

# CONCEPCIONES ALTERNATIVAS EN FÍSICA Y QUÍMICA DE BACHILLERATO: UNA METODOLOGÍA DIAGNÓSTICA

VÁZQUEZ ALONSO, A.

Servicio de Inspección Técnica de Educación. Palma de Mallorca.

---

## SUMMARY

This paper emphasizes the independence between alternative conceptions and the type of instrument applied to identify them, as well as the usefulness of quantitative criteriums suggested in asses them.

---

## CONCEPCIONES ALTERNATIVAS EN FÍSICA Y QUÍMICA DE BACHILLERATO: UNA METODOLOGÍA DIAGNÓSTICA

El estudio de las concepciones alternativas en ciencias (errores conceptuales, ciencia de los niños, ideas previas, concepciones espontáneas...) se ha convertido en un tópico robusto de la investigación empírico-didáctica de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Las páginas de ésta y otras revistas especializadas han sido testigos en estos últimos años de los principales hallazgos en torno al tema, por lo que resulta ocioso repetir los numerosos artículos aparecidos. Si acaso, por lo reciente de su aparición y la visión sintética que ofrece del tema (en el área de Física y Química) se puede citar el libro de Hierrezuelo y Montero (1989), que permite una rápida puesta al día de los no iniciados. En cuanto a la terminología, se empleará la denominación de concepciones alternativas compartiendo los argumentos en su favor defendidos por Abimbola (1988). Como características principales de las concepciones alternativas se admiten su persistencia, su coherencia interna con el sistema mental de cada individuo, y su amplia extensión de muestras en todas las edades y niveles culturales.

Sin embargo, la importancia y consistencia de estos rasgos tan universales puede quedar devaluada, entre los profesores de ciencias, por la sofisticación percibida de algunos métodos empleados en su detección.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es bien conocido que la investigación sobre concepciones alternativas se ha centrado en la identificación de los errores más comunes cometidos por los alumnos cuando se les cuestiona, directamente, la idea bajo estudio. La forma en que se hace(n) la(s) pregunta(s) ha sido muy variada (oral, escrita o manipulativa); las entrevistas abiertas, el diálogo «socrático», las discusiones sobre ejemplos y fenómenos, las entrevistas clínicas (piagetianas), las respuestas escritas, abiertas o cerradas, y el dibujo de diagramas o esquemas han sido métodos utili-

zados frecuentemente en la identificación. Es importante resaltar, como denominador común en la detección de las concepciones alternativas, la aplicación de una metodología específica para esa investigación, que tal vez puede percibirse alejada de la actividad habitual de enseñanza-aprendizaje desarrollada en las aulas por el común de los profesores. En efecto, cuando se analizan algunas de las pruebas o ejemplos utilizados en las investigaciones de concepciones alternativas, y/o algunas lecturas o interpretaciones que los investigadores realizan de las respuestas abiertas, el lector no iniciado puede percibir una cierta sofisticación o excesiva artificialidad, que le pueden llevar a la falsa impresión superficial de que las concepciones alternativas sólo aparecen cuando una prueba «ad hoc» se prepara para detectarlas. Dicho con otras palabras, las concepciones alternativas se podrían percibir como un resultado originado, parcialmente, por la metodología usada (instrumentación, interpretación, etc.), y, en consecuencia, concluir que no conciernen directamente a la tarea como profesor (director del cambio conceptual de sus alumnos).

Parece útil plantear una tesis reivindicativa de lo obvio: las concepciones alternativas son independientes del método empleado en su detección; complementariamente, las concepciones alternativas se hacen patentes también en cualquier método de evaluación habitual en las clases de ciencias. Como apoyo de esta hipótesis, este artículo pretende evidenciar la aparición de concepciones alternativas en las respuestas de los alumnos a cuestiones ordinarias y habituales en la práctica escolar del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y Química. Por otro lado, se pretende enfatizar la importancia instrumental y metodológica de las pruebas objetivas de elección múltiple, no sólo en la evaluación de alumnos (avalada por la gran tradición de su aplicación, sobre todo en países anglosajones), sino en la identificación diagnóstica de concepciones alternativas en grupos de alumnos. Este diagnóstico puede ser el primer paso para un planteamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje que permita el cambio conceptual, y por ello, la construcción de significados que debe perseguir la enseñanza/aprendizaje de las ciencias como objetivo principal.

## METODOLOGÍA

Se han utilizado tres pruebas objetivas de elección múltiple como instrumentos de diagnóstico inicial de los conocimientos de Física y Química en alumnos que comenzaban, respectivamente, segundo y tercero de BUP y COU. El contenido de las pruebas objetivas tomaba como referente los contenidos y objetivos centrales (core-curriculo) del curso anterior al que se aplicaba la prueba objetiva; así, la prueba aplicada a alumnos de 2º de BUP estaba centrada en el currículo de EGB (30 ítems), la prueba aplicada a alumnos de 3º de BUP se basó en los contenidos de 2º (45 ítems) y la prueba objetiva aplicada a alumnos de COU versaba sobre contenidos de 3º de BUP (45 ítems). Se tomaron cuestiones habituales de los libros de texto y se les dió la

forma de ítems de opción múltiple, con cuatro distractores y una, y sólo una, respuesta correcta. Las pruebas objetivas fueron construidas extrayendo los ítems de un banco amplio, previamente ensayados y baremados en una aplicación piloto, siguiendo la metodología de tipificación propia de las pruebas objetivas, y ampliamente descrita en otro lugar (Vázquez 1989). La validez de contenido de las pruebas fue confirmada, en una encuesta paralela, por una amplia muestra de profesores de los alumnos a quienes se administraron las pruebas objetivas.

En conclusión, las pruebas objetivas construidas están formadas por cuestiones cuyo contenido es habitualmente usado por los profesores en la evaluación de alumnos, y no por preguntas construidas específicamente para detectar concepciones alternativas; en particular, ningún distractor fue diseñado teniendo en cuenta apriorísticamente las posibles Cas compatibles con el ítem. Con ello se pretende demostrar que las concepciones alternativas emergen también cuando se evalúa a los alumnos mediante cuestiones comunes, y no específicas para detectar concepciones alternativas, e inventariar, brevemente, cuáles han sido las concepciones alternativas encontradas.

Para ilustrar con claridad las pautas que permiten la detección de concepciones alternativas mediante cuestiones habituales de evaluación en Física y Química (no específicas de concepciones alternativas) es necesario revisar algunos de los principios fundamentales de la construcción de pruebas objetivas de elección múltiple.

Un ítem está formado por un 'pie' o 'base' en el que se plantea la cuestión a responder, seguido por cierto número de posibles respuestas (en nuestro caso 5), de las cuales algunas son falsas (distractores, 4) y otra(s) correcta(s) (en nuestro caso, 1). La tarea del alumno consiste en señalar la respuesta correcta. El principio fundamental de la Teoría Clásica de Respuesta a este tipo de pruebas objetivas es que únicamente se puede afirmar con certeza absoluta que un alumno que yerra la respuesta, desconoce ésta, en tanto, que el acierto no necesariamente implica el conocimiento de la respuesta. Por tanto, esto da la certeza de que las tasas de respuesta observadas en los distractores (respuestas erróneas) pueden corresponder a concepciones alternativas.

Una buena prueba objetiva necesita que los distractores sean homogéneos, es decir, todos ellos deben parecer igualmente atractivos que la respuesta correcta para el alumno desinformado. En consecuencia, se espera que las tasas de respuesta a los distractores deben ser similares entre sí, y por tanto, las desviaciones fuertes de la homogeneidad en las tasas de respuesta en algún distractor se interpretan como debidas, o bien, a que el citado distractor no está bien diseñado (generalmente, distractores no elegidos porque es obvia su falsedad), o bien, a que la respuesta reflejada en él tiene una atracción superior a las demás para los alumnos (distractores elegidos por encima de los demás, e incluso, de la respuesta correcta). Este último caso correspondería a la existencia de respuestas erróneas ampliamente implantadas en los alumnos, y por tanto, se interpreta como signo de la posible evidencia de concepciones alternativas.

En consecuencia, se ha utilizado el análisis de las respuestas a los distractores de una prueba objetiva como base para identificar posibles concepciones alternativas en los alumnos, aplicando dos criterios:

1. Tasa de respuesta de un distractor superior a la tasa de respuesta obtenida por la alternativa correcta.
2. Tasa de respuesta de un distractor significativamente superior a las tasas de los otros distractores.

Los ítems que cumplan alguno de estos criterios empíricos pueden mostrar concepciones alternativas en los alumnos. Su aplicación en el análisis de las tasas de respuesta obtenidas en cada ítem de las pruebas objetivas ha permitido identificar algunas concepciones alternativas.

La muestra de alumnos empleada corresponde a 8 institutos de bachillerato de la isla de Mallorca: 591 alumnos que comenzaban 2º de BUP (16 años) contestaron la prueba de EGB; 355 alumnos que comenzaban 3º (17 años) contestaron la prueba objetiva de Física y Química de 2º, y 334 alumnos que comenzaban COU (18 años) respondieron la prueba objetiva de Física y Química de 3º. Ninguno de los alumnos de la muestra era repetidor de curso.

## RESULTADOS

Se han analizado las tasas de respuestas obtenidas en los 120 ítems que contenían las pruebas objetivas aplicadas; empleando los dos criterios explicitados anteriormente, se han identificado los ítems que muestran concepciones alternativas en los alumnos. El número de ítems encontrados que satisfacen alguno de los dos criterios aplicados (1 ó 2) es notable, y mayor cuanto más elevado es el curso al que se refiere la prueba. Las tablas resumen las concepciones alternativas encontradas en las respuestas a los ítems de las pruebas objetivas mediante una descripción sucinta de ellas. Para que el lector pueda contrastarlas y analizarlas por sí mismo, se indican el ítem del que se han deducido y el criterio aplicado (1 ó 2), estando el texto de la mayoría de los ítems (no todos) en los Apéndices. Tanto en las tablas como en los Apéndices los resultados se han agrupado en tres bloques: Mecánica/Calor, Electricidad/Optica y Química. Cada ítem se describe con un número en clave de dos cifras separadas por un punto; la primera cifra indica el curso (2 para segundo, 3 para tercero y 4 para COU), y la segunda es el número de orden del ítem en las pruebas objetivas de las que se han extraído. A veces, se incluye la codificación (MS) para indicar que, presumiblemente, algunos elementos de la llamada 'metodología de la superficialidad' (Carrascosa & Gil 1985) han influenciado la respuesta.

Los resultados refrendan muchas de las concepciones alternativas informadas en la bibliografía investigacional sobre este tema, con la diferencia metodológica fundamental que, en este estudio, la identificación de

concepciones alternativas no era el objetivo principal de la aplicación de las pruebas objetivas, puesto que el proceso de redacción y selección de los ítems no ha sido orientado por la detección de concepciones alternativas, sino sólo para realizar un diagnóstico del nivel instruccional inicial de los alumnos, en cada uno de los cursos estudiados. Los resultados obtenidos demuestran la independencia de la aparición de las concepciones alternativas respecto al tipo de metodología o instrumento empleado en la evaluación: los errores identificados se corresponden con los informados en la amplia literatura sobre el tema. En particular, un instrumento de evaluación objetivo del tipo empleado aquí (prueba objetiva) permite la aplicación de criterios cuantificables y objetivos, y por ello, válidos y fiables, además de sencillos, que posibilitan su empleo por cualquier profesor de ciencias.

Por otro lado, para los alumnos mayores (alumnos de COU—ítems cuyo primer número es el 4— que responden cuestiones de Física y Química de 3º de BUP) se observa un persistente aumento del número de concepciones alternativas que responden a la aplicación de la 'metodología de la superficialidad', es decir, respuestas acrílicas elicítadas en muchos casos por distractores que 'suenan' bien, o contienen elementos que se identifican con las rutinas más mecánicas y estereotipadas adquiridas en las clases de ciencias.

Este rasgo, sin duda, pone de relieve que el tipo de enseñanza/aprendizaje recibido por los alumnos dista mucho de estar de acuerdo con los elementos epistemológicos fundamentales de la ciencia y el modo de producción científico. Los alumnos mayores, que han ido adquiriendo en los sucesivos cursos más conocimientos científicos, evidencian paralelamente un aumento en su bagaje de destrezas maladaptativas; en particular, los errores identificados con el nombre de metodología de la superficialidad (Carrascosa y Gil 1985). Parece pues, que la cantidad de información creciente no basta para propiciar el cambio conceptual, y por tanto, no consigue aprendizajes significativos, sino que se refuerzan conductas maladaptativas, estereotipadas y espúreas.

## CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que las mismas concepciones alternativas de los alumnos en ciencias son elicítadas por cualquier tipo de reactivo estimular (en este caso una prueba objetiva no diseñada para ello), y no sólo ante cuestiones ad hoc, preparadas especialmente para detectar estas concepciones alternativas. Diseñando pruebas objetivas sobre la base de una tabla de especificaciones integrada por concepciones alternativas sería posible su diagnóstico sistemática en la formación científica de los alumnos.

Las pruebas objetivas aplicadas en este estudio, no diseñadas con finalidad diagnóstica para las concepcio-

nes alternativas, han evidenciado la facilidad con que las concepciones alternativas aparecen y pueden evaluarse. Los criterios aplicados en este estudio proveen un elemento cuantificado, objetivo y fiable que puede permitir la comparación entre estudios diferentes que apliquen estos mismos criterios, y en consecuencia, facilitan la comparación de resultados entre estudios, pruebas y

poblaciones diferentes. Por último, el aumento con los cursos del número de concepciones alternativas encontradas, así como los rasgos crecientes de la metodología de la superficialidad hallados, evidencian que los aprendizajes realizados no promueven el cambio conceptual y, posiblemente, están lejos de ser aprendizajes significativos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMBOLA, I.O., 1988. The Problem of Terminology in the Study of Student Conceptions in Science, *Science Education*, 72(2), pp. 175-184.

CARRASCOSA ALIS, J. y GIL PÉREZ, D., 1985. La «metodología de la superficialitat» i l'aprenentatge de les ciències, *Ensenyanza de las Ciencias*, 3, pp. 113-120.

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A., 1989. *La ciencia de los alumnos*. (Ministerio de Educación-Laia: Barcelona).

VÁZQUEZ ALONSO, A., 1989. *Rendimiento en Bachillerato: aptitudes y atribución causal. Análisis del rendimiento objetivo en Física y Química*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad de las Islas Baleares.

Tabla I  
Concepciones alternativas de los alumnos de Bachillerato en Mecánica y Calor. A la derecha se indica el criterio aplicado para su identificación (texto de algunos ítems en el Apéndice I).

MECÁNICA/CALOR		
Ítem	Concepción alternativa	Criterio
3.14.	Confusión entre aceleración y velocidad; identificación del m.u.a. con movimientos uniformes.	1
4.10.	No existe aceleración en el movimiento circular uniforme.	2
3.4.	Las fuerzas se comportan como magnitudes escalares.	2
3.10.	Independencia entre la aceleración y la masa.	1
4.13.	La existencia de aceleración no está limitada al intervalo de tiempo que dura la acción de una fuerza.	1
4.13.	El movimiento (uniforme) requiere la acción de una fuerza neta aplicada.	1
4.15.	El principio de conservación de la energía se ignora: la energía se gasta siempre.	2
4.3.	No se comprende el concepto de kilowatio-hora.	1 (MS)
2.1.	La temperatura durante un cambio de estado no permanece constante.	
2.1.	La temperatura de cambio de estado es la máxima.	2
2.3.	Desconocimiento de la existencia de la convección y conducción como mecanismos de transmisión de calor.	1
3.3.	La temperatura para cambios de estado inversos no es la misma (fusión/solidificación ...).	1
3.15.	Incomprensión del concepto de calor específico.	1
3.8.	Proporcionalidad de la masa con la longitud, y no el volumen (cubo de la longitud).	1
3.17.	No se relaciona el empuje con la densidad del líquido que sustenta el sólido que flota.	2

(MS): metodología de la superficialidad.

Tabla II.  
 Concepciones alternativas de los alumnos de Bachillerato en Electricidad y Óptica. A la derecha se indica el criterio aplicado para su identificación (texto de algunos ítems en el Apéndice II).

MECÁNICA/CALOR		
Ítem	Concepción alternativa	Criterio
2.5.	Confusión entre intensidad de corriente y tensión a través de sus unidades.	1
3.5.	No se comprende la dependencia con el cuadrado de la distancia para la ley de Coulomb (proporcionalidad simple).	1 (MS)
3.11.	Confusión lingüística entre intensidad de campo e intensidad de corriente.	2
3.16.	Confusión aplicativa entre campo eléctrico y potencial eléctrico.	1
4.2.	Confusión lingüística entre potencial e «intensidad eléctrica».	2
4.8.	La ley para el cálculo de la resistencia equivalente a una asociación en paralelo se toma referida a la resistencia (no a su inverso)	1 (MS)
2.6.	Ignorancia de la relación índice de refracción y velocidad de la luz (¿subyace su infinitud?).	1
2.7.	Realidad de una imagen especular.	1
2.7.	Confusión entre inversión arriba-abajo e intercambio derecha-izquierda en los espejos.	1
3.9.	Confusión entre propagación de la luz con refracción y observación de un palo bajo el agua (doblado arriba).	1

(MS): metodología de la superficialidad

Tabla III.  
 Concepciones alternativas de los alumnos de Bachillerato en Química. A la derecha se indica el criterio aplicado para su identificación (texto de algunos ítems en el Apéndice III).

MECÁNICA/CALOR		
Ítem	Concepción alternativa	Criterio
2.2.	Confusión entre el número de átomos de una molécula, los subíndices y el número de especies atómicas.	2
2.4.	Los átomos de los sólidos están quietos; sólo se mueven los de los gases.	1
2.8.	Confusión entre sustancia simple y átomo.	1
3.1.	Concepto de disolución asociado con líquidos.	2
3.6.	Confusión entre proporcionalidad directa e inversa.	1
3.7.	Confusión entre mol y masa molecular.	1
3.18.	Confusión entre subíndices y valencias en fórmulas.	2 (MS)
3.12.	Se elige la fórmula que más «suena» (glucosa...).	2 (MS)
3.13.	Identificación de la cantidad de disolvente con la cantidad de disolución.	1
4.1.	La asociación entre energía de ionización y electropositividad, se hace al revés.	2 (MS)
4.6.	Se confunde la convención para el número cuántico secundario $s=1, p=2, d=3, \dots$ , en lugar de $s=0, p=1, d=2$ .	1 (MS)
4.9.	El enlace covalente no se identifica por su definición, sino que es ensombrecido por etiquetas que «suenan» más.	1 (MS)
4.11.	La molécula con mayor carácter iónico se identifica con la más habitual en los ejemplos (NaF).	1 (MS)
4.16.	El enlace químico requiere la aportación del mismo número total de electrones por los átomos.	1

Tabla III (Continuación)

Ítem	Concepción alternativa	Criterio
3.2.	Metodología superficialidad sobre proposiciones de transformaciones REDOX.	1(MS)
4.4.	Los catalizadores se emplean para aumentar la velocidad de las reacciones (no para disminuir).	1
4.7.	Se confunde el convenio de signos para el calor de reacción.	1 (MS)
4.12.	La expresión de la constante de equilibrio reproduce por inercia un estereotipo, sin tener en cuenta el estado en que se encuentran las especies químicas presentes.	1 (MS)
4.17.	Elevando la temperatura se consigue siempre mayor eficiencia en todas las reacciones químicas.	1

APÉNDICE I

Texto de algunos ítems que corresponden a las concepciones alternativas identificadas en Mecánica y Calor (Tabla I). Al final de cada ítem se recoge la tasa (%) de respuestas por este orden: tasa de ausencia de respuesta y tasas correspondientes a cada alternativa del ítem, en el mismo orden que guardan en el texto del ítem; aparece *subrayada> la respuesta correcta y con \* las tasas más elevadas de distractores.*

- 3.14. Un móvil parte del reposo con aceleración constante de  $20 \text{ cm/s}^2$ . ¿Cuánto tiempo tardará en recorrer un kilómetro?  
 A) 50 s  
 B) 75 s  
 C) 100 s  
 D) 125 s  
 E) 150 s

- \*41.13. A) \*26.48 B) 4.79 C) 18.03 D) 5.07 E) 4.51

- 4.10. Un móvil recorre una trayectoria circular de 5 m de radio con velocidad constante de  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . El módulo de la aceleración total es (en  $\text{m/s}^2$ ):  
 A)  $v^2/R = 10^2/5$   
 B)  $v/R = 10/5$   
 C) Cero  
 D)  $v \cdot R = 10 \cdot 5$   
 E)  $v \cdot R^2 = 10 \cdot 5^2$

- 14.37. A) 41.92 B) 4.76 C) \*25.75 D) 5.69 E) 7.49

- 3.4. Dos fuerzas concurrentes que están formando entre sí ángulo recto, y valen 3 y 4 N, tienen como fuerza resultante:  
 A) 7 N  
 B) 1 N  
 C) 4 N  
 D) 3,5 N  
 E) 5 N

- 9.01. A) \*23.38 B) 8.45 C) 3.10 D) 6.76 E) 49.30

- 3.10. A un cuerpo de masa  $m$  se aplica una fuerza  $F$ . A otro cuerpo de masa  $m'$  se le aplica la misma fuerza  $F$  y resulta que la aceleración de  $m$  es el doble de la de  $m'$ . Luego la masa  $m$  vale:  
 A)  $m'$   
 B)  $2m'$   
 C)  $4m'$   
 D)  $m'/2$   
 E)  $m'/4$

- 11.83. A) 43.10 B) \*38.87 C) 2.25 D) 2.25 E) 1.69

- 4.13. Un cuerpo de 2 kg está en reposo sobre una superficie horizontal sin rozamiento; una fuerza constante de 2 N se aplica sobre el cuerpo, durante 3 segundos y se elimina. La velocidad del cuerpo a los 6 s será:  
 A)  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 B)  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 C)  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 D)  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 E)  $24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

- 15.57. A) 7.78 B) 29.04 C) \*38.92 D) 5.99 E) 2.69

- 4.15. Desde el borde de una plataforma que está a cierta altura sobre el suelo se lanza un móvil hacia arriba con velocidad inicial. La energía mecánica total es:  
 A) Mayor en el punto más alto que alcanza que los demás.  
 B) Mínima en el momento de llegar al suelo.  
 C) Mayor en el nivel de la plataforma que en los demás.  
 D) Mínima en el nivel de la plataforma que en los demás.  
 E) La misma en todos los lugares que pasa.

- \*21.26. A) 14.97 B) 7.78 C) \*22.46 D) 3.29 E) 30.24

- 4.3. Un kilowatio-hora es:

- A)  $3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$   
 B)  $3,6 \cdot 10^6 \text{ N/m}$   
 C)  $1000 \text{ w} / 3600 \text{ s}$   
 D)  $1000 \text{ J} / 3600 \text{ s}$   
 E)  $3,6 \cdot 10^6 \text{ W}$

- 11.08. A) 20.36 B) .90 C) \*50.90 D) 8.98 E) 7.78

- 3.15. Un bloque de un metal X, de masa  $m$  a  $0^\circ\text{C}$  se pone en contacto con otro bloque de un metal Y, de masa  $2m$  a  $100^\circ\text{C}$ . Tiene lugar la transmisión de calor de uno a otro hasta alcanzar el equilibrio térmico los dos bloques a  $20^\circ\text{C}$ . Si los calores específicos son  $c_x$  y  $c_y$ , respectivamente, la relación entre los mismos es de:

- A)  $c_x = 8 \cdot c_y$   
 B)  $c_x = 4 \cdot c_y$   
 C)  $c_x = 2 \cdot c_y$   
 D)  $2 \cdot c_x = c_y$   
 E)  $4 \cdot c_x = c_y$

- \*61.13. A) 4.23 B) \*11.83 C) \*10.70 D) \* 7.32 E) \*4.79

- 3.8. Tienes dos cubos de aluminio, el cubo A de 1 cm de lado y el cubo B de 2 cm de lado. Podremos afirmar que:  
 A) La masa de A es la mitad de B, pero sus densidades son iguales.  
 B) La masa de B es 8 veces la de A y la densidad de B es 8 veces la de A.  
 C) La masa de B es el doble que la de A y la densidad de B es igual que la de A.  
 D) La masa de B es 8 veces la de A y las densidades de ambos son iguales.  
 E) La masa de B es el triple que la de A y las densidades son iguales.
- 18.31. A)\*25.63 B) 4.51 C)\*30.99 D) 14.37 E) 6.20
- 3.17. Una pieza de madera flota sumergida totalmente en agua. Cuando se la coloca en alcohol (de densidad menor que el agua) ocurrirá que:  
 A) Se hundirá en el fondo.  
 B) Flotará sobresaliendo más.  
 C) Quedará como antes.  
 D) Flotará, pero más sumergida.  
 E) Se hundirá un momento y luego flotará.
- \*23.38. A) 29.30 B)\*16.90 C) .85 D)\*22.82 E) 6.76

## APÉNDICE II

Texto de algunos ítems que corresponden a las concepciones alternativas identificadas en Electricidad y Óptica (Tabla II). Al final de cada ítem se recoge la tasa (%) de respuestas por este orden: tasa de ausencia de respuesta y tasas correspondientes a cada alternativa del ítem, en el mismo orden que guardan en el texto del ítem; aparece *subrayada* la respuesta correcta y con \* las tasas más elevadas de distractores.

2.5. La unidad de intensidad de la corriente eléctrica es:

- A) El Culombio  
 B) El Voltio  
 C) El Ohmio  
 D) El Amperio  
 E) El Julio

2.54. A) 2.54 B)\*57.36 C) 4.40 D) 31.30 E) 1.86

3.5. Dos cargas eléctricas puntuales están separadas entre sí 3 m, repeliéndose con una fuerza de 10 N. Si se separan 6 m, la fuerza de repulsión será:

- A) 2,5 N  
 B) Dos veces menor  
 C) Dos veces mayor  
 D) 10/3 N  
 E) 40 N

9.58. A) 6.20 B)\*58.59 C) 17.18 D) 7.89 E) .56

3.11. La unidad adecuada para la medida de la intensidad del campo eléctrico en un punto es:

- A) C·m<sup>2</sup>  
 B) A·m  
 C) N/C  
 D) m/V  
 E) A/m

\*35.21. A) 6.48 B) 12.39 C) 23.10 D) 2.82 E)\*20.00

4.8. La resistencia equivalente de dos resistencias asociadas en paralelo es:

- A) El producto de las resistencias dividido por su suma.  
 B) La suma de las resistencias dividida por su producto.  
 C) La suma de los inversos de las resistencias.  
 D) El producto de los inversos de las dos resistencias.  
 E) La diferencia de los inversos de las dos resistencias.

7.78. A) 13.78 B) 1.80 C)\*75.75 D) 2.69 E) 1.20

2.7. Las imágenes producidas por lentes, espejos o instrumentos ópticos pueden ser reales o virtuales. La imagen producida por un espejo es...:

- A) Siempre real.  
 B) Unas veces real y otras virtual.  
 C) Siempre virtual.  
 D) Siempre derecha y más grande.  
 E) Siempre invertida.

5.41. A)\*22.17 B)\*16.24 C) 22.50 D) 1.69 E)\*31.98

## APÉNDICE III

Texto de algunos ítems que corresponden a las concepciones alternativas identificadas en Química (Tabla III). Al final de cada ítem se recoge la tasa (%) de respuestas por este orden: tasa de ausencia de respuesta y tasas correspondientes a cada alternativa del ítem, en el mismo orden que guardan en el texto del ítem; aparece *subrayada* la respuesta correcta y con \* las tasas más elevadas de distractores.

2.2. Las moléculas de cualquier sustancia están formadas por la unión de varios átomos. De las que siguen señala la molécula triatómica:

- A) H<sub>2</sub>O  
 B) Cl<sub>2</sub>  
 C) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- D) N O  
E) S O<sub>3</sub>
- 13.54. A) 32.83 B) 3.55 C) \*18.61 D) 3.38 E) \*28.09
- 2.4. Los átomos de un cuerpo sólido como el cobre o el hielo a la temperatura ambiental están...  
A) En continuo movimiento vibratorio alrededor de unas posiciones determinadas.  
B) Quietos mientras sea sólido.  
C) En continuo movimiento.  
D) Sólo moviéndose en estado gaseoso.  
E) Quietos y nunca se mueven ya que el cobre y el hierro son muy pesados.
- 7.78. A) 26.57 B) \*34.35 C) \*17.77 D) 5.58 E) 7.95
- 2.8. En la relación siguiente tienes símbolos de varios elementos químicos y fórmulas de distintas sustancias; señala la fórmula que corresponde a una sustancia simple:  
A) Cl  
B) H<sub>2</sub>O  
C) O  
D) Cl<sub>2</sub>O  
E) N<sub>2</sub>
- 3.05. A)\*17.26 9.64 B) \*54.99 C) .17 D) E) 14.89
- 3.6. ¿Cuál de las siguientes masas contiene el mismo número de átomos que 12 g de magnesio? (Masas atómicas C=12, Ca=40, Mg=24)  
A) 12 g de C  
B) 20 g de Ca  
C) 24 g de C  
D) 40 g de Ca  
E) Ninguno de los anteriores.
- 16.62. A) 7.04 B) 18.03 C) \*40.56 D) .56 E) 17.18
- 3.7. El análisis de cierta sustancia muestra que tiene combinados 7 g de nitrógeno con 1 g de hidrógeno (Masas atómicas N=14, H=1). La fórmula más sencilla que cabe deducir para esta sustancia es:  
A) NH<sub>2</sub>  
B) NH<sub>7</sub>  
C) N<sub>2</sub>H  
D) N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>  
E) N<sub>7</sub>H
- \*21.41. A) 22.25 B) \*32.96 C) 6.76 D) 2.54 E) 14.08
- 3.12. ¿Cuál de las siguientes fórmulas empíricas corresponde al benceno?  
A) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>  
B) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>  
C) C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>  
D) C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>  
E) C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>
- \*45.35. A) 19.44 B) \*17.46 C) 6.48 D) 5.07 E) 6.20
- 4.6. Un electrón de un átomo cuyos números cuánticos principal y secundario son 4 y 2, respectivamente, pertenece a :  
A) Nivel 2 y orbital s  
B) Nivel 4 y orbital p  
C) Nivel 4 y orbital s
- D) Nivel 6 y orbital d  
E) Nivel 4 y orbital d
- 16.17. A) 9.58 B) \*45.81 C) 21.86 D) 1.20 E) 5.39
- 4.9. En la molécula de hidrógeno, los dos núcleos de los átomos se mantienen unidos entre sí por ...  
A) Enlace iónico.  
B) Compartición de la nube electrónica.  
C) Enlace covalente dativo.  
D) Atracción por fuerzas de Van der Waals.  
E) Atracción intermolecular mediante enlaces por puente de hidrógeno.
- 12.57. A)\*21.86 B) 13.47 C) \*30.24 D) 6.29 E) \*15.57
- 4.11. Entre los siguientes compuestos señala aquel cuyo enlace presente mayor carácter iónico:  
A) RbCl  
B) NaF  
C) MgO  
D) CsI  
E) CsF
- \*20.06. A) 7.78 B)\*36.53 C) 9.58 D) 7.19 E) 18.86
- 4.16. Un elemento X tiene 2 electrones de valencia y otro elemento Z tiene 6 electrones de valencia. El compuesto que ambos pueden formar al unirse químicamente será probablemente:  
A) Un compuesto iónico de fórmula XZ.  
B) Un compuesto iónico de fórmula X<sub>3</sub>Z.  
C) Un compuesto iónico de fórmula X<sub>2</sub>Z<sub>2</sub>.  
D) Un compuesto covalente XZ.  
E) Un compuesto covalente de fórmula X<sub>3</sub>Z.
- 14.07. A) 10.78 B) \*33.23 C) 2.99 D) 6.29 E) \*32.63
- 4.4. ¿Cuál de las siguientes frases explica mejor la acción de un catalizador en una reacción química?  
A) Aumenta la velocidad de reacción.  
B) Inicia la reacción.  
C) Aumenta la energía de activación.  
D) Altera la velocidad de reacción.  
E) Disminuye el calor de reacción.
- 9.28. A)\*44.91 B) 3.59 C) 4.79 D) 30.84 E) 6.59
- 4.12. ¿Cuál de las siguientes expresiones es la más correcta para indicar la constante de equilibrio del sistema:  
Cu(s) + 2Ag<sup>+</sup>(ac) ⇌ Cu<sup>2+</sup>(ac) + 2Ag(s)  
A) K = [Cu] [Cu<sup>2+</sup>] / [Ag<sup>+</sup>] · [Ag]  
B) K = [Ag<sup>+</sup>] / [Cu<sup>2+</sup>]  
C) K = [Cu<sup>2+</sup>] / [Ag<sup>+</sup>]  
D) K = [Ag<sup>+</sup>] / [Cu<sup>2+</sup>]  
E) K = [Ag] / [Cu]
- \*42.81. A)\*27.25 B) 6.89 C) 14.67 D) 4.79 E) 3.59