

EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA POR INDAGACIÓN EN 1ºESO SOBRE EL AGUA Pablo Acosta Robles, IES La Madraza (Granada). Curso 2014-15.

CONTEXTO EDUCATIVO.

La experiencia que aquí se describe abarca doce sesiones de una hora y se ha realizado con tres grupos de treinta alumnos de 1ºESO dentro de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. Aunque la experiencia se correspondía inicialmente con la unidad didáctica sobre la hidrosfera también se han incorporado muchos contenidos propios de la unidad sobre composición de la materia.

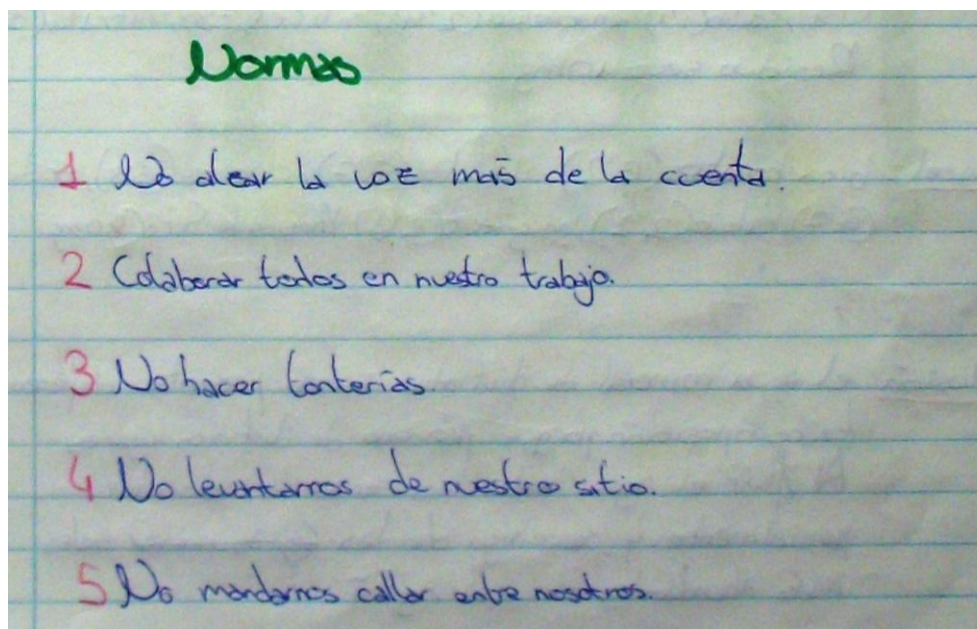
DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.

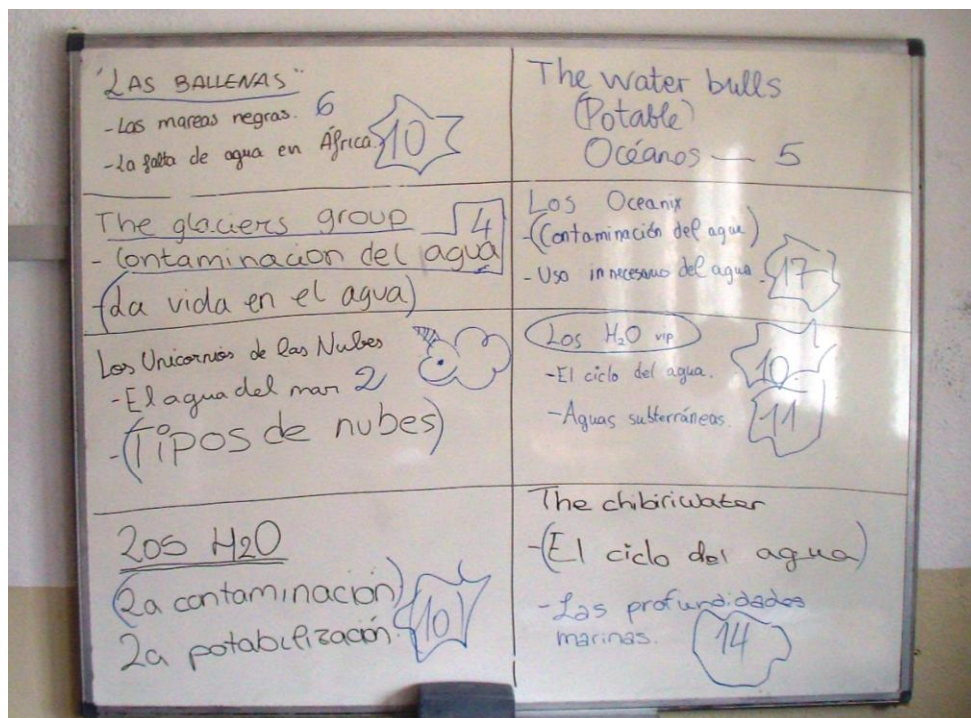
Se pretende poner en práctica algunas de las estrategias propias de la actividad científica intentando mejorar las ideas que el alumnado tiene sobre composición de la materia al tiempo que se utilizan problemas y situaciones cercanas.

Además de los objetivos “científicos” nos planteamos otros relacionados con la educación en valores: el fomento de la cooperación y el trabajo en equipo y la adopción de comportamientos que eviten la contaminación del agua y su despilfarro. Describimos a continuación el contenido de cada sesión:

Primera sesión: creación de los equipos de trabajo.

El profesor establece los grupos de trabajo formados por cuatro personas buscando que haya diversidad en todos ellos (sexo, capacidades, intereses...) y que las personas que forman el grupo sean compatibles entre sí. La primera actividad consiste en ponerle un nombre al grupo (relacionado con el agua) y determinar las normas del equipo de trabajo. A continuación, cada grupo debate sobre qué aspecto del agua le gustaría trabajar y se realiza una puesta en común.



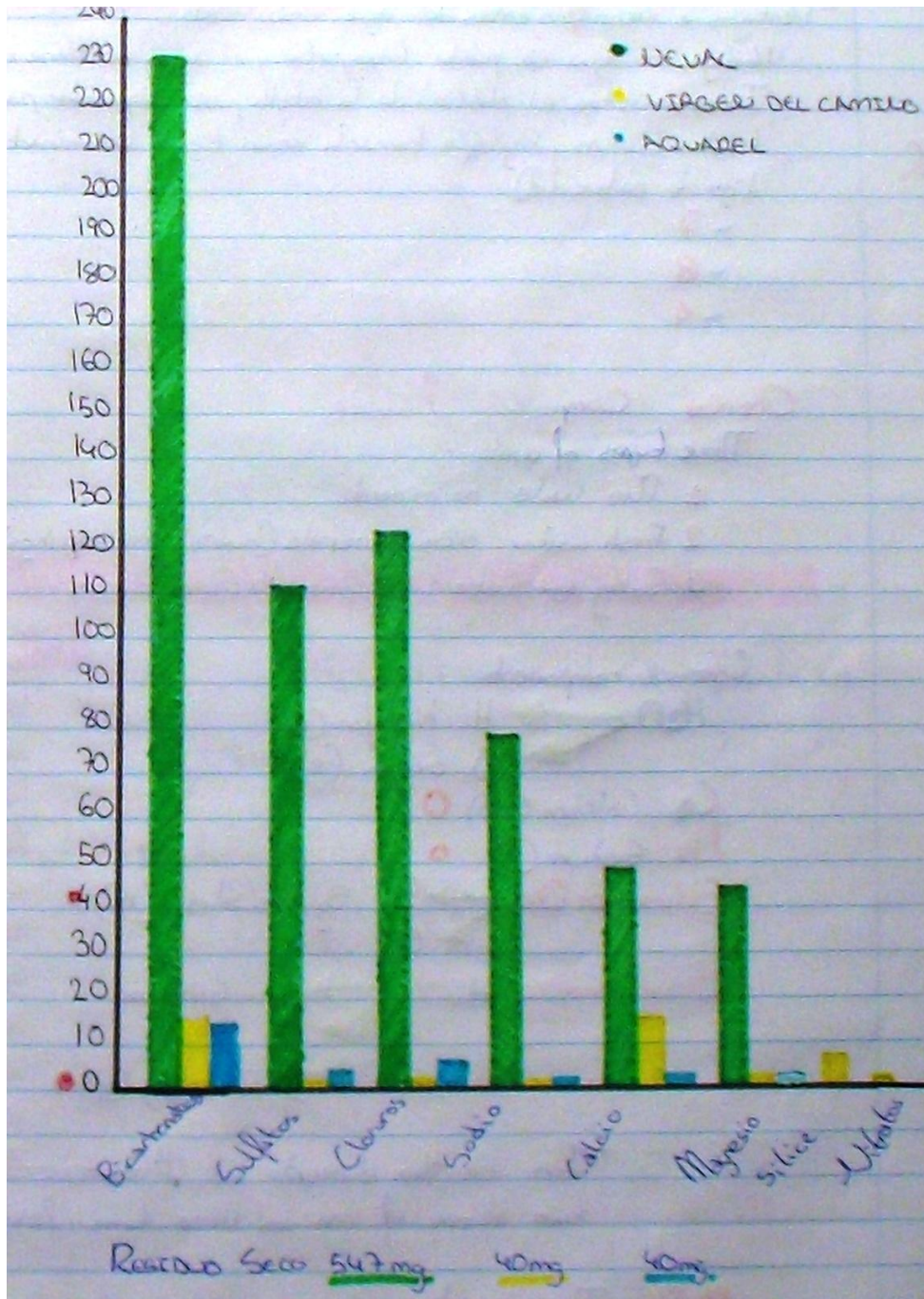


Peticiones de 1ºESO B

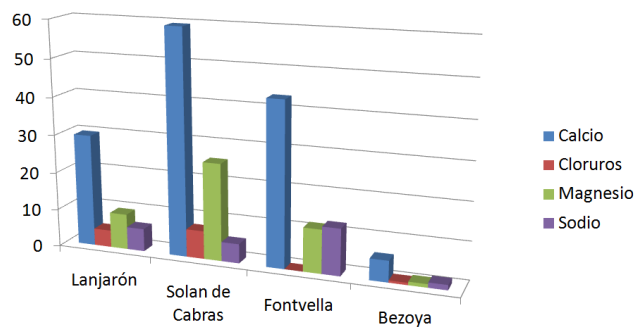
Segunda sesión: etiquetas de agua mineral.

El alumnado aporta etiquetas de agua mineral, se leen en voz alta y se pregunta por qué hay tantas diferencias del agua mineral de una localidad a otra. En el debate participa toda la clase y se proponen algunas ideas erróneas que intentamos modificar con información aportada por el propio alumnado. Por ejemplo, algunas personas piensan que al agua mineral se le añaden sustancias de manera artificial para hacerla mejor; ante esto se pide opinión a quienes han estado en Lanjarón o en otros lugares similares y constatan que toda el agua de los manantiales nace ya con cierto contenido de sales minerales. En la misma línea algunos piensan que el agua del grifo no contiene esas sales minerales por lo que se plantea que investiguemos sobre la composición del agua potable en Granada; no fue necesario realizar ningún tipo de análisis porque toda la información está detallada en la página web de EMASAGRA (empresa de aguas de Granada). Reflexionando sobre factores que hacen que cada localidad tenga agua con una composición química diferente se apuntó la influencia de la proximidad del mar refiriendo el caso de Almería y otras ciudades costeras cuya agua del grifo es poco apetecible. En una clase se descubrió la relación entre composición química del agua y la litología de la región, pero en las otras dos hubo que esperar a una sesión posterior para encontrar pruebas más sólidas.

La segunda parte de la sesión se empleó en la elaboración de un diagrama de barras para comparar la composición química del agua mineral en varias marcas. Para casa se encargó un trabajo similar a realizar con un programa informático.



Composición química del agua

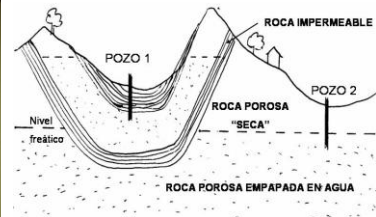


Tercera sesión: aguas subterráneas.

El alumnado dibuja el ciclo natural del agua en su libreta y luego se completa entre todos. Generalmente solo hay que añadir la transpiración y la infiltración.

A continuación se muestra un modelo de acuífero construido con un depósito de agua y grava. El modelo ilustra que la mayor parte de las aguas subterráneas no se encuentran en forma de ríos o lagos subterráneos sino que se trata de agua que ocupa los poros de la roca. El modelo también permite mostrar un manantial, un pozo y la forma de bombear agua al exterior. La información del modelo se traslada al cuaderno del alumno en forma de un sencillo corte geológico en el que se diferencian rocas permeables y rocas impermeables.

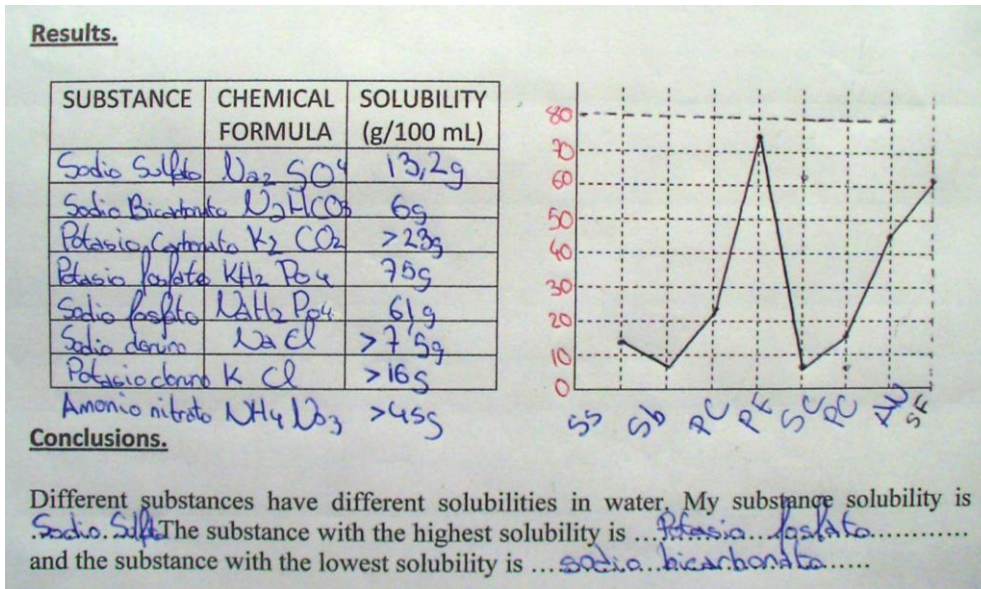
Una vez comprendido el modelo se retoma la pregunta de la sesión anterior: ¿Por qué son diferentes las aguas de distintas localidades? El agua disuelve y se carga de las sales minerales de las rocas que atraviesa.



Cuarta sesión: el poder disolvente del agua.

El alumnado de 1ºESO no tiene claro el concepto de sales minerales: sal equivale a cloruro sódico y los minerales son simplemente sustancias sólidas. Para adquirir un concepto más preciso de sales minerales se toma una serie de frascos con sustancias químicas que pueden ser disueltas en agua y se analizan sus etiquetas. Tras copiar sus fórmulas químicas en la pizarra se busca en la tabla periódica el significado de cada símbolo químico y se pregunta si el agua podrá disolver estas sustancias.

Seguidamente se realiza una sencilla práctica de laboratorio en la que cada equipo estudia la solubilidad de una sal concreta en el agua. Sin dar muchas instrucciones, cada equipo va definiendo poco a poco su propio procedimiento, el orden de las operaciones, las cantidades con las que trabajar, etc. hasta llegar a una cifra concreta que se comparte con el resto de la clase. De aquí se puede deducir que el agua es capaz de disolver muchas sustancias diferentes aunque unas son más solubles que otras. Estaba previsto realizar un estudio de la influencia de la temperatura en la solubilidad, pero no se llegó a hacer por falta de tiempo.



Quinta sesión: elementos y compuestos químicos.

De las clases anteriores se desprende que el agua puede ser salada como la del mar, tener un bajo contenido de sales como el agua de los ríos o ser agua pura. Podemos preguntar a los estudiantes por qué el agua pura es escasa en la naturaleza y cómo podríamos obtenerla artificialmente. Se puede mostrar un destilador sencillo o ver un [vídeo con una forma ingeniosa de destilar agua de mar](#).

El paso siguiente es representar todos los componentes con bolitas que equivalen a átomos. En primer lugar representamos H_2O pero luego seguimos con Cl, Na, HCO_3 , SO_4 , K, etc. Partiendo del caso del agua es fácil aprender a interpretar fórmulas químicas sencillas utilizando el [Constructor de moléculas](#) de la web Viaje al Interior de la Materia.

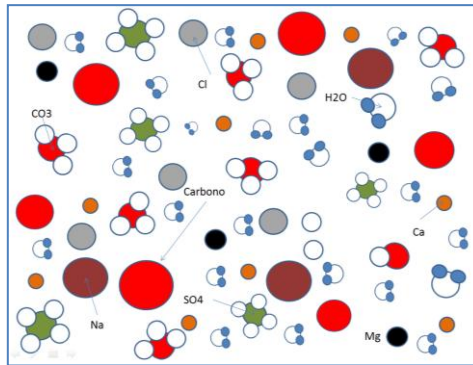
CONSTRUYE MOLÉCULAS
Viaje al interior de la materia

Clic sobre la fórmula o sobre las flechas. Analiza la fórmula y luego clic sobre los átomos necesarios para construirla. Después valida con el botón central.

<p>Hidrógeno H</p> <p>Carbono C</p> <p>Nitrógeno N</p> <p>Oxígeno O</p> <p>Azufre S</p> <p>Cloro Cl</p> <p>Sodio Na</p>	<p>Constructor de moléculas</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> CH_4O </div>
---	-------------------------------------	--

A continuación pedimos al alumnado que haga un dibujo esquemático de los componentes indicados en una etiqueta de agua mineral embotellada: cada elemento químico se representa con un color y un tamaño determinado, su forma da agruparse con otros elementos y su abundancia relativa será proporcional a lo que diga la etiqueta. A modo de ejemplo se puede mostrar una animación (ver [actividad 3 de la web Propiedades físicas y químicas del agua](#)).

Esta tarea también se puede realizar con el editor de presentaciones como el que aquí se muestra realizado por un alumno.



Sexta sesión: agua potable.

Empieza esta sesión con un diálogo sobre qué se entiende por agua potable en el que destacamos las opiniones que insisten en la ausencia de microorganismos. Esto se ilustra muy bien en la actividad interactiva [“Agua potable versus agua no potable”](#) dentro la web “El agua un recurso insustituible para la vida”. Para corroborar lo anterior consultamos los requisitos exigibles al agua potable según el Real Decreto de 2013. Puesto que están publicados en la [web de EMASAGRA](#) es fácil comprobar que el agua de Granada cumple ampliamente los requisitos de potabilidad.

A continuación el profesor presenta cuatro sensores digitales (temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y nitratos). Introdujimos los sensores en un vaso con agua del grifo y comprobamos que se respetan las condiciones de potabilidad y que nuestros datos coinciden con lo publicado en la web oficial de EMASAGRA. Entre todos deducimos la utilidad de cada parámetro: la conductividad está relacionada con la salinidad (y con el “residuo seco” que vemos en las etiquetas de agua mineral); los niveles de oxígeno disuelto deben ser elevados porque lo contrario nos indica que hay bacterias que lo están consumiendo; por último, el contenido de nitratos debe ser nulo o muy bajo ya que indican contaminación orgánica.

Todos los datos se recogen en el cuaderno del alumnado al que se insta a que traiga a clase otras muestras de agua para analizarlas con los sensores.

	Temperatura	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Nitratos
Agua Grifo	20.5°C	278 micros/cm	12.8 mg/L	1.0 mg/L
EMASAGRA	—	310 micros/cm	—	2
Aguas Potables	—	< 2500 micros/cm	—	< 50
Río Andarax	—	2925 micros/cm	12.7	1
Mar	—	6.750 micros/cm		No Potable

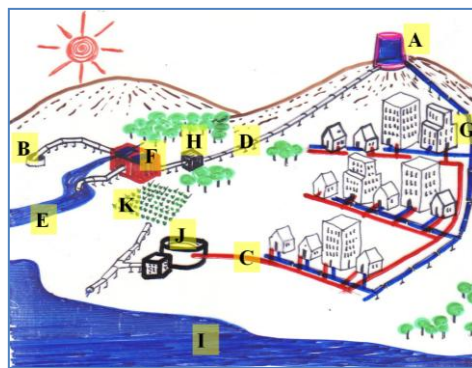
Séptima sesión: agua embotellada.

Empezamos revisando las muestras de agua aportadas por el alumnado y determinando su conductividad, nitratos y oxígeno disuelto con los sensores digitales. Antes de cada determinación se pedía al alumnado que anticipara que valores se iban a obtener y por qué. Resultó muy llamativa la elevada conductividad del agua de mar y el paralelismo entre los valores de conductividad obtenidos por nosotros en muestras de agua embotellada y los valores que aparecen en sus etiquetas. Estudiamos el agua de la pequeña charca del colegio Martín Vivaldi que resultó de una calidad excelente. En aguas especialmente sucias del río Genil los valores de oxígeno disuelto cayeron en picado, pero no ocurrió nada especial con el contenido de nitratos lo que nos llevó a una interesante reflexión al final de la cual concluimos que el sensor estaba defectuoso.

Seguidamente se trabajó en grupos sobre la conveniencia de beber agua embotellada. Concretamente se les pidió que enumeraran tres ventajas y tres inconvenientes de comprar agua embotellada. En la puesta en común se habló sobre todo del ahorro de envases y de algunas ciudades que no tienen agua potable de calidad, lo que no es el caso de Granada. También se consideró el caso de personas que por prescripción médica necesitan agua con una composición química determinada.

Octava sesión: ciclo urbano del agua.

El profesor expuso el ciclo urbano del agua animando a los estudiantes a observar los registros de agua que hay en nuestra ciudad, tanto de abastecimiento como de saneamiento. El alumnado expresó sus ideas sobre las diferencias entre potabilización y depuración y sobre cómo se podría determinar si el agua de un río está limpia o no utilizando los sensores digitales.

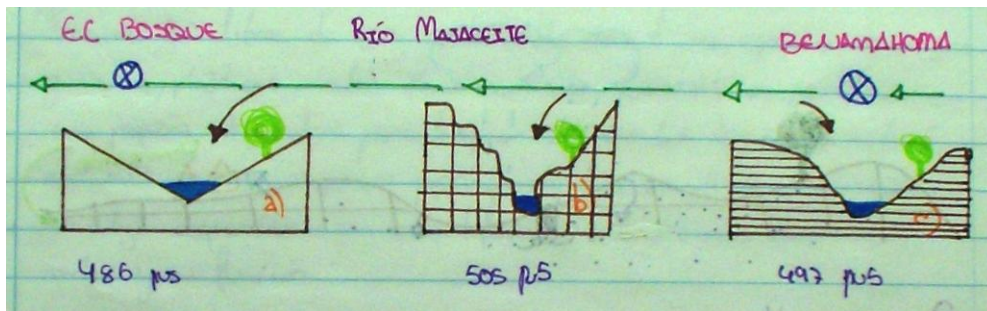


Se propone una salida para estudiar la calidad del agua de un río y se pide al alumnado que anticipe cómo será el agua en cada tramo.

Novena sesión: contaminación fluvial.

Una vez realizada la salida al río analizamos los resultados obtenidos en una puesta en común en la que todos opinan libremente. Con respecto a la conductividad los niveles son más elevados que en el agua de Granada debido al predominio de materiales

calcáreos. A lo largo del río no hay cambios sustanciales de conductividad y los niveles de oxígeno son siempre elevados por lo que concluimos que el río se encuentra limpio en todo el recorrido analizado.



La segunda mitad de la clase se dedica a trabajar en equipos sobre una noticia de prensa que habla de la repentina mortandad de peces en un río. Cada equipo recibe el texto del periódico y un plano del río y sus alrededores. El objetivo es que diagnostiquen cuál puede ser la causa de la muerte masiva de peces.

El Diario de Villabarbos
 Fundado en 1898 Año 98 - N° 35-280 15 de septiembre de 1996

ULTIMA HORA
Misteriosa muerte masiva de peces en el río

Varios centenares de peces muertos se han encontrado, de nuevo, en nuestro río.

Los pescadores de la comarca han dado muestras de indignación y según palabras de Antonio García, Presidente de la Sociedad de Pescadores: «...Es la tercera vez que reparamos el río, y ya es hora de hacer algo al respecto...» «...¡Alguien está echando productos químicos al río, o algo parecido!».

Un portavoz de las autoridades fluviales ha confirmado que se está investigando el incidente. Ha sugerido que la muerte de peces a menudo ocurre cuando la corriente del río circula lentamente, al disminuir notablemente el índice de oxígeno en sus aguas. Esto ocurre así particularmente en épocas de calor.

Una granjera de la zona afectada, María Martín, cuyos campos lindan con el río, alega que ella utiliza productos orgánicos en sus tierras y no ha utilizado pesticidas desde hace cinco años.

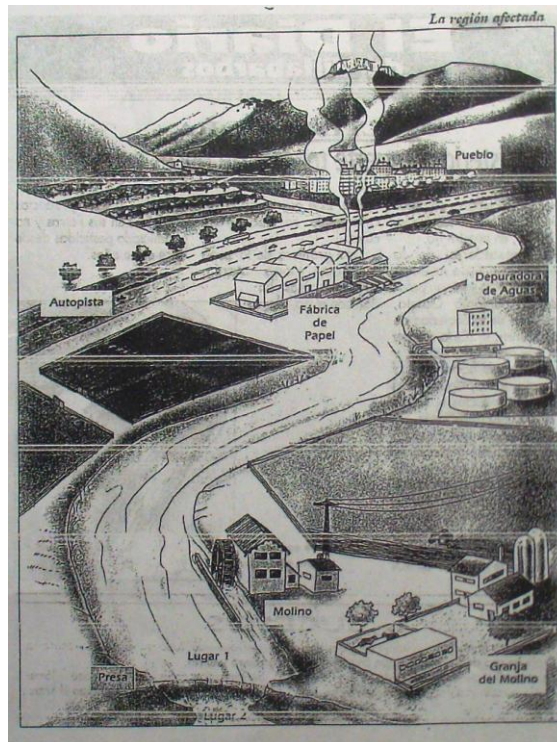
Molino de agua de la zona afectada.

SUCESOS

Ayer por la noche se produjo un grave accidente en uno de los puentes que cruzan el río, en el carril oeste de la autopista.

Un camión cisterna, cargado de leche, volcó derramando todo su contenido sobre la carretera y el río.

Se formaron colas de hasta cinco kilómetros, mientras los bomberos limpiaban el firme.



En la puesta en común que sigue se propuso la reducción del oxígeno disuelto como causa de la muerte de los peces. Los factores que han podido influir sobre la reducción de oxígeno son el estancamiento del agua a causa de una presa, el aumento de temperatura y el vertido de restos orgánicos que hace que proliferen las bacterias consumidoras de oxígeno.

Décima sesión: depuradora.

Se pide a cada equipo que diseñe una depuradora casera con la intención de repasar la composición del agua e iniciar el trabajo sobre mezclas y métodos de separación correspondiente a la siguiente unidad didáctica. Éstas son las instrucciones que se facilitan a cada grupo:

Tenemos 50 litros de agua contaminada con tierra, espumas, microorganismos, plásticos, restos fecales, aceite. Vais a construir una pequeña depuradora para limpiar el agua. Haréis la depuradora con materiales caseros, pero previamente debéis hacer el diseño: un dibujo esquemático con los diferentes componentes indicando su nombre y su función.



Sesiones undécima y duodécima: separación de mezclas.

El diseño de la depuradora fue obligatorio para todos los grupos, pero su construcción tuvo carácter voluntario. Cada una de las depuradoras se mostró al resto de los compañeros indicando cómo se había construido y realizando una demostración. Todas las depuradoras incluían diferentes tipos de filtros y algún mecanismo para provocar la decantación; para la eliminación de microorganismos se propuso lejía, hervir el agua o, como se hace en las depuradoras industriales, aireación y decantación.

El profesor mostró el funcionamiento del embudo de decantación y del destilador y propuso la realización de una práctica de separación con material de laboratorio (imantación, filtración y cromatografía) siguiendo este guión:

Lee las instrucciones y haz lo que se indica **paso a paso**. Vas a manejar material de **vidrio que es muy frágil** y tienes que ser especialmente cuidadoso y permanecer tranquilo en tu sitio.

1. Observa el contenido de la caja verde que contiene arena y viruta de hierro. ¿Es una sustancia pura o una mezcla? ¿Es homogénea o heterogénea? ¿Por qué?
2. Separa los componentes de la mezcla con ayuda de un..... y guarda todo el hierro en el botecito negro. Realiza un dibujo esquemático mostrando la separación por magnetismo.
3. Vierte 50 ml de agua sobre la arena que te ha quedado en la cajita verde. El resultado es una nueva mezcla. ¿Es homogénea o heterogénea?.....
4. A continuación vas a separar el agua de la arena mediante un procedimiento llamado Esto requiere un papel de filtro que doblarás en forma cónica, un embudo y un vaso. Realiza un dibujo esquemático mostrando este procedimiento de separación.
5. El siguiente ejercicio consiste en preparar una nueva mezcla utilizando el mortero. Los ingredientes son hojas y pétalos diversos, alcohol, y un poco de arena que te sobró de la práctica anterior. El alcohol ayuda a disolver los pigmentos vegetales y la arena facilita la trituración. Tritura bien hasta que el líquido adquiera color. Cuando tengas todo bien triturado responde a esta cuestión: ¿es una mezcla homogénea o heterogénea?
6. Seguidamente vas a separar los elementos sólidos de los líquidos mediante filtración. De nuevo usarás papel de filtro (uno nuevo), el embudo y el vaso que debe estar vacío.
7. Tira a la basura el papel de filtro con restos vegetales y arena y concentra tu atención en el líquido del vaso. ¿Es una sustancia pura o una mezcla?..... ¿Es homogénea o heterogénea?.....
8. Coloca una tira rectangular de papel de filtro de pie en el interior del vaso. Espera varias horas y verás como los pigmentos vegetales ascienden por el papel. ¿Cuántos pigmentos diferentes has descubierto?..... ¿Cuál de ellos ha ascendido más alto?¿Cuál ha subido menos?
9. Este procedimiento de separación se llama cromatografía y también puedes usarlo en casa con un poco de alcohol y tinta de un rotulador viejo. Descubrirás que la tinta está formada por una mezcla de colores.

VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA.

La experiencia ha resultado positiva en cuanto que ha permitido incluir procedimientos y actitudes científicas y no solo conocimientos científicos. La metodología es atractiva y motivadora para el alumnado aunque obliga al docente a estar muy vigilante ya que hay alumnos que se ocupan con las tareas pero no reflexionan y para ellos no hay un

verdadero aprendizaje. Con frecuencia hay que recurrir a poner por escrito las conclusiones a las que se va llegando.

La enseñanza por indagación es más asequible de lo que parece ya que no requiere organizar actividades complejas de laboratorio sino, más bien, activar procesos de reflexión mediante preguntas y análisis de casos. Normalmente es difícil encontrar una pregunta inicial que permita activar muchos conceptos y que al mismo tiempo conecte con los intereses del alumnado, pero se puede mantener un estilo socrático que lo cuestiona todo y que obliga al alumnado a pararse y revisar sus propias ideas. A veces es suficiente pedirles qué anticipen qué va a ocurrir con una experiencia o con una medición concreta. Estas son algunas de las preguntas que hemos abordado durante nuestra experiencia: ¿Por qué tiene sales minerales el agua embotellada? ¿A qué se deben las diferencias de composición entre aguas minerales de diferentes marcas? ¿Por qué tiene cloro el agua del grifo si este elemento no está presente en los embalses de los que procede el agua? ¿Cómo se llena un pozo? ¿Cómo es posible que en los pozos haya agua sin tierra? ¿Se encuentra el agua subterránea rellenando cuevas? ¿Cómo se puede obtener agua pura o destilada? ¿Qué condiciones debe cumplir el agua para ser considerada potable? ¿Podemos determinar si el agua es potable usando los sensores digitales de conductividad, nitratos y oxígeno disuelto? ¿Cómo explicas el que el agua de algunos ríos o lagos carezca de oxígeno disuelto? ¿Es mejor beber agua embotellada que agua del grifo? ¿Se puede beber el agua una vez tratada en la depuradora? ¿Cómo crees que será la calidad de un río concreto antes de atravesar una ciudad? ¿Y después? ¿Por qué mueren repentinamente los peces de un río? ¿Cómo se reduce la tasa de oxígeno disuelto en un río? ¿Cómo podemos tratar el agua sucia de un río para retirarle la tierra? ¿Y las espumas? ¿Y los residuos fecales? ¿Cómo mejorarías la depuradora casera construida por tus compañeros?

Los procesos mentales se ven activados si la reflexión se realiza en grupo. Debatir con los compañeros ayuda a tener que explicitar los puntos de vista propios y a escuchar las ideas de los demás que, al ser de la misma edad, utilizan un lenguaje y unos ejemplos más cercanos que los del profesor. Aparte de los contenidos científicos, el trabajo en equipo permite que abordemos otros objetivos muy importantes como son los valores propios de la cooperación: escuchar, explicarse, respetar, participar, ayudar, distribuir trabajo, buscar consensos, negociar, resolver conflictos, etc.

En algún momento del proceso indagatorio el alumnado necesita datos o pruebas para seguir avanzando. Éstos pueden venir de experiencias de laboratorio o de los sensores digitales, pero también son útiles otras fuentes sencillas como, en nuestro caso, las etiquetas de agua mineral, la web de la empresa municipal de aguas, un mapa geológico, un texto periodístico, un modelo que simula las aguas subterráneas, etc.