

# Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua<sup>2</sup>

Secondary school students' alternative conceptions about physical and chemical properties of water

Ideias alternativas dos alunos do secundário sobre as propriedades físicas e químicas da água

## Resumen

Este trabajo busca identificar las ideas de alumnos de los cuatro niveles de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sobre las propiedades físicas y químicas del agua. Es importante conocer las ideas de los alumnos para detectar aquellas erróneas y establecer estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje significativo, para que el alumno construya un conocimiento científicamente correcto. Para la obtención de los datos se ha empleado un cuestionario compuesto por ocho preguntas de tipo elección múltiple con una sola respuesta correcta. En el estudio han participado 82 estudiantes de los cuatro niveles de ESO, para conocer la evolución de las concepciones alternativas a lo largo de este nivel educativo. Los resultados muestran que existen concepciones alternativas desde los primeros niveles y muchas de ellas no evolucionan hacia las científicamente correctas.

## Palabras clave

Educación secundaria, ideas alternativas, agua

## Abstract

This study aims to identify conceptions about physical and chemical properties of water in students from the four years of mandatory secondary school. It is important to know students' previous conceptions in order to identify any possible misconception and establish teaching strategies aimed at facilitating meaningful learning, so that students build scientifically accurate knowledge. A multiple-choice questionnaire made up of eight items, with a single correct

2 Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación edu2012-34140 del Ministerio de Economía y Competitividad (España), el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder) y el Gobierno de Extremadura.

María Teresa Giraldo Toro<sup>1</sup>  
Florentina Cañada Cañada<sup>2</sup>  
María A. Dávila Acedo<sup>3</sup>  
Lina V. Melo Niño<sup>4</sup>

- 1 Consejería de Educación del Gobierno de Extremadura. Profesora de Educación Secundaria, giraldotere@hotmail.com
- 2 Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Facultad de Educación, Universidad de Extremadura flori@unex.es
- 3 Profesora Contratado Doctor, Universidad de Extremadura mdavilaacedo@unex.es
- 4 Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. Facultad de Educación. Universidad de Extremadura lina.viviana.melo@gmail.com

answer, has been used for data collection. The sample consists of 82 students from the four courses of secondary school, in order to study the evolution of alternative conceptions along this educational cycle. The results show that alternative conceptions exist from the very first years, and most of them do not progress towards scientifically correct conceptions.

#### Key words

Secondary school, alternative ideas, water

#### Resumo

Este trabalho tem por objetivo detectar as ideias dos alunos, dos quatro níveis do Ensino Secundário, sobre as propriedades físicas e químicas da água. É importante conhecermos as ideias dos alunos para detectarmos aquelas erradas e podermos estabelecer estratégias didáticas que facilitem a aprendizagem significativa, para que o aluno construa um conhecimento cientificamente certo. Para a obtenção dos dados utilizou-se um questionário composto por 8 perguntas de tipo escolha múltipla com só uma resposta certa. No estudo participaram 82 estudantes dos quatro níveis do ES, para conhecermos a evolução das ideias alternativas ao longo deste nível educativo. Os resultados mostram, em geral, que existem ideias alternativas desde os primeiros níveis e muitas delas não evoluem para as cientificamente certas.

#### Palavra-chave:

Ensino Secundário, ideias alternativas, água.

## Introducción

El agua está socializada. Constituye un medio natural relacionado con muchas tradiciones y diversos estilos de vida.

El agua forma parte de la cultura. Es fundamento de creaciones artísticas: “¡Qué dulce el agua salada / con su salitre hecho cielo!” (Alberti, 1925, p. 95).

El agua está presente en la vida cotidiana. Protagoniza multitud de tareas en el quehacer diario del ser humano. Su importancia es tal, que constituye dos terceras partes del cuerpo humano y el setenta por ciento de la superficie terrestre.

En los medios de comunicación se aborda su relevancia desde distintos puntos de vista. Se destacan las noticias que hacen referencia al binomio agua-medioambiente para concienciar a la población de la necesidad de ahorrar en el consumo. El 22 de marzo está designado por las Naciones Unidas como el Día Mundial del Agua, para defender una gestión sostenible de este bien natural, dado que el agua dulce constituye entre el dos y el tres por ciento del total del agua de nuestro planeta y su distribución es irregular.

Por todos estos distintivos sociales, culturales y vivenciales que rodean al agua, su enseñanza es compleja (Marcén y Cuadrat, 2012). Los alumnos poseen muchas ideas sobre el agua, como consecuencia de su aprendizaje cotidiano y escolar.

El agua está presente como contenido escolar en diferentes propuestas curriculares. En el Decreto 83 de 2007, por el que se establece el currículo de educación secundaria en la Comunidad Autónoma de Extremadura, los contenidos asociados al agua se distribuyen como se muestra en la Tabla 1. En primer grado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), concretamente en el bloque 3 del área de Ciencias Naturales, se priorizan aspectos ligados con las propiedades del agua. Aunque en tercer y cuarto grados de ESO no se hace referencia directa a este contenido, está presente en multitud de ejemplos referentes a propiedades físicas y químicas. Además del contenido científico, este tema está relacionado con otras áreas del currículo favoreciendo la interdisciplinariedad. A su vez, contribuye a la educación en valores a lo largo de este ciclo educativo, ya que se fomenta, fundamentalmente, la educación para el medio ambiente, educación para la salud y educación para el consumidor.

Tabla 1. Contenidos curriculares sobre el agua en la Comunidad Autónoma de Extremadura

Contenidos curriculares sobre el agua en la Comunidad Autónoma de Extremadura	Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO)*					
	1º			2º	3º	4º
	Ciencias Naturales	Ciencias Sociales	Educación Física	Ciencias Naturales	Biología/ Geología	Tecnología
Propiedades físicas y químicas	X					
Ciclo del agua	X					
Modela y configura relieves		X			X	
Hidrosfera	X					
Uso del agua en la vida cotidiana			X			X
Ahorro / Agotamiento del recurso						X
Potabilización / depuración	X				X	
Ecosistemas acuáticos	X			X		
Agua y salud	X					
Contaminación	X				X	
Clima		X				

\* Consta de cuatro cursos, con alumnos de edades comprendidas entre 12 y 16 años.

El propósito de este trabajo es identificar las ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua, así como su evolución a lo largo del ciclo de ESO. Se ha elegido el tema del agua por ser una sustancia presente en la vida diaria de los alumnos e imprescindible para vivir, por lo que queremos comprobar su grado de conocimiento sobre aspectos físicos y químicos de esta sustancia.

## Fundamentación teórica

### Ideas previas de los alumnos sobre el agua

Muchos artículos tratan sobre las ideas previas de los alumnos acerca de las propiedades físicas y químicas de las sustancias en general. Podemos citar, por ejemplo, el libro de Kind (2004) sobre ideas alternativas de los alumnos alrededor de conceptos básicos de la química en diferentes niveles educativos. Balocchi et al. (2005) han hecho una revisión donde enumeran las concepciones alternativas sobre conceptos químicos como reacción química, cantidad de sustancias y cambios en la materia. Cañada et al. (2013) realizaron una investigación con alumnos de quinto de primaria para conocer sus ideas sobre los sistemas materiales y los cambios químicos y físicos de la materia.

Con relación a investigaciones donde se han estudiado las ideas de los estudiantes sobre el agua, Marcén y Cuadrat (2012), en una investigación realizada con alumnos de primer y tercer grados de ESO en la Comunidad de Aragón acerca de los conocimientos del agua, señalan que los alumnos de primer grado de ESO conocen la composición del agua, los cambios de estado, las propiedades, la relación agua-vida cotidiana, la relación agua-salud, la hidrosfera, así como la utilidad del agua en actividades económicas y de ocio. Por otro lado, los alumnos de tercer grado de ESO reconocen el agua como un compuesto químico, con unas propiedades y composición determinadas. A su vez, tienen conocimientos sobre los cambios de estado, la hidrosfera y la relación agua-salud. En general, los alumnos de tercero presentan un nivel de conocimientos superior al de los de primero, mientras que los conocimientos de estos están relacionados con lo que han trabajado en el aula. Según estos autores, los estudiantes conocen bien las propiedades, en menor medida el ciclo del agua y la mayoría responde de forma incorrecta a preguntas referentes a la depuración y potabilización del agua. Los alumnos de tercero recuerdan más aspectos relacionados con conceptos (propiedades, composición, estados de agregación, ciclo del agua) y recuerdan menos los que necesitan comprensión de procesos (regulación climática, agua en la vida cotidiana, relación agua-salud).

En un estudio de 2006, Boo revisó más de cien pruebas de alumnos de primaria, con preguntas relativas a los cambios de estado del agua, donde en los enunciados de las preguntas ya se inducían ideas alternativas como: “el agua y el hielo o el agua y el vapor de agua no pueden coexistir a la misma temperatura cuando se está produciendo un cambio de estado”. Por ello concluyen que una de las fuentes más importantes de generación de ideas alternativas son los propios profesores.

Fries-Gaither (2008) enumera algunas ideas alternativas que los estudiantes traen al aula sobre los cambios de estado y el ciclo del agua. La lista tiene como fin estimular el pensamiento del profesor acerca de las ideas que traen sus alumnos al aula. Además, ha elaborado una tabla donde en una columna identifica lo que el alumno podría pensar, dando lugar a la idea alternativa, y en otra lo que debería pensar para no generar esa idea incorrecta. En la tabla 2 se muestra un pequeño extracto de la tabla original.

Tabla 2. Ideas alternativas sobre los cambios de estado de la materia (agua), en Fries-Gaither (2008)

Los estudiantes piensan...	En lugar de pensar...
Cuando el agua hierve, las burbujas son aire, oxígeno o hidrógeno, o calor.	Las burbujas formadas por el agua hirviendo se componen de vapor de agua.
El agua en un recipiente abierto es absorbida por el contenedor, desaparece, cambia a aire, o se seca y se va al aire.	El agua en un recipiente abierto se evapora, cambiando de un líquido a un gas.
Las moléculas de hielo son más frías que las moléculas de agua.	Las moléculas de hielo tienen menos energía cinética que las moléculas de agua.

En otros estudios más generales se ha puesto de manifiesto que los alumnos tienen ideas alternativas sobre algunas propiedades del agua. Shollum (1981, en Kind, 2004) informa que existe una confusión entre dilución y cambio químico, ya que algunos estudiantes consideran que añadir agua a un jugo de fruta concentrado es un cambio químico. En la misma línea, en el estudio de López González y Vivas Calderón (2009) realizado con estudiantes de noveno grado se detectó que los estudiantes creen que al mezclar agua con algún compuesto, necesariamente ocurre una reacción química. En ese mismo estudio respecto al proceso de evaporación del agua, algunos alumnos señalaron que “el vapor se convierte en agua”, por lo que asocian la evaporación a un cambio químico. Aydin y Godek Altuk (2013), en un estudio con 113 normalistas sobre los estados de la materia, donde utilizaron el agua como sustancia base, identificaron 14 ideas alternativas que agrupa-

ron en tres categorías: A, no comprenden que los líquidos pueden evaporarse a cualquier temperatura; B, los alumnos mencionan el estado de la materia sin identificar la presión ni la temperatura, y C, no comprenden la estructura particular de las sustancias sólidas, líquidas o gaseosas.

En otro estudio llevado a cabo por Canpolat (2006) con una muestra de 107 estudiantes normalistas de Turquía, se evaluaron las concepciones alternativas de los estudiantes sobre evaporación, velocidad de evaporación y presión de vapor. Algunas de las concepciones alternativas encontradas incluyen que los estudiantes piensan que la evaporación solo sucede cuando un líquido hierve. En este sentido manifestaron que para que haya vaporización es necesario un calentamiento del líquido. Además, un 73% de los estudiantes tenían la idea de que la velocidad de evaporación dependía de la superficie del líquido.

Andersson (1990) resalta que los alumnos conciben la materia como continua y estática, sin vacío. Consideran que entre moléculas de agua hay más agua, aire o polvo, como resultado de una interpretación macroscópica.

Estas ideas, mediadas por los sentidos, resultan al tratar de predecir y controlar los fenómenos naturales en los que está presente el agua y son fruto de la interpretación de su naturaleza del agua y sus propiedades.

## Planteamiento del problema

### Objetivos de la investigación

En esta investigación se plantean dos objetivos principales: conocer las ideas alternativas de los alumnos de ESO sobre las propiedades físicas y químicas del agua y comprobar si evolucionan a las científicamente correctas a lo largo de la escolarización. Además, se fijaron unos objetivos específicos con el fin de detectar las ideas alternativas específicas en los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria. Estos objetivos específicos son:

1. Saber si los alumnos diferencian entre cambio físico y cambio químico en procesos donde el agua está presente.
2. Conocer si los alumnos comprenden que cuando se produce un cambio de estado la temperatura permanece constante.
3. Averiguar si tienen claro el concepto de densidad.
4. Analizar si los alumnos están familiarizados con el concepto de discontinuidad en la materia.
5. Saber si los alumnos identifican el agua como una sustancia pura o una disolución.
6. Conocer si los alumnos saben cómo varía la solubilidad del agua con la temperatura.
7. Indagar si conocen la potabilización del agua.

## Metodología de investigación

### Muestra

La población de estudio está constituida por alumnos de secundaria; se hace una estratificación de la misma por curso.

La muestra no ha sido seleccionada de forma aleatoria, es decir, se eligió de acuerdo a la facilidad de acceso y por el consentimiento de la Dirección y del Departamento de Física y Química del centro. Está formada por un total de

82 alumnos y alumnas de ESO, cuyas edades oscilan entre 12 y 16 años, del IES Suárez de Figueroa, situado en Zafra, un pueblo de la provincia de Badajoz (España) de 16.700 habitantes (dato de población de 2012). De los 82 estudiantes de ESO participantes, el 52% eran hombres. En cuanto al número de alumnos por curso, se distribuyen así: primero, 19 alumnos (23,2%); segundo, 27 alumnos (32,9%); tercero, 26 alumnos (31,7%); y cuarto, 10 alumnos (12,2%). Las edades oscilan entre 12 y 18 años. Dado que no todos los cursos tienen el mismo número de alumnos, la distribución por cursos es heterogénea.

### Instrumento de recolección de datos

Como instrumento para llevar a cabo la investigación educativa se utilizó un cuestionario. Para obtener información *cuantitativa* sobre los conocimientos de los alumnos, se formularon preguntas cerradas que facilitan el análisis posterior. Cada ítem se basa en fenómenos cotidianos en los que está presente el agua y trata de dar solución al problema de la investigación. Por tanto, están planteados para alcanzar los objetivos propuestos.

El cuestionario inicial fue validado por dos profesoras de química. Tras la validación, se modificaron algunos ítems para evitar posibles interpretaciones erróneas por parte de los alumnos. El cuestionario definitivo (anexo 1) quedó estructurado en ocho ítems constituidos por preguntas cerradas en las que los estudiantes deben elegir la opción que consideren correcta entre cuatro posibles.

Algunas de las preguntas han sido seleccionadas de los cuestionarios incluidos en otras investigaciones relacionadas con el objeto de estudio. Concretamente, el ítem 2 se tomó de las investigaciones de Pozo (1992, en Gil, 2003) y el ítem 4 del estudio de Gutiérrez, Gómez y Pozo (2002). Las demás preguntas no se extrajeron literalmente de ninguna investigación, pero se plantearon partiendo, en algunos casos, del marco teórico y, en otros, de las ideas alternativas detectadas a lo largo de la etapa educativa. En la tabla 2 se muestran las categorías de estudio seleccionadas, teniendo en cuenta los contenidos curriculares incluidos en el Decreto 83 de 2007, anteriormente comentado. Las categorías se vincularon con los objetivos específicos del trabajo y con cada uno de los ítems del cuestionario.

Tabla 2. Vinculación de los objetivos específicos del trabajo con las categorías seleccionadas y los ítems del cuestionario.

Categorías	Objetivo Específico	Ítem
Propiedades físicas y químicas	1. Saber si los alumnos diferencian entre cambio físico y cambio químico en procesos donde el agua está presente.	1, 7
	2. Conocer si los alumnos comprenden que cuando se produce un cambio de estado la temperatura permanece constante.	2
	3. Averiguar si tienen claro el concepto de densidad.	3
	4. Analizar si los alumnos están familiarizados con el concepto de discontinuidad en la materia.	4
Uso y vida cotidiana	5. Saber si los alumnos identifican el agua como una sustancia pura o una disolución.	5
Agua en la naturaleza	6. Conocer si saben cómo varía la solubilidad del agua con la temperatura.	6
Potabilización	7. Indagar si conocen la potabilización del agua.	8

## Recogida de datos

El cuestionario se pasó a los alumnos en el horario de clase, concretamente en las horas de ciencias naturales (para primero y segundo) y en las de física y química (para tercero y cuarto). De este modo, la interrupción del desarrollo normal de las clases fue el menor posible. Antes de que los estudiantes respondieran, y en presencia de sus profesores respectivos, se explicaron los pasos a seguir.

## Análisis de los datos

Los datos extraídos del cuestionario se sometieron a tratamiento informático, para facilitar la interpretación conjunta de los mismos. Aquellos ítems en los que no se eligió ninguna opción o se señaló más de una fueron rechazados y, por tanto, no se tuvieron en cuenta en la investigación.

## Resultados y discusión

A continuación, se procede al análisis y discusión de los resultados obtenidos en los cuestionarios, comparando los resultados por cursos y por muestra. Para ello, los resultados se presentan en función de las categorías seleccionadas.

En primer lugar, respecto a las propiedades físicas y químicas se analizan los resultados de los ítems 1, 2, 3, 4 y 7.

Ítem 1. ¿Cuáles de los siguientes procesos, en los que interviene el agua, son químicos?

- a) Fotosíntesis
- b) Calentar agua hasta evaporarla.
- c) Disolver sal en agua.
- c) Filtrar agua con arena.

De todos los procesos indicados, solo la fotosíntesis se considera un proceso químico (opción a). El resto de opciones corresponden a cambios físicos en los que las sustancias siguen siendo las mismas antes y después del cambio.

En la figura 1 se muestran los porcentajes de alumnos de los cuatro cursos de ESO que han elegido cada una de las opciones del ítem, así como los porcentajes de elección global.



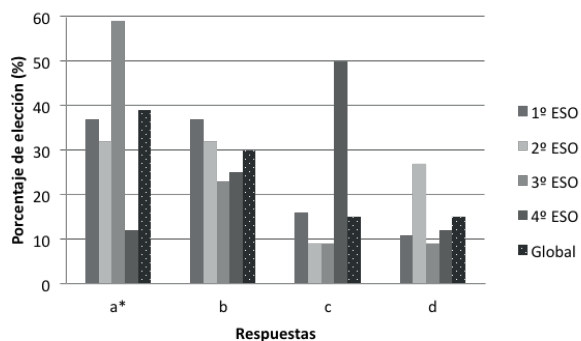


Figura 1. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 1

En cuanto a los resultados por cursos, los estudiantes de tercer grado de ESO son los que presentan el mayor porcentaje de acierto con un 59%, frente al 12% de los alumnos de cuarto. En cuanto a los porcentajes de elección global de cada opción del ítem 1, el 39% piensa que la fotosíntesis es el único proceso químico de los indicados, mientras que un 30% cree que calentar agua hasta evaporarla es un proceso químico, por lo que esta idea podría considerarse como mejor distractor (opción b). Esta idea está bastante arraigada en los estudiantes ya que el hecho de que una sustancia se desvanezca hace que piensen que se ha convertido en otra distinta. Ahtee y Varjola (1998) preguntaron a un grupo de alumnos de secundaria sobre las reacciones químicas, el 20% de ellos pusieron como ejemplos cambios de estado y disoluciones. En este sentido hay que destacar que la mitad de los alumnos del curso cuarto piensa que disolver sal en agua es un proceso químico (opción c).

En general, de acuerdo con De la Mata, Álvarez y Alda (2011), los alumnos, a pesar de que conocen la definición teórica para explicar las diferencias entre un cambio químico y un cambio físico, ignoran qué implicaciones tienen.

Ítem 2. Ponemos a calentar agua en un recipiente. Cuando ya está hirviendo, si aumentamos la intensidad del fuego:

a) La temperatura del recipiente permanece constante y aumenta la temperatura del agua en proporción.

b) Aumenta la temperatura del recipiente y disminuye la temperatura del agua mientras hierve.

c) Aumenta la temperatura del recipiente y permanece constante la temperatura del agua mientras hierve.

d) Aumenta la temperatura del agua y la del recipiente.

La respuesta científicamente correcta es la opción c, ya que durante los cambios de estado la temperatura permanece constante.

En la figura 2 se muestran los porcentajes de alumnos por curso y global que han elegido cada una de las opciones del ítem 2.

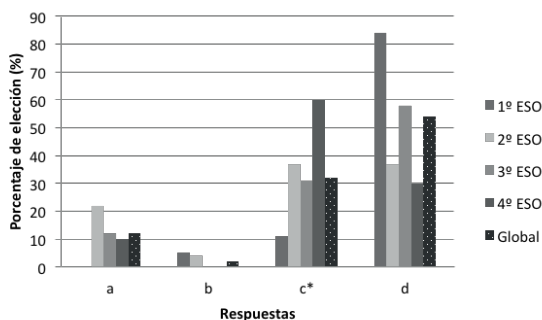


Figura 2. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 2.

El 60% de los estudiantes de cuarto responden correctamente (opción d); el curso con menor porcentaje de acierto es primero, con un 11%. Respecto a los porcentajes de elección globales, la respuesta más seleccionada es la opción d.

nada ha sido la opción d con un 54%, más de la mitad de la muestra tiene la idea alternativa de que al aumentar la intensidad del fuego sobre un recipiente con agua hirviendo, la temperatura del agua se incrementa. Por tanto, esta idea podría ser considerada como mejor distractor frente a la respuesta correcta, que fue elegida por un 32% de la muestra. Esta idea a veces la refuerzan los propios maestros, como comprobó Boo (2006) al analizar exámenes de nivel primaria, donde en el enunciado de algunas preguntas se daba a entender que el agua y el hielo o el agua y el vapor de agua no pueden coexistir a la misma temperatura.

Además, la mayoría de las veces nos referimos al estado de la materia sin especificar la presión ni la temperatura, por lo que no se asocia que una sustancia pueda tener diferente estado y misma temperatura, si cambia una cosa es consecuencia de que ha cambiado la otra. Esto ha sido corroborado por Aydin y Gödek Altuk (2013), quienes hallaron que el 70,5% de los estudiantes encuestados no mencionaron la temperatura y la presión, tan solo identificaron el estado de las sustancias.

Ítem 3. Si comparamos 1 litro de agua y 1 litro de aceite:

- a) La masa del agua es igual a la del aceite porque tienen el mismo volumen.
- b) La masa del aceite es mayor porque es más viscoso.
- c) La masa del aceite es mayor porque es más denso.
- d) La masa del agua es mayor porque es más densa.

En este ítem la respuesta correcta es la d. En la figura 3 se muestran los porcentajes por curso y global, que se han obtenido:

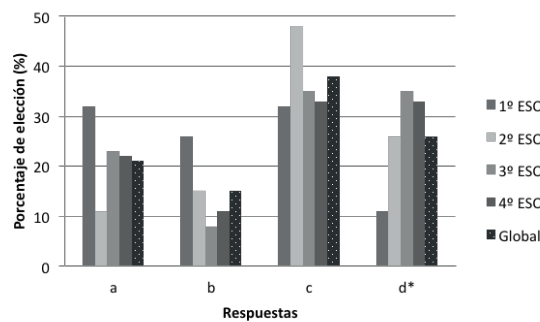


Figura 3. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 3

Los estudiantes de tercero de ESO han respondido correctamente en un 35%, seguido de cuarto con un 33%, mientras que el curso con menores aciertos fue primero con un 11%. Con respecto a los porcentajes de elección globales, la respuesta más elegida fue la opción c con un 38%, seguida por la opción correcta

con un 26%. Por tanto, podría considerarse que los alumnos tienen la idea alternativa de que un litro de aceite tiene más masa que un litro de agua porque el primero es más denso; la opción c es el mejor distractor. Se pone de manifiesto que los alumnos, en general, no distinguen correctamente la relación entre densidad y masa. Además, en este caso, pensamos que aunque en la opción b aparece “viscosidad”, los alumnos equivocan densidad y viscosidad, y por eso marcan la opción c. Esta equivocación se debe a que cuando nos referimos a la textura del aceite en lugar de definirla con la palabra correcta, viscoso, se suele decir que es más “denso”.

En un estudio realizado por Baker (1995, en Kind, 2004) casi el 75% de los alumnos confundían masa y densidad. En otra investigación de Pérez y Moreno (1996), con alumnos de ESO, el 62% identificaban masa con volumen. Esta confusión no es exclusiva de estudiantes de secundaria, ya que en un estudio con alumnos de quinto de primaria también se detectó, en este caso, la confusión entre densidad y viscosidad; los estudiantes justificaban la no miscibilidad entre el agua y el aceite aduciendo que este era más denso (Cañada et al., 2013).

Ítem 4. Tenemos un vaso de agua encima de una mesa. ¿Qué crees que hay entre las partículas que forman el agua?

A) No hay espacio entre las partículas. Están muy juntas y no puede haber nada.

B) Un espacio libre entre las partículas en el que no hay nada.

C) Más agua entre las partículas.

D) Aire que llena el espacio libre entre las partículas.

A simple vista no se aprecia discontinuidad en el agua contenida en un vaso. Sin embargo, a nivel microscópico existe un espacio vacío entre las partículas que forman el agua, por lo tanto la respuesta correcta es la b.

En la figura 4 se muestran los porcentajes de alumnos de los cuatro cursos de ESO que han elegido cada una de las opciones del ítem, así como los porcentajes globales.

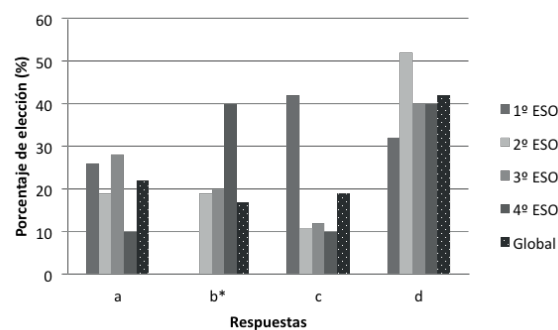


Figura 4. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 4

Los alumnos de cuarto de ESO son los que mayores aciertos presentan con un 40%; en el lado opuesto están los alumnos de primero, curso en el que ningún alumno elige la opción correcta. Esto puede tener su explicación porque en este curso no se estudian las propiedades del agua a nivel microscópico. Considerando toda la muestra, la respuesta correcta la elige un porcentaje minoritario (17%), mientras que la opción d (referente a que el aire llena el espacio libre entre partículas) es elegida por el 42% de los alumnos. Por tanto, se considera esta última opción como mejor distractor.

Como hemos comentado anteriormente, el ítem 4 ha sido extraído de la investigación de Gutiérrez et al. (2002). Estos autores realizaron

un estudio sobre las ideas de estudiantes de tercero de ESO y de Bachillerato de letras y de ciencias, sobre la interpretación de la discontinuidad de la materia, y llegaron a la siguiente conclusión:

La teoría que proporciona más consistencia es la que propone que entre las partículas del líquido hay aire, aunque también tiene cierta importancia la teoría de que las partículas están muy juntas y sin huecos entre ellas, teniendo menor incidencia la representación de que entre las partículas hay más de la misma sustancia. (p. 198)

Como dato de interés, cabe añadir que esta teoría implícita de la continuidad es resistente y difícil de modificar con la instrucción (Gómez y Pozo, 2000). Trinidad-Velasco y Garritz (2002), en su investigación sobre las concepciones alternativas de alumnos de secundaria acerca de la estructura de la materia, afirman que un 35% de ellos reconoce la existencia del vacío entre las partículas. En contraste con estos resultados, tan solo el 17% de la muestra de la presente investigación responde correctamente. Sin embargo, la gran mayoría de los alumnos “llenan” el espacio con más partículas, polvo, aire, etcétera. Su dificultad para aceptar un modelo que proponga que hay “nada” en los espacios entre las partículas no es sorprendente por la información sensorial visible acerca de líquidos (Kind, 2004). En esta misma línea Valderrama, Vergara y Enciso (2009) concluyen que la mayoría de los estudiantes otorgan a la materia una composición continua basándose en lo perceptible.

Ítem 7. Al añadir un detergente al agua:

- A) reacciona con agua y se produce espuma.
- B) el detergente es más concentrado y denso, y no se mezcla.
- C) el detergente descompone el agua formando burbujas de hidrógeno y oxígeno.
- D) no reacciona, se mezcla.

Las moléculas de detergente están constituidas de una cola de hidrocarburos que es hidrófoba y se orienta hacia la grasa y suciedad de la ropa; y por una cabeza formada por iones que son hidrófilos y reducen la atracción de las moléculas de agua entre sí. Mientras la cola se pega a la suciedad, la cabeza se aleja y se orienta al agua. De este modo el detergente arrastra la grasa de la ropa. Por tanto, no se produce una reacción química y la respuesta correcta es la d.

En la figura 5 se muestran los porcentajes de alumnos de los cuatro cursos de ESO que han elegido cada una de las opciones del ítem, así como los resultados globales.

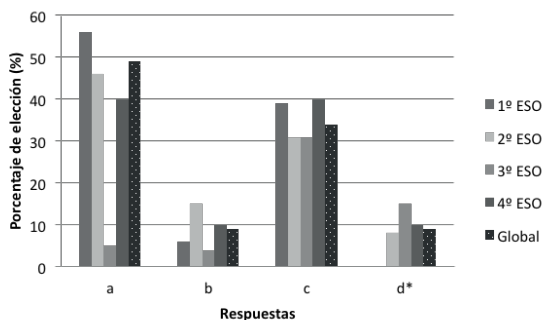


Figura 5. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 7

Como podemos observar en la figura 5, la opción d es una de las menos elegidas, fueron los alumnos de tercero de ESO con un 15% los que más la seleccionaron. Ningún estudiante de primero de ESO seleccionó la opción correcta. Este hecho se justifica porque los contenidos relacionados con reacciones químicas se estudian en los cursos tercero y cuarto. Con respecto a los datos globales, solo un 9% de los estudiantes reconoce que entre el detergente y el agua no se produce una reacción, mientras que un 49% tiene la idea alternativa de que ambos reaccionan. Siempre que suceden cambios apreciables visualmente los alumnos los atribuyen a que se ha producido una reacción química, máxime cuando se han puesto en contacto dos sustancias. En este sentido, Eilks et al. (2007) constataron que los estudiantes de séptimo grado (12-13 años) clasificaban una reacción química, exclusivamente, cuando había dos sustancias iniciales, y catalogaban de reacción química la disolución de sal y agua. López González y Vivas Calderón (2009) en su estudio realizado con estudiantes de noveno grado (14-15 años), concluyen que los alumnos presentan dificultades para comprender la diferencia entre mezcla y reacción química.

Con respecto a la categoría uso y vida cotidiana, analizaremos el ítem 5 del cuestionario.

Ítem 5. Al comparar el agua embotellada con agua del grifo:

- A) El agua del grifo es más potable.
- B) Ambas son puras.
- C) El agua embotellada es pura y la del grifo no.
- D) Ambas no son puras.

Tanto el agua embotellada como el agua del grifo contienen sales disueltas, por lo que no son sustancias puras, sino disoluciones, por lo que la respuesta correcta sería la d.

En la figura 6 se muestran los porcentajes de alumnos de los cuatro niveles encuestados que han elegido cada una de las opciones del ítem, así como los resultados globales.

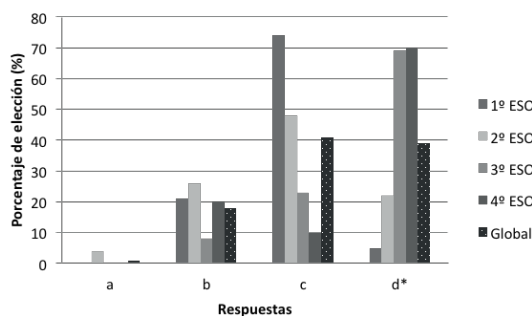


Figura 6. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 5

El porcentaje mayor de acierto es de los alumnos de cuarto de ESO con un 70%, seguido de tercero con un 69%. El porcentaje menor de acierto recae sobre los de primero, los cuales se han decantado mayoritariamente por la opción C. Hay que destacar que nadie eligió la opción A. Con respecto a la muestra

total, el porcentaje de los alumnos que eligió la respuesta correcta (39%) difiere muy poco de los que marcaron la opción c (41%), por lo que se considera que el mejor distractor es “el agua embotellada es pura y el agua del grifo no”. Esta idea alternativa la presenta el 41% de la muestra.

En el mundo cotidiano se entiende “pureza” como “inalterado” o “natural”. Estas ideas contradicen el punto de vista del químico, para quien una sustancia pura está constituida por la misma partícula (Kind, 2004). Posiblemente, el hecho de que la mayoría de los participantes creen que el agua embotellada es pura guarda relación con “agua no contaminada”. En este sentido, Llorens (1987 citado en Pozo et al., 1991), afirma que, en el lenguaje cotidiano, “pureza” connota limpieza, ausencia de contaminación y, por tanto, muchas personas consideran la leche, el agua destilada y el aire como sustancias puras. También hay que añadir que los medios de comunicación, por medio de anuncios publicitarios, tratan de persuadir al consumidor acerca de la pureza del agua embotellada.

En relación con la categoría de agua en la naturaleza analizaremos el ítem 6.

Ítem 6. En los ríos se desarrolla la vida de los seres vivos. En verano, al aumentar la temperatura, los ríos contienen:

- A) Mayor cantidad de oxígeno disuelto necesario para la vida.
- B) Menor contenido de oxígeno disuelto.
- C) El agua no contiene gases.
- D) Los seres acuáticos no necesitan oxígeno.

Mientras que en disoluciones líquido-sólido un aumento de temperatura permite que se disuelva mayor cantidad de soluto, en las disoluciones líquido-gas supone una disminución de la cantidad de soluto presente en la disolución. Esto implica que la respuesta correcta sea la b. En la figura 7 se muestran los porcentajes de alumnos de los cuatro cursos de ESO que han elegido cada una de las opciones del ítem, así como los resultados globales.

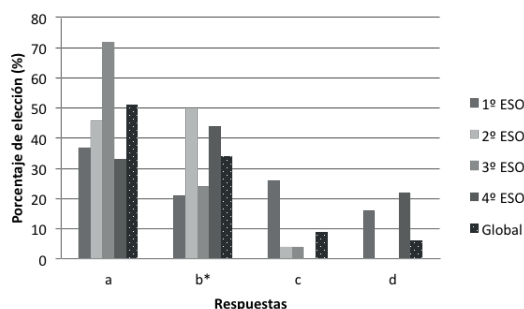


Figura 7. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 6

El 50% de los alumnos de segundo de ESO responden correctamente a este ítem, los porcentajes minoritarios corresponden a primero y tercero con un 21% y 24%, respectivamente. Un 34% de la muestra global tiene el conocimiento científicamente correcto, mientras que el 51% posee la idea alternativa de que al aumentar la temperatura el río contiene mayor contenido en oxígeno (mejor distractor).

En un estudio del Ministerio de Educación y Ciencia (1996) sobre conocimientos científicos en la escuela, solo el 18% de los alumnos de 13 años no identificó el aumento de temperatura como un factor que influya en los procesos de disolución. Estos resultados comparables con los obtenidos en esta investigación; sin embargo, la mayoría cree que un aumento de temperatura afecta por igual a una disolución líquido-sólido y a una disolución líquido-gas. Aunque el modelo cinético de los gases se estudia en tercero de ESO, no todos los alumnos aplican estos contenidos para determinar la solubilidad del oxígeno en el agua del río en verano.

Por último, dentro de la categoría de potabilización, analizaremos las respuestas del ítem 8.

Ítem 8. Al añadir cloro al agua:

A) Se contamina porque se añaden sustancias extrañas al agua y no se puede beber.

B) Da lugar a una sustancia que se llama amoníaco y tiene un olor fuerte.

C) No contamina porque el agua también es un producto químico.

D) El cloro es utilizado para potabilizar el agua dentro de unos límites de concentración.

La adición de cloro al agua, dentro de unos límites de concentración, tiene las funciones de desinfectar y oxidar determinadas sustancias reductoras. Esto permite reducir el crecimiento de algas y microorganismos, lo que contribuye a la potabilización del agua. Por lo tanto, la respuesta correcta es la d.

En la figura 8 se muestran los porcentajes de alumnos de los cuatro cursos de ESO que han elegido cada una de las opciones del ítem, así como los resultados globales.

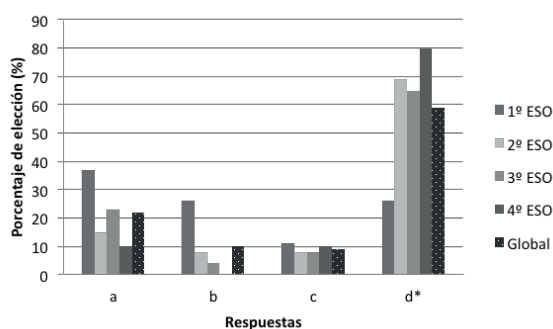


Figura 8. Porcentajes de alumnos, por curso y global, que eligen cada opción del ítem 8

Como se observa en la figura 8, la opción elegida por la mayoría de los alumnos en todos los grupos es la opción d, en este caso la correcta; los alumnos del curso cuarto son los que presentan un mayor porcentaje de acierto con un 80%. Tan solo los alumnos de primero seleccionaron en mayor porcentaje la opción a (37%). En los datos globales, se aprecia que la mayoría de los estudiantes que participan en la investigación responde correctamente (59%). Frente a este resultado, el 22% tiene la idea de que se está contaminando el agua. Como la mayoría de la muestra responde correctamente, no se considera que posea la idea alternativa, aunque el análisis por curso muestre que primero tiene dudas sobre la respuesta.

Marcén (2003), en su investigación sobre el agua y educación ambiental, muestra que más del 80% de los alumnos de secundaria no sabe que se potabiliza el agua. Estos resultados contrastan con los obtenidos en la presente investigación, ya que el 59% tiene claro que el cloro se utiliza para potabilizar el agua.

## Conclusiones

A partir del análisis y la discusión de los resultados se establecen las conclusiones con base en las categorías de estudio marcadas:

### *Propiedades físicas y químicas del agua*

Muchos de los alumnos encuestados, sin importar el curso de referencia, asocian reacción química con el hecho de añadir al agua sustancias como la sal o un detergente, asimismo consideran que la evaporación del agua es una reacción química. Con relación a este cambio de estado, no contemplan la posibilidad de la coexistencia de dos estados de agregación a la misma temperatura.

Con respecto al concepto de densidad, de las respuestas de los alumnos se deduce que confunden “denso” con viscoso. En este caso los medios de comunicación influyen negativamente, ya que en muchas ocasiones se emplea la palabra denso para caracterizar sustancias como el aceite, cuando se quiere decir viscoso o untuoso.

En cuanto a la visión microscópica de la materia, los estudiantes tienen la idea de que el agua, a nivel microscópico, es continua. Esta concepción se ve influenciada por la percepción visual a nivel macroscópico, ya que los contenidos científicos a escala microscópica son difíciles de asimilar, incluso después de la instrucción.

### *Uso y vida cotidiana*

Al comparar el agua embotellada con el agua del grifo, un número elevado de alumnos sabe que ambas no son puras. Sin embargo, la mayoría de los tiene la idea de que el agua embotellada es pura, mientras que la del grifo no.

### *Agua en la naturaleza*

En lo referente a la influencia de la temperatura en una disolución agua líquido-oxígeno gas, los alumnos piensan que al elevar la temperatura, aumenta el contenido de oxígeno disuelto. Es decir, aplican el mismo razonamiento para una disolución líquido-sólido que para una disolución líquido-gas.



## Potabilización

La mayoría de los estudiantes encuestados considera que la adición de cloro al agua dentro de unos límites de concentración es un método para potabilizar el agua. En este caso, tanto la instrucción en las aulas como los medios de comunicación propician que este hecho sea interiorizado por los alumnos; no obstante, entre los alumnos de primero persiste aún la idea de la contaminación del agua.

En cuanto a la evolución de las concepciones alternativas, se comprueba que los alumnos del curso cuarto, en general, presentan mayor porcentaje de acierto que los de los otros cursos. No obstante, hay ideas alternativas que persisten a lo largo del tiempo, incluso después de la instrucción; el caso más notorio es considerar la disolución de sal en agua como una reacción química. La confusión entre viscosidad y densidad también se mantiene a lo largo de la etapa de educación secundaria.

## Limitaciones e implicaciones

En cuanto a las limitaciones, se debe resaltar que la muestra investigada está compuesta por un solo grupo de cada curso, por lo que en futuras investigaciones sería recomendable aumentar el tamaño de la muestra, incluyendo más de un grupo por curso, para que los resultados sean más representativos.

De igual manera, sería interesante aplicar el mismo cuestionario a los mismos alumnos cuando cursaran la siguiente etapa educativa, bachillerato, para contrastar la evolución de las concepciones alternativas. De este modo, se comprobaría si estas persisten tras la instrucción.

En cuanto a las implicaciones, los docentes del área de Ciencias deberían partir de las ideas alternativas detectadas para aplicar estrategias didácticas en el aula. De la mis-

ma manera que la percepción de fenómenos cotidianos en los que está presente el agua influye para tener ideas sobre sus propiedades, la demostración experimental de cada una de estas propiedades provocaría un conflicto cognitivo.

En los centros de enseñanza secundaria se suelen explicar los contenidos científicos y realizar actividades rutinarias, algunas de las cuales no son suficientes para provocar el cambio conceptual. Los contenidos curriculares, junto con el planteamiento de problemas abiertos sobre fenómenos cotidianos, constituirían una combinación idónea para que el alumno asimilara los contenidos científicamente correctos. En este sentido, el profesor debería actuar como mediador para orientarlos, evitar pérdidas de tiempo y facilitar que los alumnos construyan su propio aprendizaje de forma significativa.

## Referencias bibliográficas

- Ahtee, M. & Varjola, I. (1998) Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 305-316.
- Alberti, R. (1925/1996). *Marinero en tierra* (10ª reimpresión). Madrid: Alianza Editorial.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Aydin, A. & Gödek Altuk, Y. (2013). Turkish Science Student Teachers' Conceptions on the States of Matter. *International Education Studies*, 6 (5), 104-115.
- Canpolat, N. (2006). Turkish Undergraduates' Misconceptions of Evaporation, Evaporation Rate, and Vapour Pressure. *International Journal of Science Education*, 28 (15), 1557-1770.

- Cañada Cañada, F.; Melo Niño, L. V. y Álvarez Torres, R. (2013) ¿Qué saben los alumnos de primaria sobre los sistemas materiales y los cambios químicos y físicos? *Campo Abierto*, 32 (1), 11-33.
- Balocchi, E.; Modak, B.; Martínez, M.; Padilla, K.; Reyes, F. y Garriz, A. (2005) Aprendizaje cooperativo del concepto 'cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química. *Educación Química*, 16 (4), 550-567.
- Boo, H. K. (2006). Primary science assessment item setters' misconceptions concerning the state changes of water. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7 (1), 1-15.
- Consejería de Educación y Cultura. Gobierno de Extremadura (2007). Decreto 83/2007, de 24 de abril, por el que se establece el Currículo de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Extremadura DOE nº 51, de 5 de mayo de 2007).
- De la Mata, C.; Álvarez, J. B. y Alda, E. (2011). Ideas alternativas en las reacciones químicas. *Revista Didácticas Específicas*, 5, 1-19.
- Eilks, I.; Moellering, J. & Valanides, N. (2007) Seventh-grade Students' Understanding of Chemical Reactions: Reflections from an Action Research Interview Study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3 (4), 271-286.
- Fries-Gaither, J. (2008). Common misconceptions about states and changes of matter and the water cycle. Recuperado de: <http://beyondpenguins.ehe.osu.edu/issue/water-ice-and-snow/common-misconceptions-about-states-and-changes-of-matter-and-the-water-cycle> (8 de octubre de 2014)
- Gil, J. (2003). *Preconcepciones y errores conceptuales en óptica. Propuesta y validación de un modelo de enseñanza basado en la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein*. Memoria presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias Físicas, Facultad de Física, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Gómez, M. A. y Pozo, J. I. (2000). Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. *Tarbiya*, 26, 117-139.
- Gutiérrez, M. S.; Gómez, M. A.; Pozo, J. I. (2002). Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (3), 191-203.
- Kind, V. (2004). *Más allá de la apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Santillana.
- López González, W. O. y Vivas Calderón F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Educere. Investigación Arbitrada*, 45, 491-499.
- Marcén, C. (2003). *Aportaciones desde la escuela a la nueva cultura del agua*. Ponencia presentada en el Congreso de Agua y Educación Ambiental: Nuevas Propuestas para la Acción, Alicante, España.

- Marcén, C. y Cuadrat, J. (2012). Argumentos educativos para enseñar-aprender el agua en la enseñanza obligatoria. *Serie Geográfica*, 18, 65-75.
- Ministerio de Educación y Ciencia (1996). *Conocimientos científicos en la escuela* (resultados de la investigación IAEP-92). Madrid: Centro de Publicaciones.
- Pérez, C. y Moreno, J. M. (1996). *Evaluación formativa del aprendizaje en física y química durante el segundo ciclo de la ESO*. Comunicación presentada en el Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Educativa. Madrid: España.
- Pozo, J. A.; Sanz, A.; Gómez, M. A. y Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 83-94.
- Trinidad-Velasco, R. y Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14 (2), 92-105.
- Valderrama, J. J.; Vergara, J. y Enciso, S. I. (2009). Concepciones alternativas de discontinuidad de la materia a partir de una exploración documental histórico epistemológica, diseño y aplicación de un instrumento de ideas previas. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 360-365.

ANEXO I

**¿QUÉ SABES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL AGUA?**

Curso: \_\_\_\_ ESO

1.- **¿Cuáles de los siguientes procesos, en los que interviene el agua, son químicos?**

- A) Fotosíntesis.
- B) Calentar agua hasta evaporarla.
- C) Disolver sal en agua.
- D) Filtrar agua con arena.

2.- **Ponemos a calentar agua en un recipiente. Cuando ya está hirviendo, si aumentamos la intensidad del fuego:**



- A) La temperatura del recipiente permanece constante y aumenta la temperatura del agua en proporción.
- B) Aumenta la temperatura del recipiente y disminuye la temperatura del agua mientras hierve.
- C) Aumenta la temperatura del recipiente y permanece constante la temperatura del agua mientras hierve.
- D) Aumenta la temperatura del recipiente y la del agua.

3.- **Si comparamos 1 litro de agua y 1 litro de aceite:**

- A) La masa de agua es igual a la de aceite porque tienen el mismo volumen.
- B) La masa de aceite es mayor porque es más viscoso.
- C) La masa de aceite es mayor porque es más denso.
- D) La masa de agua es mayor porque es más denso.

4.- **Tenemos un vaso de agua encima de una mesa. ¿Qué crees que hay entre las partículas del agua?**

- A) No hay espacio entre las partículas. Están muy juntas y no puede haber nada.
- B) Un espacio libre entre las partículas en el que no hay nada.
- C) Más agua entre las partículas.
- D) Aire que llena el espacio libre entre las partículas.

5.- **Al comparar el agua embotellada con agua del grifo:**

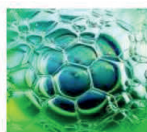


- A) El agua del grifo es más potable.
- B) Ambas son puras.
- C) El agua embotellada es pura y la del grifo no.
- D) Ambas no son puras.

6.- **En los ríos se desarrolla la vida de seres vivos. En verano, al aumentar la temperatura, los ríos contienen:**

- A) Mayor contenido de oxígeno disuelto necesario para la vida.
- B) Menor contenido de oxígeno disuelto.
- C) El agua no contiene gases.
- D) Los seres acuáticos no necesitan oxígeno.

7.- **Al añadir un detergente al agua:**



- A) Reacciona con agua y se produce espuma.
- B) El detergente es más concentrado y denso, y no se mezcla.
- C) El detergente descompone el agua formando burbujas de hidrógeno y oxígeno gaseosos.
- D) No reacciona, se mezcla.

8.- **Al añadir cloro al agua:**

- A) Se contamina porque se añaden sustancias extrañas al agua y no se puede beber.
- B) Da lugar a una sustancia que se llama amoníaco que tiene un olor fuerte.
- C) No contamina porque el agua también es un producto químico.
- D) El cloro se utilizado para potabilizar el agua dentro de unos límites de concentración.