra otro, con lo que se puede intuir el origen de la dependencia con la normal (p. 105).
U5	Aparece una explicación detallada del origen físico de la fuerza de rozamiento (p. 108).
U6	Se explica que el origen físico está en la deformación de la superficie.
U7	Aparece una breve explicación no demasiado detallada, se hace referencia <i>"al valor de las fuerzas que los objetos ejercen el uno sobre otro porque están presionados"</i> (p. 152)
U8	Simplemente se justifica la ecuación mediante una descripción de las fuerzas de rozamiento como debidas a las rugosidades. A esta explicación se añade la afirmación siguiente: <i>"la fuerza normal hace que se acoplen las partes altas y bajas de las superficies en contacto"</i> (pág. 141-142).

**Anexo 5.**- Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Tensiones en cuerdas, problemas de poleas).

Libro	Contenido
S1	No aparece el tema.
S2	No aparece el tema.
S3	No aparece el tema.
S4	Sólo se indica lo siguiente <i>"suponiendo que la cuerda o el hilo tiene masa despreciable y que su longitud se mantiene constante (es inextensible) bajo la acción de las fuerzas que actúan, la tensión no varía a lo largo del hilo ni de un lado a otro de una polea de masa y fricción despreciable. La primera suposición es aceptable siempre que la masa de la cuerda o del hilo sea mucho más pequeña que la de los otros cuerpos implicados en el problema"</i> (p. 56).
S5	Se explica que las tensiones en ambos extremos de una cuerda son iguales si la masa es despreciable tras plantear la ecuación $T-T'=m*a$ (p. 72). Sin embargo, en un apartado anterior (p. 69), se indica explícitamente que <i>"si la cuerda tiene masa despreciable, la tensión en sus extremos es la misma, igual que en cualquiera de sus puntos. La cuerda se comporta como mero órgano de transmisión"</i> .
S6	No aparece el tema.
S7	No aparece el tema.
S8	En este libro se dedica un capítulo a los ejercicios de poleas como aplicación de la segunda ley de Newton, pero no se explica correctamente qué ocurre con las cuerdas de masa despreciable. Sólo se indica que se aplica la segunda ley de Newton a cada masa por separado y que se obtienen tantas ecuaciones como masas, y que la tensión es igual en todos los puntos de la cuerda.
S9	No se analiza con detalle este caso concreto.
S10	Se presentan ejercicios en los que, efectivamente, se supone que la masa de la cuerda es despreciable, pero no queda claro cómo afecta eso al problema.
S11	
U1	
U2	
U3	
U4	No se presenta ninguna explicación. Sólo se indica que no se tenga en cuenta el efecto de la cuerda (p. 101).
U5	Se presenta una breve explicación no muy detallada para ser un libro de nivel universitario (p. 93).
U6	Se explica la influencia que tiene en el problema el que la cuerda sea de masa despreciable.
U7	Aunque aparecen ejercicios de cuerdas y poleas en los que se indica que la masa de las cuerdas es despreciable, no se ofrece ninguna explicación del efecto que ello tiene en las tensiones.
U8	Aparece una explicación bastante detallada (pág. 171-172)

**Anexo 6.-** Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Temperatura constante en los cambios de fase).

Libro	Contenido
S1	No aparece el tema.
S2	No aparece el tema.
S3	Se plantea y analiza una experiencia de fusión de hielo y se hace notar que la temperatura no cambia (p. 131). Más adelante se analiza una ebullición y se indica que <i>"mientras dura la ebullición, el calor absorbido por el agua aumenta su energía interna y permite separar sus moléculas (vapor), pero no aumenta la energía cinética media de éstas y, por tanto, permanece constante la temperatura"</i> (p. 133).
S4	Se indica que la energía térmica absorbida durante la fusión es empleada para separar las moléculas y aumentar su energía potencial, sin que haya cambio alguno en su energía cinética media (p. 140).
S5	Se indica que <i>"la energía proporcionada por el calentador, mientras dura la fusión, se emplea en romper las fuerzas de cohesión y transformar las moléculas con baja energía en la fase sólida en moléculas con alta energía en la fase líquida. Aunque no cambia la temperatura de las moléculas recién fundidas, su energía, en cambio, sí cambia ya que disponen ahora de mayor grado de libertad y, por tanto, mayor agitación"</i> (p. 207).
S6	Se presenta una breve explicación. Se indica que la temperatura permanece constante, y <i>"toda la energía suministrada se invierte en desmoronar el cristal"</i> .
S7	Se presenta una explicación detallada de en qué se invierte la energía. Se explica que <i>"no se emplea en aumentar la velocidad de las moléculas del cuerpo sino en separarlas unas de otras, venciendo las fuerzas de cohesión que las unen"</i> .
S8	En este caso, la explicación no es tan detallada como en el libro anterior.
S9	Se indica que <i>"todo el calor aportado lo dedica la sustancia a realizar el cambio de estado"</i> (p. 144).
S10	No aparece el tema.
S11	
U1	
U2	
U3	
U4	No aparece el tema.
U5	Aparece una explicación bastante detallada (p. 522).
U6	La explicación que se ofrece no es tan detallada como en el caso anterior.
U7	Se indica en qué se invierte la energía suministrada (cambio de fase), pero no se detallan los procesos microscópicos (p. 809).
U8	Se dedica un apartado <i>"para profundizar"</i> a explicar por qué la temperatura es constante durante una transición de fase (p. 683).

**Anexo 7.-** Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Asociación de resistencias eléctricas en paralelo).

<b>Libro</b>	<b>Contenido</b>
S1	No aparece el tema.
S2	No aparece el tema.
S3	No aparece el tema.
S4	Se indica que la resistencia equivalente es menor que cualesquiera de las resistencias en paralelo (p. 182).
S5	No aparece el tema.
S6	Se explica cómo se calcula la resistencia equivalente correspondiente a las diferentes asociaciones de resistencia en serie y en paralelo, pero no se llama la atención sobre la disminución de la resistencia equivalente en el caso de la asociación en paralelo.
S7	El tratamiento es similar al caso anterior.
S8	No aparece el tema.
S9	Sólo se explica cómo se calcula la resistencia equivalente y aparece un ejemplo numérico. Sin embargo, no se llama la atención sobre la disminución de la resistencia equivalente en la asociación en paralelo.
S10	No aparece el tema.
S11	
U1	
U2	
U3	
U4	Se explica cómo deben calcularse las resistencias equivalentes, pero no se llama la atención sobre la disminución de la resistencia en las asociaciones en paralelo, aunque aparece un ejercicio numérico (p. 536).
U5	Se explica cómo se calculan las resistencias equivalentes y se explica la disminución de la resistencia equivalente en la asociación en paralelo (p. 733).
U6	Aunque no se hace notar el hecho de que la resistencia en paralelo es menor, se presentan ejercicios en los cuales se pone de manifiesto.
U7	Se explica cómo debe calcularse la resistencia equivalente, pero no se llama la atención sobre la disminución de la resistencia en las asociaciones en paralelo. Se presenta un ejercicio numérico (p. 1105).
U8	Se plantea un ejercicio en el que se pide demostrar que, para cualquier combinación de resistencias, la resistencia equivalente es menor que cualquiera de las resistencias individuales (pág. 859).

**Anexo 8.-** Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Principio de Arquímedes)

<b>Libro</b>	<b>Contenido</b>
S1	No aparece el tema.
S2	Aparece una breve explicación de por qué los cuerpos flotan o no y se enuncia el principio de Arquímedes.
S3	Aunque el principio de Arquímedes se estudia en el mismo tema que la presión. Aunque cuando se estudia la presión en el seno de un líquido, se asocia su valor con la altura del mismo (p. 72), no se establece ninguna relación con el principio de Arquímedes, que se presenta como un resultado experimental.
S4	No aparece el tema.
S5	No aparece el tema.
S6	Aparece una breve explicación de la flotación de los cuerpos en el seno de un líquido y se enuncia como principio de flotación. Aparece una figura en la que se representan mediante flechas de diferente longitud las fuerzas sobre la cara superior e inferior de un objeto sumergido.
S7	Aparece una explicación más detallada que la simple exposición de los casos posibles (flotación, hundimiento). Además, se indica que todo se debe a la diferencia de alturas y de presiones que se crea encima y debajo de un objeto en el seno de un fluido. A partir de esta presentación se analiza la flotación de los cuerpos.
S8	No aparece el tema.
S9	El tratamiento es similar al que se hace en el libro S7.
S10	No aparece el tema.
S11	
U1	
U2	
U3	
U4	El principio de Arquímedes se aborda en el contexto de la ecuación de Bernoulli.
U5	Aparece una explicación detallada, relacionando el principio de Arquímedes con la diferencia de presiones en el seno de un fluido (p. 342).
U6	La presentación que se hace se basa en el equilibrio del volumen de líquido que ocuparía el lugar del sólido (p. 232).
U7	No se aborda el tema.
U8	Se hace un análisis detallado de la variación de la presión en un fluido en reposo y se comparan las fuerzas sobre la superficie superior e inferior de un objeto en equilibrio (pág. 443-444).

**Anexo 9.-** Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Cargas eléctricas en los modelos del núcleo atómico).

<b>Libro</b>	<b>Contenido</b>
S1	Se presenta el modelo planetario del átomo, pero no se hace con la profundidad suficiente como para plantear el problema de la repulsión de cargas positivas en el núcleo.
S2	No aparece una explicación detallada. Tan sólo se explica qué es un átomo y cómo está constituido.
S3	No se trata el tema, ya que se parte de contenidos tratados en el curso anterior.
S4	Se presentan las partículas que componen el núcleo, pero no se ofrece una explicación detallada de la estabilidad nuclear.
S5	No se trata el tema.
S6	Se explica qué tipo de partículas componen los átomos y qué características tiene cada una, se dice que los electrones giran alrededor del núcleo, pero no se explica la fuerza que mantiene al electrón en dicho movimiento ni la fuerza que mantiene los protones juntos en el núcleo.
S7	El tratamiento es similar al caso anterior.
S8	Se presenta un tratamiento detallado del movimiento del electrón alrededor del núcleo, pero no se aborda el problema del núcleo atómico.
S9	No aparece ninguna explicación detallada del problema que tratamos.
S10	
S11	Aparece una explicación detallada.
U1	
U2	
U3	
U4	Se hace referencia al problema y a la interacción nuclear fuerte que contrarresta la repulsión entre cargas positivas en el núcleo (p. 501).
U5	No se trata el tema de la estructura del núcleo atómico.
U6	
U7	No se analiza con detalle el problema cuando se discuten los experimentos de Rutherford con partículas alfa.
U8	Existe un apartado dedicado a las fuerzas nucleares en el que se plantea el problema y se justifica la necesidad de la fuerza nuclear fuerte (p. 1153).



**Anexo 10.-** Resultados del análisis de los libros de texto (Tema: Escala de pH).

<b>Libro</b>	<b>Contenido</b>
S1	No aparece el tema.
S2	No aparece el tema.
S3	Se presenta la escala de pH, pero no se indica cómo se calcula (p. 190).
S4	No aparece el tema.
S5	No aparece el tema.
S6	No aparece el tema.
S7	Se explica cómo se calcula el pH, pero no se aborda la justificación de la escala.
S8	No aparece el tema.
S9	No aparece el tema.
S10	No aparece el tema.
S11	No aparece el tema.
U1	Aunque se explica el cálculo del pH y se presenta el producto iónico del agua, no se discute la posible existencia de pH negativos.
U2	Igualmente, no se aborda la escala de pH ni, por tanto, la posibilidad de que existan pH negativos.
U3	Tampoco se plantea este tema.
U4	No aparece el tema.
U5	No aparece el tema.
U6	No aparece el tema.
U7	No aparece el tema.
U8	No aparece el tema.