¿Cómo afecta el cambio climático al agua que nos rodea?

Leila M'barki Elidrissi, Noelia Pérez Duarte, Ismael Rubio Morcillo, Cristina Serralta Esteve, Alexandra Rey.

Escuela de Formación Profesional Cruz Roja Alicante

Resumen

El clima ha cambiado en nuestro planeta a lo largo de su historia. En los últimos 800.000 años se han alternado eras glaciares, donde la temperatura media del planeta era 7ºC menor que la actual y el norte de Europa, Asia y América estaba cubierto de hielo, con eras parecidas a la actual. Según la Teoría Milankovithc, estos cambios son debidos a variaciones en la órbita de la Tierra que modifican la cantidad de energía solar que recibimos. Actualmente, hay evidencias científicas de que estamos viviendo un cambio climático consistente en un calentamiento global producido por la emisión de gases de efecto invernadero por la humanidad. Algunas consecuencias son: subida de la temperatura de la atmósfera y de los océanos, aumento de eventos extremos como sequias e inundaciones, deshielo, subida del nivel del mar y acidificación de los océanos. El cambio climático no se restringe a la comunidad científica, sino que sus efectos empiezan a afectar a toda la sociedad. Es un fenómeno global al que España y la Comunidad Valenciana no son ajenas, afecta a ecosistemas y a múltiples sectores, y se prevé que afecte todavía más en los años venideros. Tenemos la obligación de conocer, y dar a conocer, este grave problema para concienciar sobre la necesidad de establecer estrategias que ayuden a mitigar su evolución. Para ello nos hemos planteado una serie de preguntas: ¿qué es el cambio climático? ¿qué evidencias tenemos para hablar de cambio climático? ¿qué consecuencias tiene en el agua que nos rodea? Y por últimos ¿qué consecuencias tiene en nuestra salud?.

Palabras clave: cambio climático, calidad de agua, microplásticos

Introducción

El estudio llevado a cabo arranca planteando la siguiente pregunta: ***¿Cómo afectará el cambio climático al agua que nos rodea?*** Se intentará contestar a través de una propuesta didáctica basada en el trabajo por investigación llevado a cabo por los estudiantes a propuesta de una serie de preguntas por parte del profesorado y con la colaboración del departamento de medio ambiente de Cruz Roja que nos ha facilitado dos muestras, una de río y otra de mar con el fin de llevar a cabo diferentes experimentos. El proyecto se sustenta en las evidencias y consecuencias del cambio climático. Su desarrollo gira en torno al análisis de parámetros en el agua como es la disolución de gases y cómo afecta a sus parámetros de calidad. En concreto se trabajan los siguientes objetivos de desarrollo ODS 6 Agua y saneamiento ODS 13 Cambio climático.

Lo primero que se hará con el objetivo de concienciarse sobre los fenómenos que provocan el cambio climático es convocar una charla con un experto en cambio climático de la Universidad de Alicante, David García García, del Departamento de Matemática Aplicada. A través de esta charla contextualizaremos el problema a estudiar: ¿qué está causando el cambio climático? ¿qué consecuencias tiene el cambio climático?

El clima ha cambiado en nuestro planeta a lo largo de su historia. En los últimos 800.000 años se han alternado eras glaciares, donde la temperatura media del planeta era 7ºC menor que la

actual y el norte de Europa, Asia y América estaba cubierto de hielo, con eras parecidas a la actual. Según la Teoría Milankovithc, estos cambios son debidos a variaciones en la órbita de la Tierra que modifican la cantidad de energía solar que recibimos. Actualmente, hay evidencias científicas de que estamos viviendo un cambio climático consistente en un calentamiento global producido por la emisión de gases de efecto invernadero por la humanidad. Algunas consecuencias son: subida de la temperatura de la atmósfera y de los océanos, aumento de eventos extremos como sequias e inundaciones, deshielo, subida del nivel del mar y acidificación de los océanos.

¿Se está produciendo un cambio climático? Parece evidente que la temperatura (T) de la Tierra está subiendo, lo cual se puede comprobar en la Figura 1, cortesía de https://climate.nasa.gov/

https://climate.nasa.gov/

Data source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS). Credit: NASA/GISS

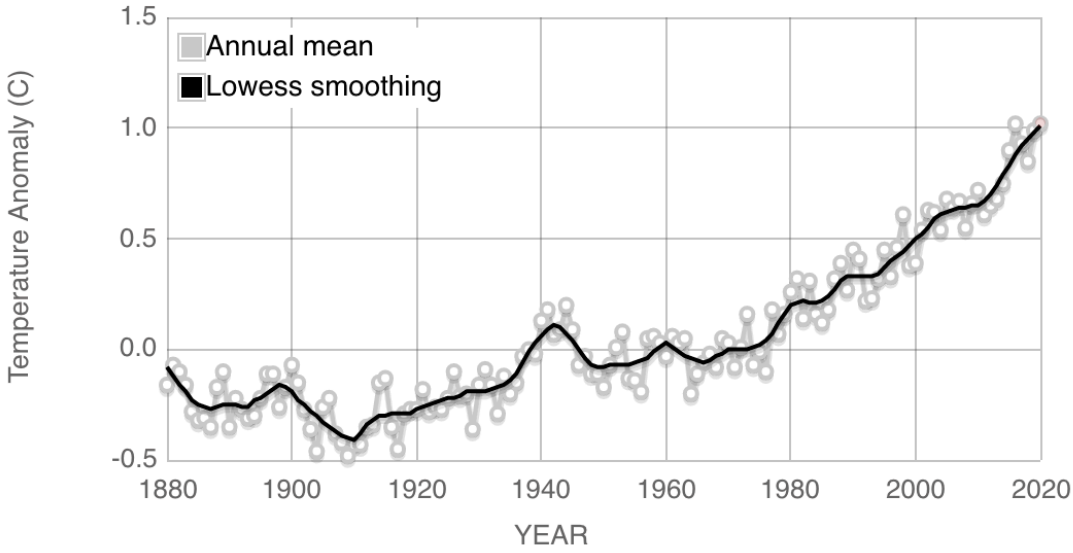


Figura 1. Evolución de la T global media de la Tierra desde 1880. Fuente: NASA

en los últimos 140 años la temperatura media del planeta se ha incrementado en algo más de 1°C. En la gráfica se observa una aceleración en dicho incremento, ya que en los últimos 50 años el incremento ha sido de 1°C

¿Este cambio es natural o debido a la actividad humana? Para responder a esta pregunta es necesario comprender los cambios climáticos que han sucedido a lo largo de la historia de la Tierra, y en especial aquellos anteriores a la aparición del hombre hace unos 150 o 200 mil años. Gracias al estudio del hielo de la Antártida y Groenlandia, se sabe que en los último 800 mil años se han sucedido épocas frías, conocidas como eras glaciares, y épocas más cálidas, conocidas como eras interglaciares. Estas glaciaciones tienen su origen en variaciones orbitales conocidas como ciclos de Milankovic. Estos ciclos son el resultado de 3 tipos de variaciones que por sí solas no podrían producir las eras glaciares, pero que combinadas de una forma específica sí. Esta variaciones son:

- Cambios en la excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del sol: Cuando la excentricidad es baja la órbita se describe una circunferencia (órbita de la izquierda), mientras que a excentricidades altas la órbita descrita es más elíptica (hay mayor diferencia entre los ejes que definen la elipse órbita de la derecha en la Figura 2). Estos cambios influyen enla energía que recibe la Tierra a lo largo de las estaciones regulándola.

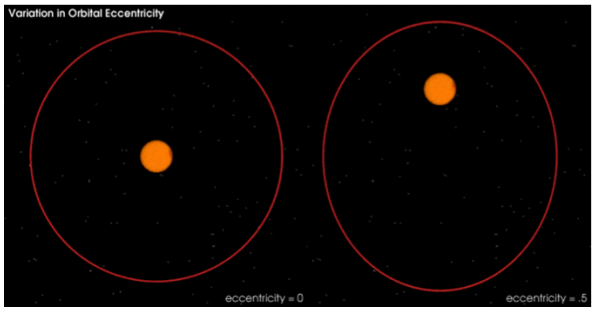


Figura 2. Ciclos de Milankonvitch. Órbitas de la Tierra alrededor del Sol con distintas excentricidades. Fuente: Instituto de tecnologías educativas, Ministerio de educación https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

- Cambios en la oblicuidad del eje de rotación terrestre: Cuando la oblicuidad es máxima, 24.5°, los veranos son más cálidos y los inviernos más fríos y cuando disminuye de este valor hasta 22.1°, las estaciones del año se suavizan (Figura 3). Este cambio de inclinación tiene lugar a lo largo de 41000 años.

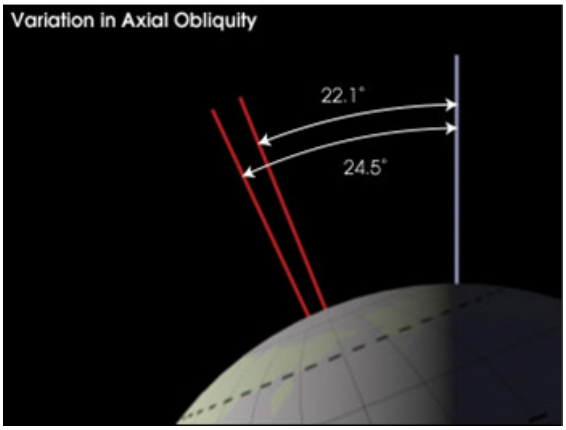


Figura 3. Variación en la oblicuidad, inclinación del eje de la Tierra a lo largo de ciclos de 40000 años. Fuente: Instituto de tecnologías educativas, Ministerio de educación https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

- Precesión: es el cambio en la orientación del eje de rotación. Es similar al movimiento de cabeceo que realiza una peonza cuando su eje de rotación no es totalmente vertical. En ese caso, el eje de rotación gira sobre un eje vertical imaginario (Figura 4). Este movimiento tiene un ciclo entre 19000 y 23000 años.

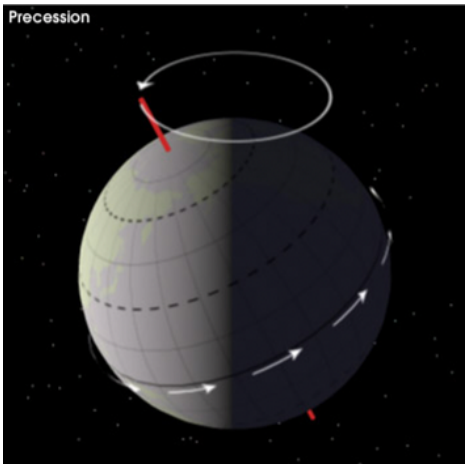


Figura 4. Movimiento de precesión. Fuente: Instituto de tecnologías educativas, Ministerio de educación https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

Milankovitch estudió los ciclos de cada una de estas variaciones y observó que combinadas de forma precisa pueden alterar la cantidad de energía que recibe la Tierra en una determinada época, lo que provoca el inicio de una era glaciar cada 80 o 100 mil años (Figura 5).

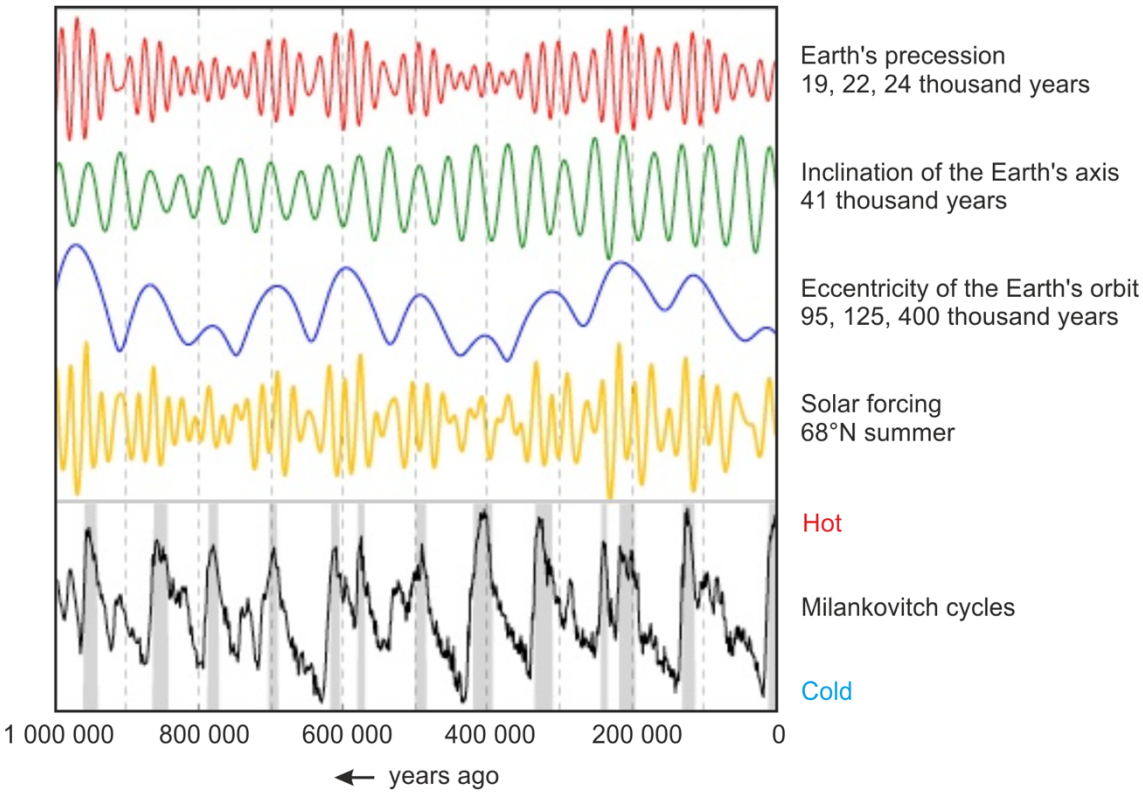
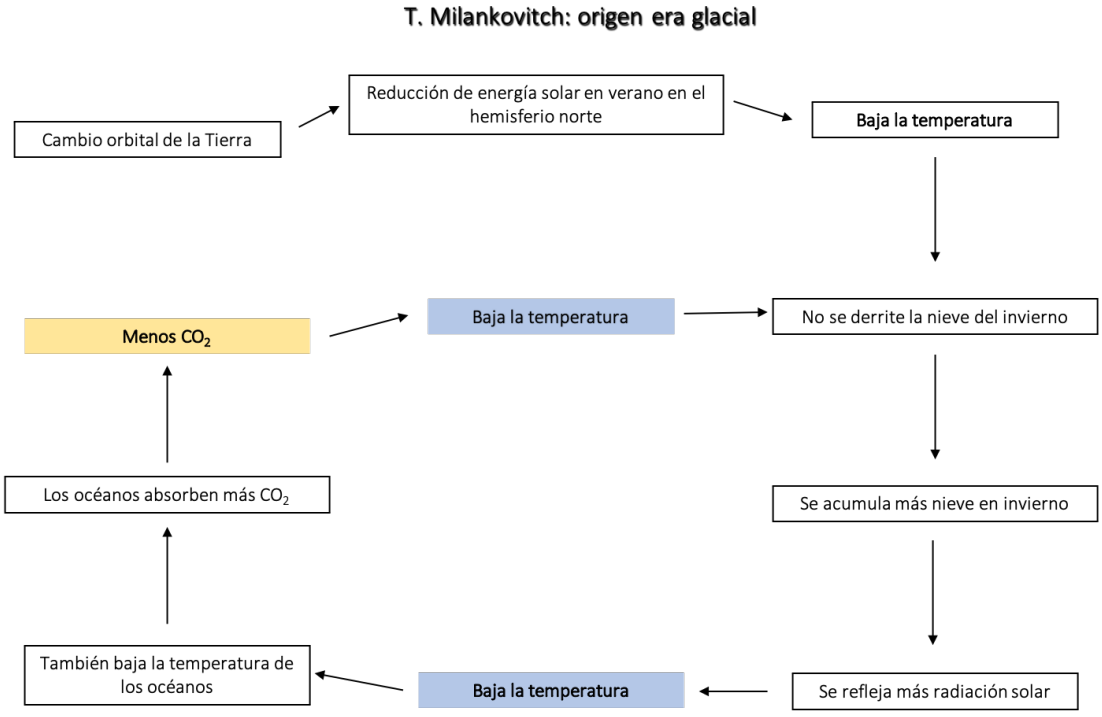


Figura 5. Encyclopedia of Earth, 2011 https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Milankovitch_cycles

En particular, los ciclos de Milankovitch producirían una reducción en la radiación solar que recibe el hemisferio norte en verano. Esto produce que baje la temperatura y que no se derrita toda la nieve que se depositó en invierno. De esta forma, al invierno siguiente la

nueva nieve se acumula sobre la anterior. El exceso de nieve produce un aumento de la capacidad de la superficie terrestre para devolver al espacio un mayor porcentaje de la radiación solar (efecto albedo), si lo devuelve al espacio la superficie terrestre no se calienta lo cual produce que baje todavía más la temperatura. Esto tiene una serie de consecuencias como un efecto dominó, al bajar la temperatura de la atmósfera, también desciende la temperatura del océano, lo que aumenta su capacidad para absorber el CO_2 de la atmósfera. Este secuestro de CO_2 reduce el efecto invernadero, lo que a su vez desciende la temperatura todavía más y favorece que no se derrita la nieve en verano. Y vuelta a empezar. Todo este proceso está resumido en el siguiente esquema:



Milankovitch propuso su teoría a principios del s. XX pero no fue aceptada y murió pensando que jamás se demostraría. Sin embargo en la segunda mitad del s. XX, fue posible corroborar sus datos con evidencias paleoclimáticas. Estas evidencias se buscaron en los testigos (muestras) de hielo extraídos de la Antártida Figura 6 que son cilindros de hielo que se consiguen mediante excavaciones y que tienen almacenados los datos climáticos que Milankovitch necesitaba para explicar el origen de la era glacial. Estas muestras de hielo, que se llegan a obtener a más de 3 km de profundidad, nos permiten conocer la temperatura y la concentración de CO_2 de la atmósfera desde hace 800 mil años. La curva que representa la concentración de CO_2 se conoce como curva de Keeling, y en la Figura 6 se puede observar que dicha curva y la de la temperatura varían casi al unísono, lo que nos permiten corroborar que la temperatura y la concentración de CO_2 atmosférico se realimentan. Nótese que en el esquema anterior, una bajada de temperatura provoca una bajada de concentración de CO_2, pero una disminución del CO_2 en la atmósfera también produce una bajada de temperatura.

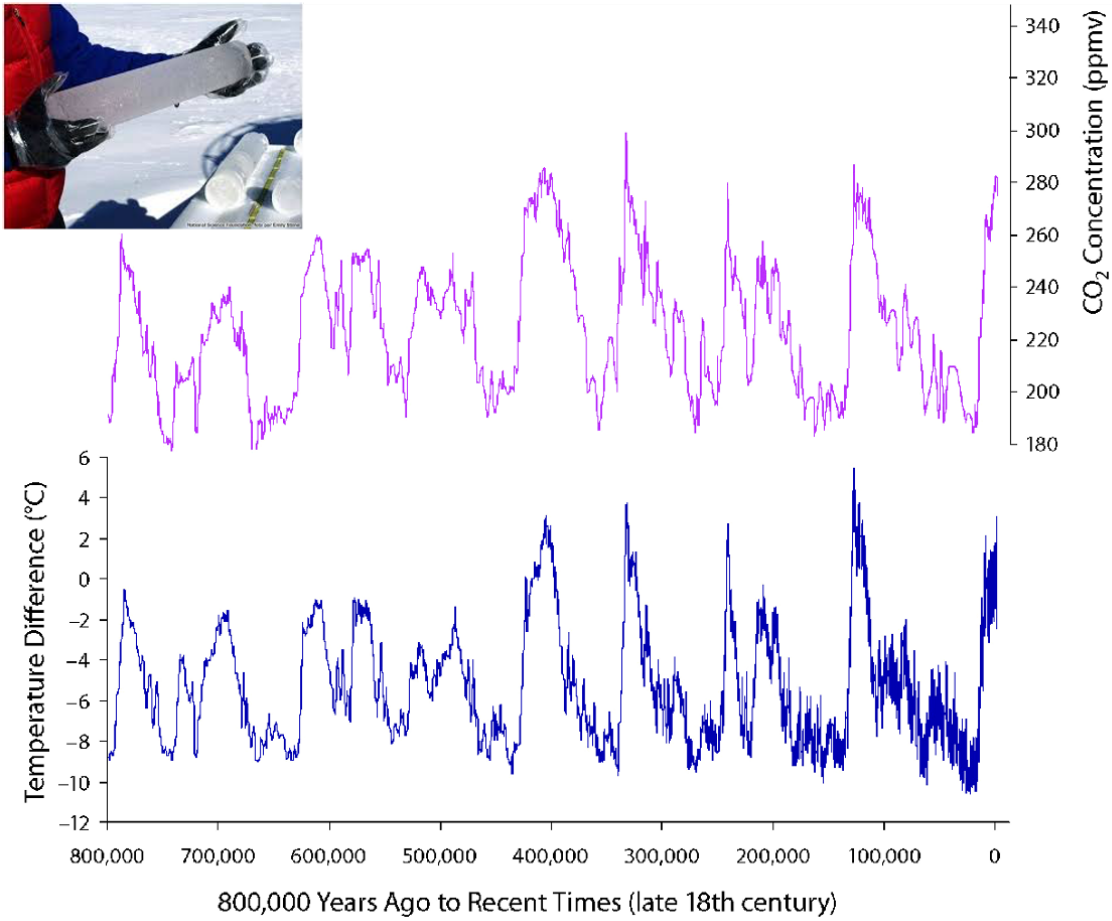


Figura 6. Imagen de un testigo de hielo extraído en un sondeo en la Antártida, obtenida de meteoglosario.aemet.es y curvas de concentración de CO2 atmosférico y temperatura, cuyas líneas son coincidentes ya que CO2 y T se realimentan (Keeling curve).

Se acaba de relacionar la concentración de CO_2 con la temperatura. Pero seguimos sin contestar aún a nuestra pregunta 2, ¿el aumento de temperatura que hay ahora en el planeta es debido a estos factores naturales descritos o debido a la actividad humana? En la Figura 6 hemos observado que en los últimos 800 mil años la concentración de CO_2 ha oscilado entre 180 y 300 ppmv. Esta variación de unas 120 ppmv de CO_2 lleva asociada una variación de la temperatura global del planeta de unos 7°C. En 1950, la concentración de CO_2 estaba por debajo de las 320 ppmv, pero en la actualidad esta concentración se ha disparado hasta los 420 ppmv (Figure 7), ¡120 ppmv más que el máximo registrado en los últimos 800 mil años! No parece lógico pensar que ese aumento de la concentración de CO_2 en las últimas décadas sea algo natural, y más teniendo en cuenta el aumento de emisiones de CO2 producida por la humanidad mediante la quema de combustibles fósiles, viajes aéreos, aumento del parque móvil…

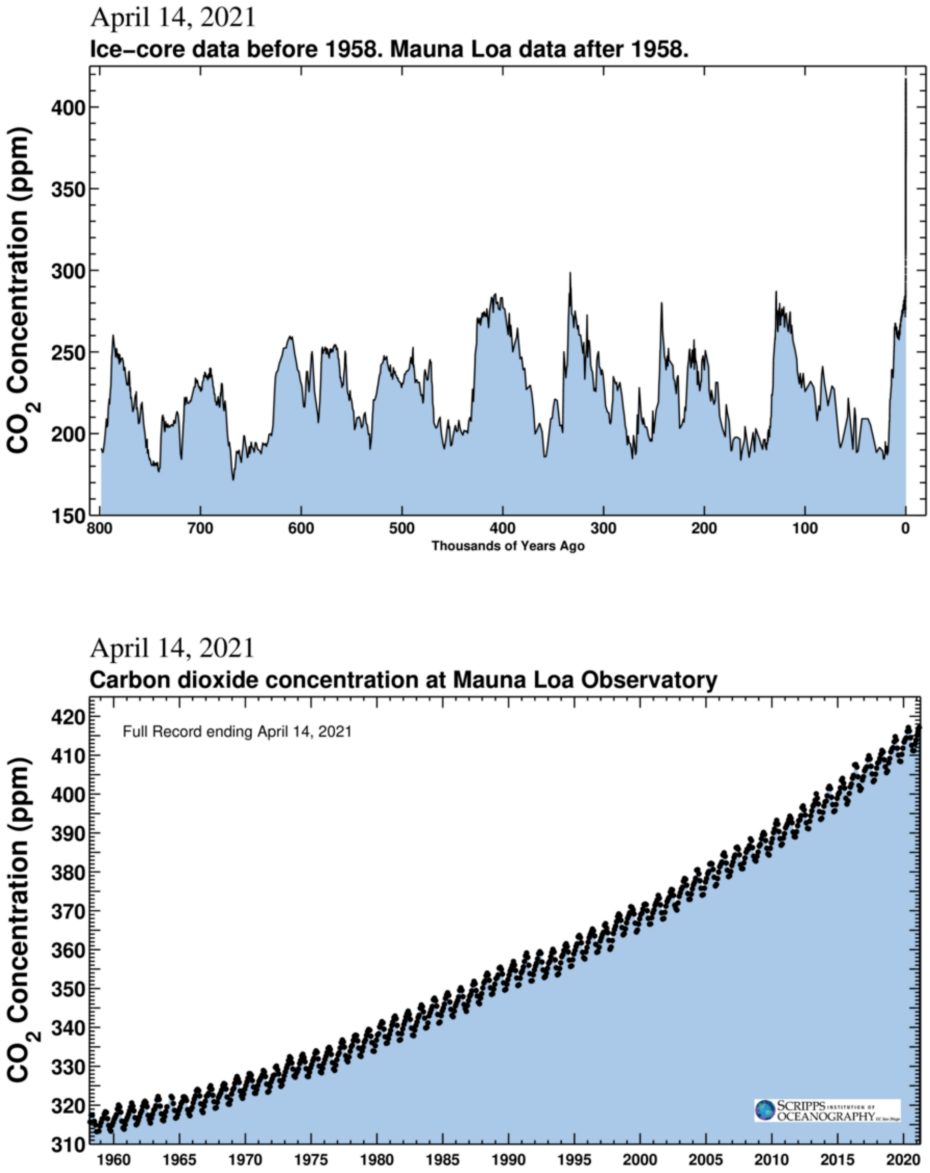
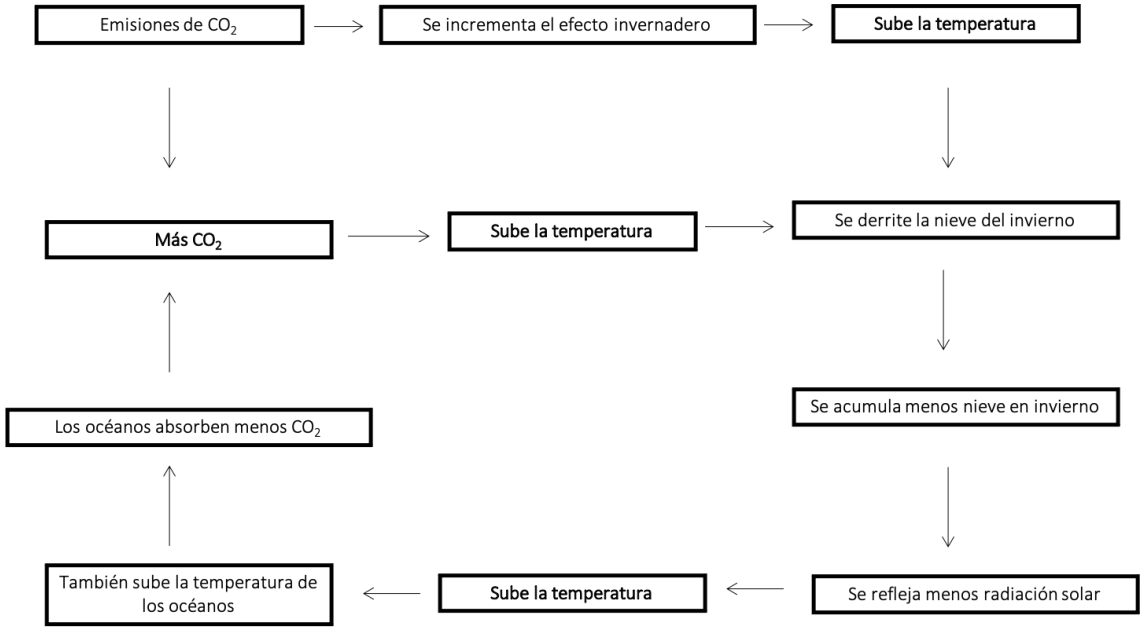


Figura 7. Concentración de CO2 atmosférico, https://keelingcurve.ucsd.edu/

El CO_2 es un gas de efecto invernadero que se sabe que está provocando el calentamiento global. Una parte de la radiación solar que nos llega atraviesa la atmósfera, es reflejada y vuelve al espacio; otra llega al suelo y lo calienta. El suelo como consecuencia emite calor y calienta la atmósfera, este calor es retenido por los gases de efecto invernadero. En el siguiente esquema podemos ver las consecuencias y relaciones que hay debido a este aumento de temperatura producido por el incremento de CO_2.



Parece innegable después de observar todas estas evidencias que el aumento de temperatura no es debido sólo a factores naturales si no que la actividad humana tiene un gran peso en el aumento de este gas invernadero que es el CO_2.

Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), formado por más de 2500 científicos de 130 países, "*el calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal y como evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y los océanos, el derretimiento generalizado de hielo y nieve y el incremento medio global del nivel del mar*" (IPCC, 2007). Además es uno de los factores ambientales más influyentes en la salud humana y bienestar, por ello se han tomado diferentes medidas desde la OMS y varios países. Tanto la variación de temperaturas, la calidad del aire, las enfermedades transmitidas por vectores así como la calidad y disponibilidad de agua, tienen una relación directa con el cambio climático. Los cambios climáticos regionales, como el aumento de eventos extremos (sequías, inundaciones, olas de calor…), o cambios en los patrones de precipitaciones tendrán consecuencias en la demografía, la economía, la dinámica de transmisión de enfermedades y la producción agrícola (cultivos como el arroz o el trigo reducen su productividad con el aumento de las temperaturas). Parece innegable, por tanto, el impacto y consecuencias para la sociedad en general y para la salud pública en particular.

Se prevé una reducción generalizada de los recursos hídricos en general en todo el planeta, que parece que se acentuará conforme transcurra el siglo XXI. Por otra parte, el cambio climático también aumentará la probabilidad de floraciones de cianobacterias por aumento de las temperaturas del agua.

El aumento de la temperatura del agua también se relaciona con efectos en la salud. Aunque aún no está claro como el fitoplancton responderá globalmente al aumento de la temperatura, una potencial consecuencia podría ser la selección de las formas mejor adaptadas a las nuevas condiciones ambientales. En este sentido, existen evidencias que permiten concluir que las cianobacterias podrían beneficiarse del aumento de la

temperatura particularmente en embalses y lagos donde podrían producirse floraciones de algas nocivas, aunque también podría ocurrir en aguas marinas.

El conocimiento de la interrelación entre la calidad y disponibilidad de agua en nuestro país, como consecuencia del efecto del cambio climático, permitiría la posterior monitorización y seguimiento del estado de los recursos hídricos.

Desde la revolución industrial las cantidades de CO_2 en la atmósfera han ido incrementándose debido a actividades llevadas a cabo por el ser humano, como la quema de combustibles fósiles (gasolina, carbón...) o la explotación masiva de tierras (deforestación). El océano absorbe en torno al 30% de ese CO_2 liberado a la atmósfera.

¿Qué implicaciones tiene esta absorción en los océanos? ¿qué ocurre en el agua? ¿cómo podemos conocer la calidad del agua?

METODOLOGÍA

¿Qué ocurre en la interfaz mar/río -atmósfera?

Para estudiar cómo influye esta interacción atmósfera- agua los equipos de Cruz Roja de medio ambiente y el equipo de playas de Guardamar han recogido dos muestras, una del río Segura y otra de mar a la altura de la playa de Guardamar del Segura a 10 m de la orilla y a 50m de profundidad, en las posiciones que muestra la siguiente figura.

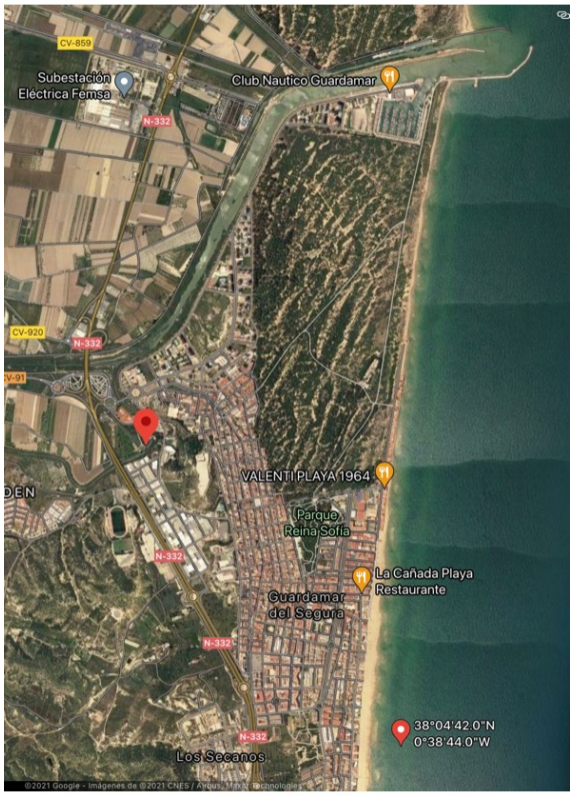


Figura 8. Posición de la recogida de muestras de océano y río

Vamos a llenar 4 vasos de precipitado con 100 ml cada uno. Dos con agua de mar y dos con agua del río Segura:

En estos 4 vasos se añaden 30 gotas de indicador químico en cada uno para estudiar el pH de cada agua. Una vez añadido el indicador, usando una pajita insuflamos aire consiguiendo un aumento de la cantidad de CO_2. Se cierra con parafilm un vaso de los dos; un vaso con agua de mar y otro con agua de río, dejando sin tapar los otros.

¿Influyen las dimensiones del área superficial de contacto?

Para observar la influencia en el intercambio agua-atmósfera del área superficial se pondrán de nuevo dos recipientes con diferentes diámetros de abertura, 2 vasos de precipitados (boca ancha) y 2 matraces Erlenmeyer (boca estrecha). Se introducen 100 mL de cada muestra de las aguas en un vaso de precipitados y 100 mL en un matraz Erlenmeyer, añadimos 30 gotas del indicador universal, hasta que el agua adquirió un color azul.

Figura 11: Muestras tras la introducción del indicador.

¿Cómo influye la temperatura en la disolución de gases en la superficie del agua?

De nuevo se utilizan para cada una de las dos muestras 3 vasos de precipitados con 100 mL de muestra, se añade indicador a cada uno de los vasos y se insufla aire hasta que el color de las muestras cambie por efecto del indicador. Cada una de las muestras se llevan a 3 cubetas a diferentes T a) agua con hielo b) agua a T ambiente c) agua caliente. Se observa durante una hora cuál es la influencia de la T sobre los gases disueltos.

Una de las principales preocupaciones vinculadas al cambio climático, tiene que ver con la calidad y cantidad de agua potable que consumimos. A medida que el agua se calienta, la proliferación de algas complica y encarece su tratamiento, lo que a la larga implica que muchas regiones no dispongan de la calidad de agua necesaria.

¿Cómo podemos analizar la calidad de las aguas?

El aumento global de la temperatura debido al cambio climático afecta al suministro de agua de distintas formas e influencia a un gran número de parámetros y procesos químicos, físicos y microbiológicos. Dichos cambios afectan al agua subterránea y, por lo tanto, a la calidad del agua de captación. Por ejemplo, se puede dar un posible incremento del carbono orgánico disuelto o COD, de la concentración de manganeso y, asociado con ello, una menor concentración de oxígeno. Del mismo modo, se puede esperar una influencia en los procesos posteriores en el tratamiento, almacenamiento y distribución del agua potable hasta el consumidor. Una de las principales preocupaciones vinculadas al cambio climático, tiene que ver con la calidad y cantidad de agua potable que consumimos. A medida que el agua se calienta, la proliferación de algas complica y encarece su tratamiento, lo que a la larga implica que muchas regiones no dispongan de la calidad de agua necesaria. Por eso vamos a

preguntarnos ¿Cómo podemos analizar la calidad de las aguas? Como tenemos las muestras que se han recogido de mar y de río vamos a analizar los parámetros de calidad de las mismas. Los parámetros a estudiar son los siguientes: Temperatura, tomada *in situ;* conductividad, tomada *in situ;* turbidez; oxígeno disuelto, OD; pH; coliformes; nitratos y dureza; microorganismos.

Todos los parámetros excepto el de microorganismos se analizaron con el kit para educación Lamotte de aguas naturales que analiza los parámetros básicos para la determinación de la calidad del aguas con reactivos que provocan cambios colorimétricos. Los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros se encuentran analizados en el apartado de resultados.

Para ver el crecimiento de una colonia se han utilizado distintos medios de cultivo en placa de petri: agar sangre (para bacterias) y agar sabouraud cloramfenicol (para hongos). Se ha realizado una siembra "en sábana" -similar a la usada para el recuento de colonias en urocultivos- con ambos tipos de agua en cada una de las placas. Posteriormente se incuban a 37 °C tanto el agar sangre como el agar sabouraud, realizando observaciones a las 24 y 72 horas para investigar la presencia de bacterias y levaduras. Asimismo, se deja incubando a temperatura ambiente, a oscuras y durante 5 días, dos placas de agar saboraud sembradas con la técnica de inundación, una con agua de mar y la otra con agua de río, para investigar la presencia de hongos filamentosos.

Otro de los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de analizar la calidad de las aguas es la basura proveniente de la actividad industrial, agrícola, de producción y doméstica. Los plásticos y sus derivados son uno de sus principales componentes de estas basuras, siendo alrededor del 10% del peso de la basura total generada en una población (Seoánez Calvo, 2000).

Si bien es verdad que este elemento forma parte de nuestras vidas y la sociedad y que está presente en nuestro entorno de manera innumerables (ropa, envases, apratos electrónicos, juguetes, transporte, materiales de construcción, maquinaria…) también es cierto que su consumo, reciclaje y reutilización es mejorable. El tiempo de desaparición es muy alto, y su degradación va siendo lenta produciéndose en el proceso porciones de partículas minúsculas a las que llamamos microplásticos. Según Zhang et al., 2019 se encuentran en todos los hábitats y el estudio en el entorno y en la salud es una de las líneas de investigación actuales ya que al ser pequeños son ingeridos por animales pequeños que a su vez son ingeridos por animales grandes, estando dentro de la cadena trófica y llegando ya a los productos de consumo diario D. Cox et al. 2019. Utilizando el protocolo diseñado por la asociación hombre y territorio HyT se han filtrado las muestras y estudiado la presencia de microplásticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

¿Qué ocurre en la interfaz mar/río -atmósfera?

Tras realizar el procedimiento descrito en el apartado de metodología para esta pregunta, se pudo observar que en los vasos de precipitados tapados, el color es más claro que en los vasos que no están tapados. También se puede observar que los vasos no tapados hay menos cantidad de agua, puesto que se ha evaporado. Las que están tapadas se acidifican dada la condensación que se produce en el entorno que hay dentro del vaso de precipitados.

Figura 9. Imagen realizada tras la insuflación.

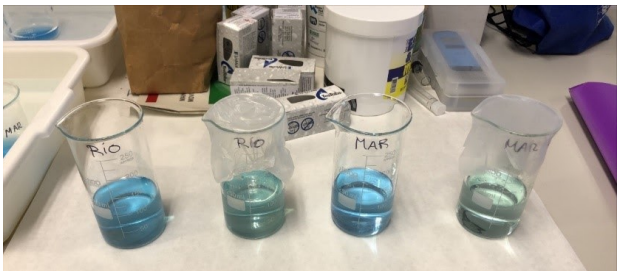


Figura 10. Imagen realizada dos días después de realizar la insuflación.

El azul de bromotimol es un indicador que tiñe la disolución a la que lo añadimos de amarillo si esta tiene un pH ácido y de azul intenso-violeta si tiene un pH básico.

¿Qué observamos? ¿Hubo algún cambio de color?

Se observó que:

1) Al añadir en las muestras (antes de insuflar aire) el azul de bromotimol estas se tiñeron del azul característico del indicador, dando un pH aproximado de 7-8 (medido con papel de pH) color que se observa en la Figura 9 muestras río y mar destapadas.

2) Al insuflar aire en las muestra estas se tornaron hacia un color azul verdoso. Recordemos que el azul de bromotimol se teñía hacia colores amarillos cuando estaba en disoluciones ácidas color que se observa en la Figura 9, en las muestras río y mar tapadas. En el caso de nuestras muestras ese cambio de color parece debido a una acidificación del agua, tanto en la muestra de mar como en la de río, en torno a ph 6 según papel de pH.

Parece entonces que se está produciendo una acidificación en las muestras que están tapadas, o lo que es lo mismo, un aumento de la concenctración de H^+ en el medio. La diferencia que ha habido es que hemos disuelto en el agua CO_2, igual que ocurre en la interfaz océano-atmósfera. Y esta reacción entre el agua H_2O y el CO_2 produce el siguiente equilibrio.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \quad \rightleftharpoons \quad HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_3^{2-} + 2H^+$$

ácido carbónico. ión bicarbonato. ión carbonato

El dióxido de carbono que se encuentra normalmente en la atmósfera se disuelve en el agua de mar. El agua y el CO_2 se combinan dando lugar a ácido carbónico un ácido débil que se disocia dando lugar a iones H^+ responsables de la acidificación, y a bicarbonato.

3) Al dejar los vasos de precipitados abierto el color volvió al azul intenso ya que hay un intercambio de CO_2 gaseoso entre el exterior y el interior del vaso, Figura 10.

4) Al tapar los vasos de precipitados el color azul-verdoso permaneció . Al contrario que en el caso anterior, al estar cerrado el vaso de precipitados no hay un intercambio entre el exterior y el interior. Al insuflar aire hemos aumentado la concentración de CO_2disuelta en agua, y el exceso ha pasado de nuevo a la atmósfera, al tapar este exceso queda atrapado dentro del vaso de precipitados sin que exista intercambio entre el interior y el exterior. Por eso la concentración de CO_2 en contacto con la superficie del agua hace que el pH sea más ácido. Es decir a mayor concentración de gas en la interfaz agua-CO_2 mayor acidez del agua, Figura 10, tal y como ocurriría en la atmósfera-océano.

Esto tiene consecuencias en el ecosistema marino como es la degradación de conchas y exoesqueletos, Figura 11. Peligrando la vida en el océano tal y como la conocemos, incluyendo la cadena trófica de la que forma parte el ser humano.

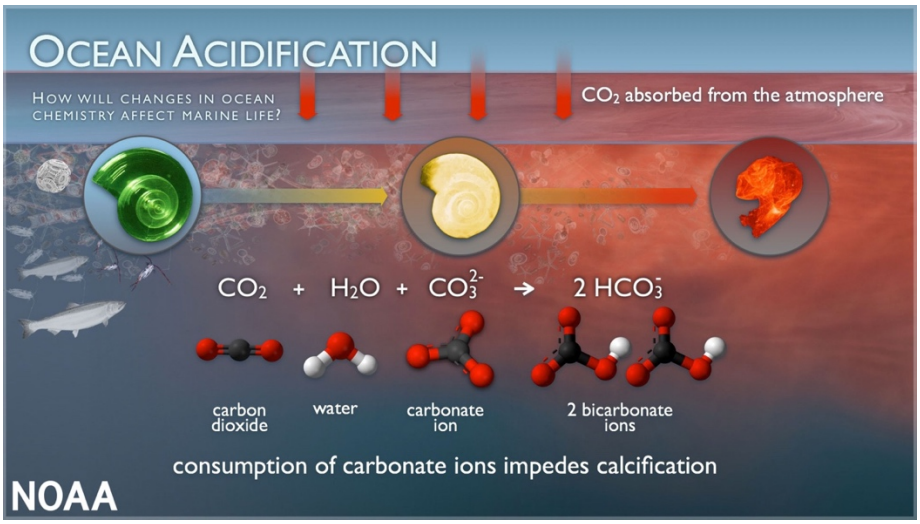


Figura 11, cortesía de NOAA (national oceanic and atmospheric adminsitration) Muestra el efecto del pH sobre una concha de Pterópodo que se va degradando con el tiempo.

En el caso de la influencia del área superficial el resultado obtenido fue una coloración azul por lo que podemos concluir que nos encontramos frente a preparaciones cuyo pH ronda la neutralidad. Las muestras que están en el vaso de precipitados, es decir, de diámetro mayor muestran un cambio de color más rápido con el paso del tiempo. El océano cubre el 71% de la superficie del planeta, por tanto ofrece la mayor área para disolver CO_2.

Agua de mar

Siguiendo los pasos descritos previamente una vez añadimos el indicador en el agua de mar, e insuflamos, el color viró a verde acidificándose (mezcla de azul y amarillo). Una vez insuflada se colocó la muestra en 3 cubetas a diferentes T observándose lo siguiente transcurrida una hora (Figura 13):

1. El agua de mar en la cubeta con agua caliente intensificó aún más su color a azul, de esta manera, cuando hay un incremento en la temperatura el pH aumenta, haciéndose más básica.
2. El agua de mar en la cubeta con agua fría mantuvo su viraje de color verde. De forma que, la disminución de la temperatura no implica un cambio en el pH perceptible.
3. El agua de mar presente en la cubeta con agua a temperatura ambiente viro a una tonalidad más azulada, lo que indica que el pH aumentó su valor.

Figura 12: En el momento de introducir los recipientes a las cubetas.

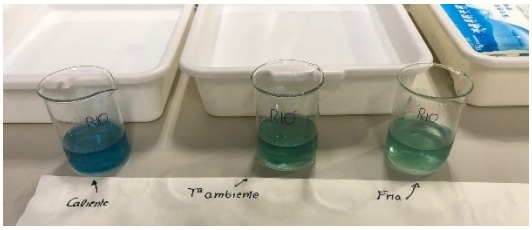


Figura 13: Muestas tras pasar una hora en las cubetas correspondientes.

Esto nos muestra que a T altas la solubilidad de gases disminuye, y el CO_2 es liberado a la atmósfera provocando que el agua se haga más básica, el agua se desgasifica. ¿Dónde ocurre este fenómeno? En aguas cálidas, en aguas ecuatoriales.

Agua de río

En el caso del agua de río ocurrirá exactamente lo mismo (Figuras 14 y 15).

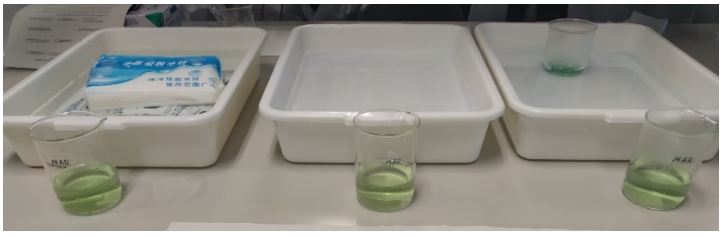


Figura 14: En el momento de introducir los recipientes a las cubetas

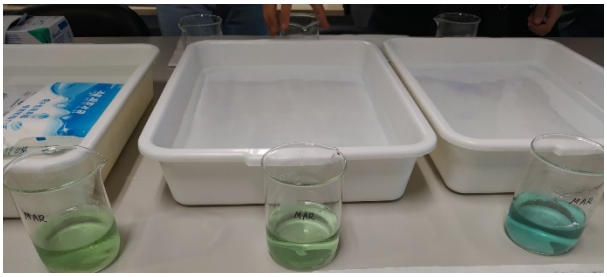


Figura 15: Transcurrida una hora

¿Cómo podemos analizar la calidad de las aguas?

A continuación, se muestran los valores obtenidos en los diferentes análisis. En el anexo de este artículo se recogen todas las imágenes donde pueden verse los virajes de color y la interpretación con las escalas propuestas en el kit.

Tabla 1: Resultados obtenidos de los parámetros individuales

	MAR	RIO
Turbidez (JTU)	0	40
OD (ppm)	8	4
pH	7	8
Nitratos (mg/mL)	5	40
Dureza ppm		1200
Coliformes	Negativo	Positivo
Saturación de oxígeno (%)	92	48

Tabla 2: Valores de los parámetros obtenidos *in situ*

	MUESTRA RÍO	MUESTRA MAR
Temperatura ambiente (ºC)	23,3	21,5
Temperatura muestra (ºC)	20,5	18,3
Conductividad (ms/cm)	3,99	20
Profundidad localización	0,5	50
Profundidad toma de muestra (m)	0,5	3,5
Color	Turbio	
Olor	Fuerte	
Transparencia	no	
Caudal m^3/s	8	
Velocidad m/s	2	

En el valor de **turbidez** se puede ver que cuanto menor sea el valor de turbidez mayor es la transparencia del agua. Si la **turbidez del agua es alta** (superior a 40 JTU), habrá muchas partículas suspendidas en ella. Es el caso del agua de río que durante su recogida ya se apreciaba la turbidez. La turbidez si es alta hace que los rayos UV no penetren en las aguas y no manifiestan su acción, produciendo por tanto, que el contenido bacteriano pueda aumentar.

El oxígeno disuelto, **OD**, es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces y otros organismos vivos, por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. Un aumento de la temperatura del agua favorece una menor disolución del oxígeno en la misma, un aumento en el florecimiento de alga que puede llevar a un consumo por encima de la cantidad de producción de OD. Los desechos tanto humanos como animales consumen ese OD rompiendo el equilibrio del ecosistema. Los valores de OD compatibles con la vida en ríos serían OD> 4-5 ppm. En la tabla 1 se puede observar que el valor obtenido de OD en el río es bastante bajo y está en el límite. Sin embargo, en el mar y teniendo en cuenta que la salinidad (lo cual hace disminuir el OD) es mucho más alta el valor de OD es aceptable.

El valor de **pH** de ambas muestras se encuentra dentro de la normalidad siendo la muestra de río ligeramente más básica.

Los **nitratos** son un nutriente que necesitan todas las plantas y animales acuáticos como precursor proteico. La disolución de las rocas y minerales, la descomposición de animales y plantas muertas y las excreciones de animales vivos y los afluentes industriales incorporan nitratos al sistema acuático. Su presencia es natural en las aguas superficiales o subterráneas consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, sin embargo, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo con un aumento de la concentración de nitratos, debido fundamentalmente a un excesivo uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riegos. El exceso de nutrientes como nitratos, incrementan el crecimiento de plantas, promueven la descomposición bacteriana, y por lo tanto, decrece la cantidad de oxígeno disponible en el agua. Actualmente en la comunidad europea el nivel máximo permitido de nitratos en aguas potables es de 50 mg/l, siendo 25 mg/l el valor guía. Las aguas sin contaminación normalmente presentan unos niveles de nitratos inferiores a 4 ppm, si la concentración de nitratos es superior a 40ppm el agua se considera no potable.

Habiendo realizado un análisis del agua del mar del Mediterráneo se ha obtenido un valor de 5 ppm de nitratos. Mientras que en la muestra de agua del río Segura, se ha obtenido un valor de 40 ppm el cual es superior a los valores designados como potables por la Comunidad Europea, lo que implicaría una calidad de agua de río baja por presencia de nitratos ya que puede provocar una proliferación de algas y otras plantas que asfixian y cambian el color de las aguas, perturbando los ecosistemas naturales y privando de oxígeno a los peces. Los altos valores de nitratos obtenidos pueden deberse a la presencia de numerosas tierras de cultivo la cuales es probable que lo utilicen como componente de abono y fertilizante. La conselleria de la comunidad valenciana asegura que los valores medios de los nitratos obtenidos para estos azarbes no superan los 50mgL , es decir, están por debajo de los límites máximos permitidos en aguas de consumo ;pero puntualmente superan estos valores algunos de los azarbes, especialmente los que confluyen en el río Segura. A su vez estos residuos acabarán llegando al

mar y contaminando sus aguas. La ingestión de nitratos no es exclusiva del agua para beber, también debemos de tomar en cuenta los nitratos presentes en nuestros alimentos. Ya que, muchos de nuestros alimentos, especialmente los vegetales como acelgas, espinacas, tienen gran capacidad de acumulación de nitratos. El principal efecto perjudicial de la ingesta de nitratos es la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. La metahemoglobina en la sangre, que es una hemoglobina oxidada incapaz de fijar el oxígeno y provoca limitaciones en el transporte de este. Cuando es elevada ,la primera manifestación clínica es la cianosis(tonalidad azulada de la piel).

La **dureza** de la muestra de mar no se determinó puesto que su alto contenido en sales determina una dureza alta *per se*. La dureza del agua se expresa en ppm de $CaCO_3$ pudiéndose realizar la siguiente clasificación del agua en función de su dureza según el laboratorio de Aigües de Mataró:

De 0 a 79 mg $CaCO_3$ /l, se considera Agua muy blanda

De 80 a 149 mg $CaCO_3$ /l, se considera Agua blanda

De 150 a 329 mg $CaCO_3$ /l, se considera Agua semi dura

De 330 a 549 mg $CaCO_3$ /l, se considera Agua dura

Más de 550 mg $CaCO_3$ /l, se considera Agua muy dura

En el caso de la muestra de río el agua es muy dura, es decir con alto contenido en sales.

En el caso del análisis de **coliformes** se ha obtenido un resultado positivo en la muestra de río y negativo en la muestra de mar. Los coliformes son un grupo de bacterias con forma de bastón que se encuentran en el medio ambiente, suelos, agua superficial, e incluso habitan en el intestino humano y en el de otros animales de sangre caliente. Estas bacterias nos sirven de indicadores para la valoración de la calidad de las aguas puesto que indican la presencia potencial bacterias que causan enfermedades. Un ejemplo de coliforme sería la Escherichia coli De modo que la calidad del agua de río Segura a la altura de la recogida de la muestra no tiene una calidad aceptable en cuanto a la presencia de estas bacterias. ¿Cómo han llegado estos coliformes a las aguas Del Río Segura? Tras haber hecho una búsqueda en Google Earth en un radio de 5 Km aproximadamente al punto de la toma de la muestra, observamos que la zona donde se tomó la muestra, está rodeada por campos de cultivos. El uso de abonos agrícolas que se filtran en la tierra o bien son arrastrados por las lluvias hasta el rio, podría ser la causa de la presencia de coliformes.

Para ver el crecimiento de una colonia de **microorganismos** se realizaron cultivos en ambas muestras obteniéndose una presencia mucho mayor de patógenos en el agua de río. Se sabe que la alta salinidad hace que el agua sea estéril puesto que dificulta la presencia de patógenos, por eso en la muestra de agua de mar no se observa la presencia de gérmenes. Sin embargo, y como hemos mencionado antes la turbidez que era alta en la muestra de río hace que los rayos UV no penetren en las aguas y no manifiestan su acción, produciendo por tanto, que el contenido bacteriano pueda aumentar tal y como observamos en la investigación.

La presencia de **microplásticos** en las muestra del río Segura es mayor. Pudimos identificar mediante microscopio óptico y con la tabla de imágenes del protocolo Libera HyT la presencia de esferas, fibras, fibras vegetales, invertebrados y fragmentos:

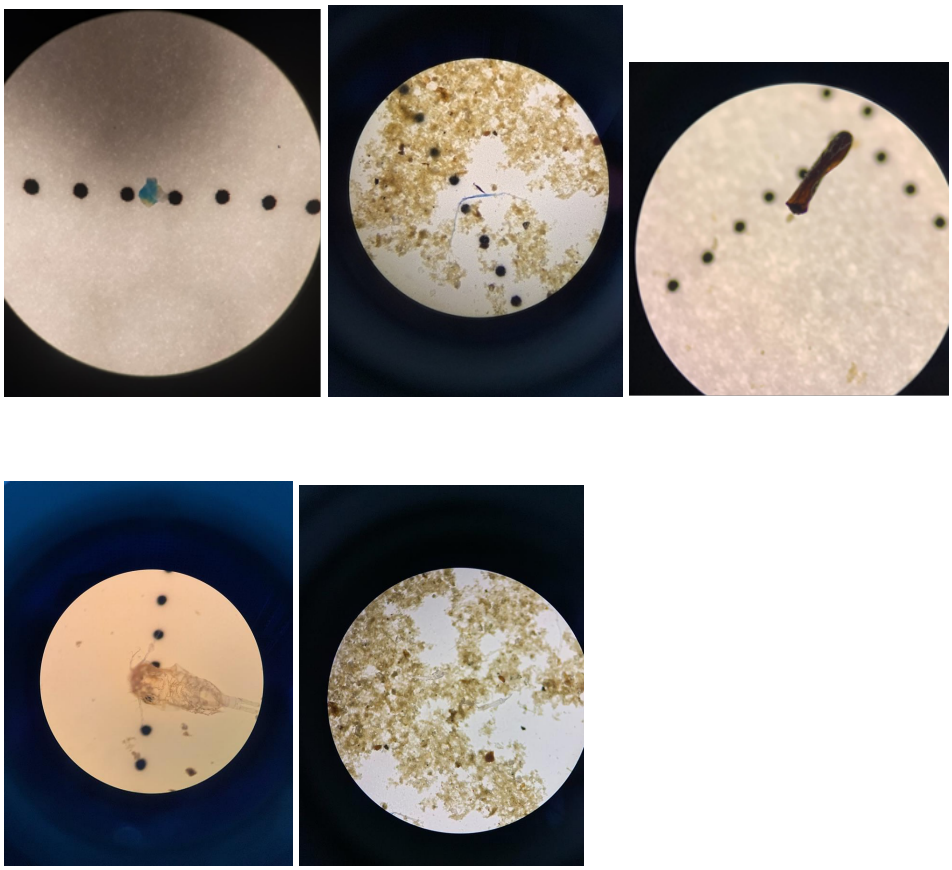


Figura 16. Imágenes obtenidas por microscopía de las muestras filtradas según protocolo LIBERA HyT para la identificación de microplásticos en muestras de agua.

Los plásticos degradados se encontraron en la muestra de río, creemos que en la muestra de mar hay menos porque como hemos comentado puede que hayan pasado ya a la cadena trófica.

CONCLUSIONES

El aumento global de la temperatura debido al cambio climático afecta al suministro de agua de distintas formas e influencia a un gran número de parámetros y procesos químicos, físicos y microbiológicos. Dichos cambios afectan al agua subterránea y, por lo tanto, a la calidad del agua de captación. Por ejemplo, se puede dar un posible incremento del carbono orgánico disuelto o COD, de la concentración de sales y, asociado con ello, una menor concentración de oxígeno disuelto, tal y como se ha observado en la muestra de río Segura. Del mismo modo, se puede esperar una influencia en los procesos posteriores en el tratamiento, almacenamiento y distribución del agua potable hasta el consumidor. Una de las principales preocupaciones vinculadas al cambio climático, tiene que ver con la calidad y cantidad de agua potable que

consumimos. A medida que el agua se calienta, la proliferación de algas complica y encarece su tratamiento, lo que a la larga implica que muchas regiones no dispongan de la calidad de agua necesaria.

La contaminación y/o degradación de la calidad del agua que nos rodea es evidente tal y como se ha ido recogiendo en esta investigación. La muestra de agua de río Segura está claramente afectada en su calidad, y un análisis de las actividades de la zona mostró alrededor tierras de cultivo que usan abonos y fertilizantes. Esto puede estar provocando un proceso de eutrofización que es una contaminación provocada por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes mayoritariamente de la actividad del ser humano

Una de las consecuencias de esta intensificación agrícola es la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas y la proliferación de enfermedades relacionadas con el agua: sobreexplotación de acuíferos, alteraciones climatológicas que influyen en la distribución del agua y su accesibilidad y la repercusión que tiene en la aparición de nuevas enfermedades y repunte de otras a nivel mundial

Figura 17. Enfermedades más comunes debidas al agua contaminada.

Se hace necesaria por tanto una actuación de todos los estamentos de la sociedad para intentar frenar el cambio climático y sus consecuencias.

Los objetivos que se habían planteado en este trabajo eran:

- Facilitar la comprensión del cambio climático y su implicación en la salud desarrollado en la primera parte del trabajo. Es importante que se conozcan las causas del cambio climático para así fomentar un espíritu crítico frente a noticias.
- Promover la sensibilización sobre un problema que afecta en todos los escenarios sociales.
- Posibilitar el desarrollo de un compromiso ético potenciando actitudes y valores que permitan afrontar el problema del cambio climático
- Potenciar comportamientos individuales y colectivos para disminuir emisiones, ahorrar energía.
- Diseñar una propuesta didáctica aplicable para futuros cursos
- Aplicar técnicas para el análisis de aguas e identificación de microplásticos
- Conocer los parámetros que miden la calidad del agua

- Poner en práctica el método científico desde una propuesta didáctica basada en la investigación

BIBLIOGRAFÍA

https://climate.nasa.gov/

https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Milankovitch_cycles

https://keelingcurve.ucsd.edu/

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf

Seoánez Calvo, 2000 tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos. Editorial: Mundi-Prensa Libros, S.A., 2000 ISBN 10: 847114901X / ISBN 13: 9788471149015 Editorial: Mundi-Prensa Libros, S.A., 2000

Zhang et al., 2019 Research Progress of Microplastics in Freshwater Sediments in China *Environmental Science and Pollution Research* volume 27, pages 31046–31060 (2020)

D. Cox et al. 2019, Human Consumption of Microplastics, *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, 12, 7068–7074

https://proyectolibera.org/noticias/libera-presenta-protocolo-de-muestreo-microplasticos-en-rios/

ANEXO

A la izquierda la muestra de río con una **turbidez** de 40 JTU y a la derecha la muestra de mar con una turbidez de 0 JTU

Fig 1: Medimos la turbidez que hace referencia a las partículas en suspensión del agua, cuanto menor sea el valor de turbidez mayor es la transparencia del agua.

Resultados **oxígeno disuelto** en ambas muestras el valor está entre 4 y 8 ppm.

Fig. 2: Observamos la medida del oxígeno disuelto, parámetro que hace referencia a la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces y otros organismos vivos, por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática.

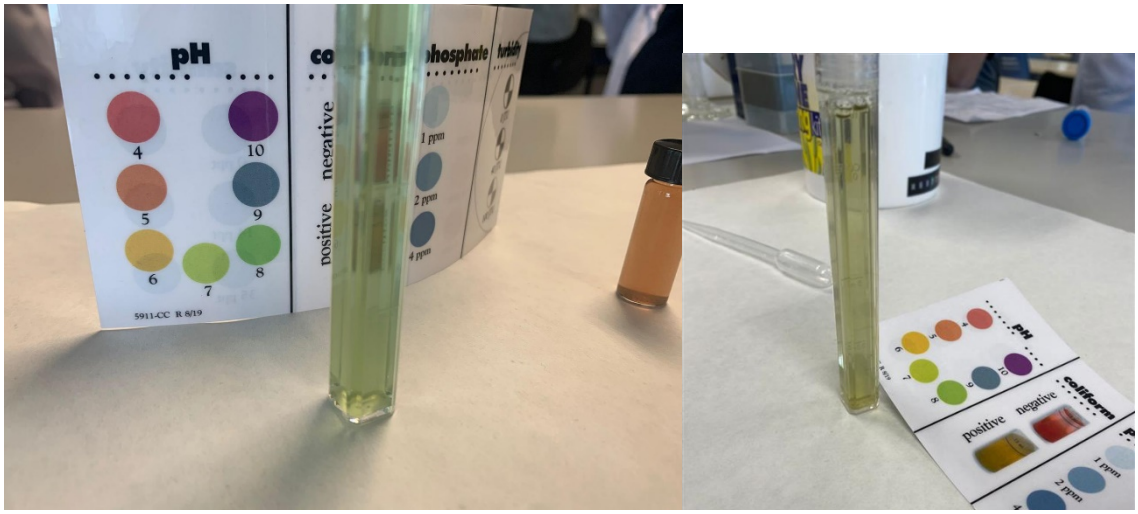


Fig. 3: medición del pH este parámetro indica la acidez o basicidad del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. El valor obtenido en ambas muestras es cercano a 7 (neutro)

Nitratos:

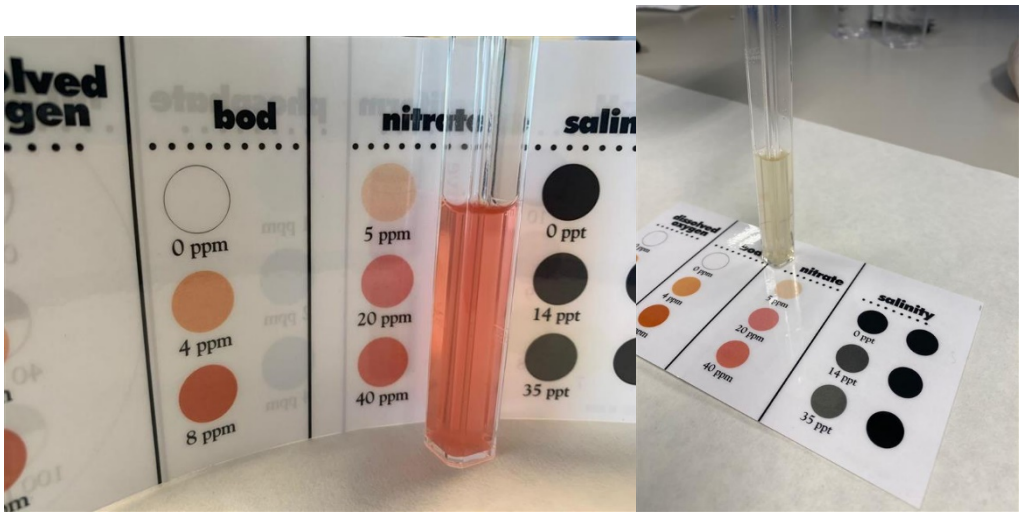


Fig. 4: observamos los nitratos: son iones formados por tres átomos de oxígeno, un nitrógeno y con una carga negativa (NO3-), no tiene color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua.

Coliformes

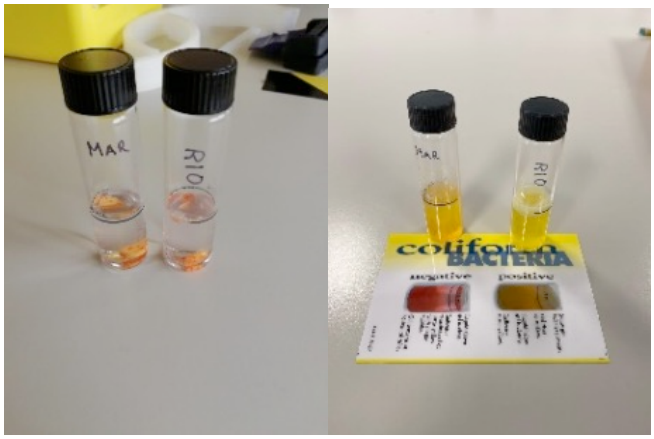


Fig. 5: Preparación y resultados de los coliformes.

Tal y como indica el kit la presencia de burbujas de gas y el color amarillo nos dan el positivo en el agua de río, mientras que en el de mar si bien ha cambiado de color a amarillo no tiene burbujas, lo que indicaría un resultado negativo

Negativo:

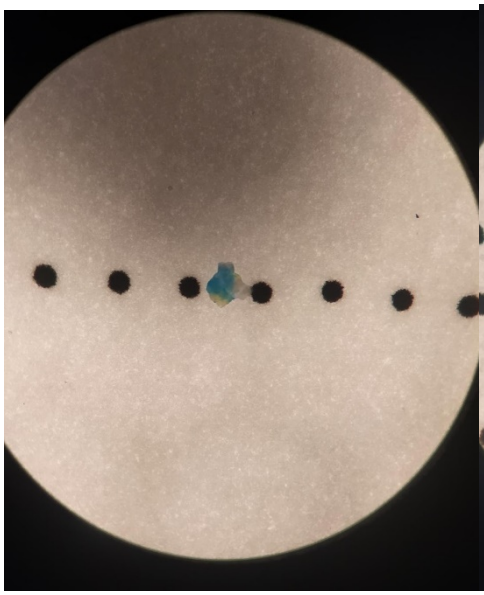
- El líquido por encima del gel es claro.
- El indicador permanece rojo o se vuelve amarillo sin burbujas de gas.
- El gel permanece en la parte inferior del tubo.

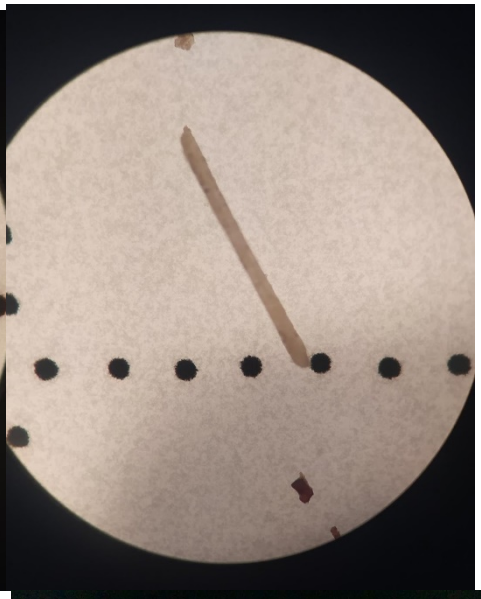
Positivo:

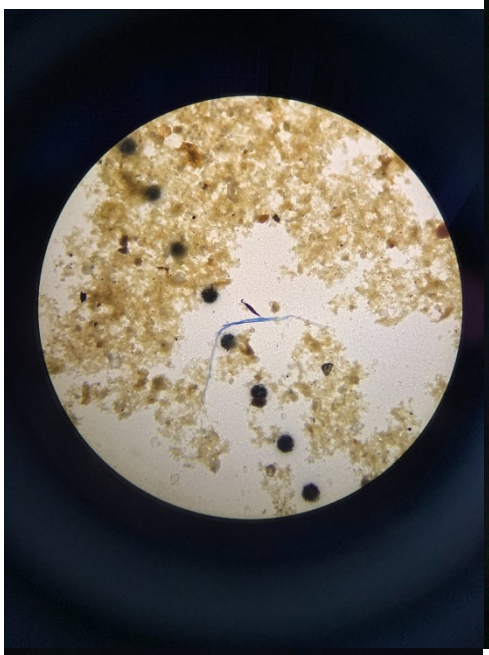
- Presencia de muchas burbujas de gas.
- El gel se concentra en la superficie.
- El líquido por debajo del gel está turbio.
- El indicador se vuelve amarillo.

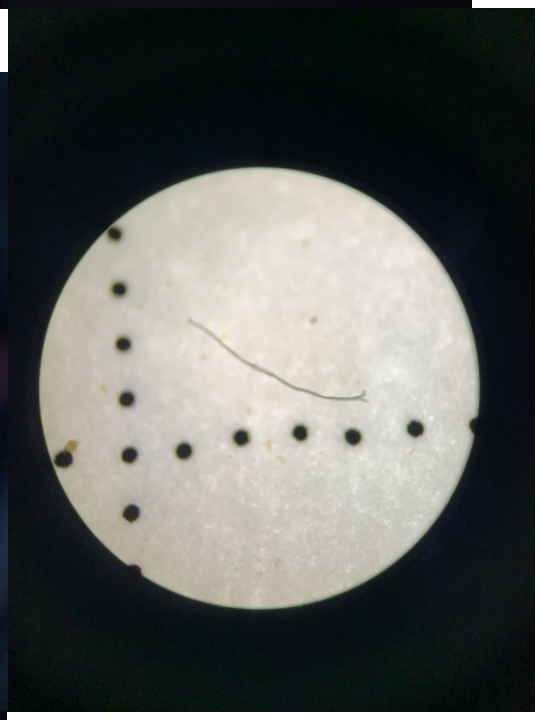
Al margen de estos resultados, también buscamos restos de **microplásticos** en ambas aguas, aunque no obtuvimos muchos resultados pudimos llegar a la conclusión de que no hay muchos restos ya que los peces lo ingieren.

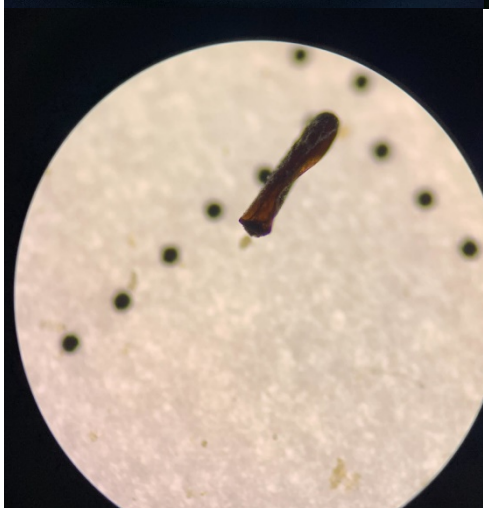
Imágenes de algunos restos encontrados:







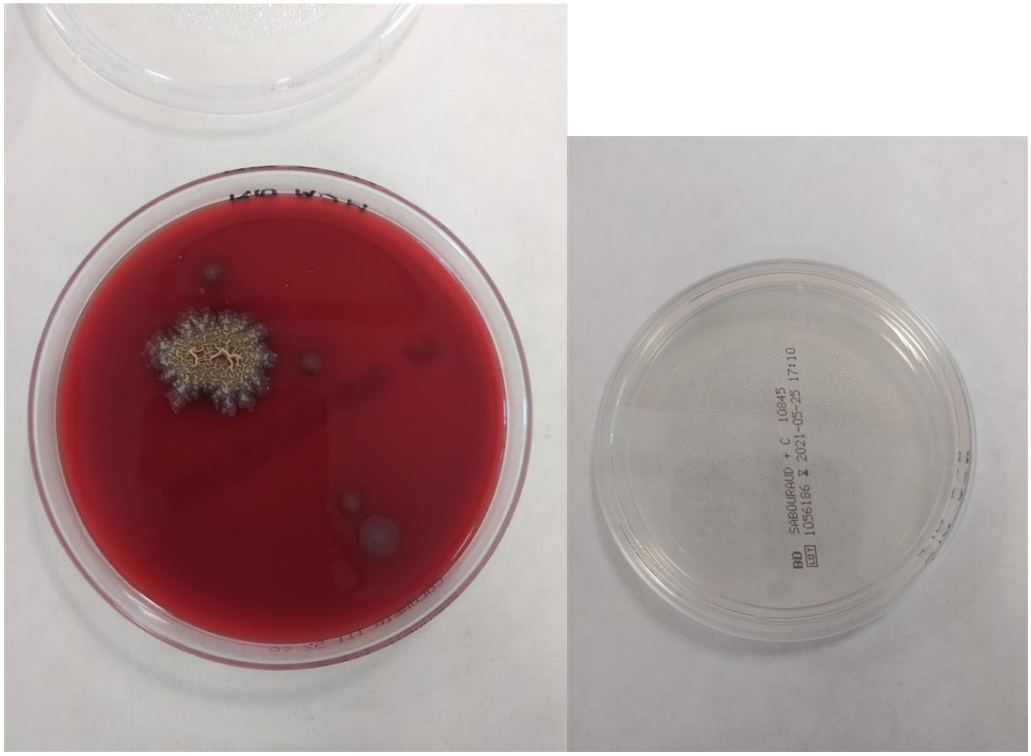




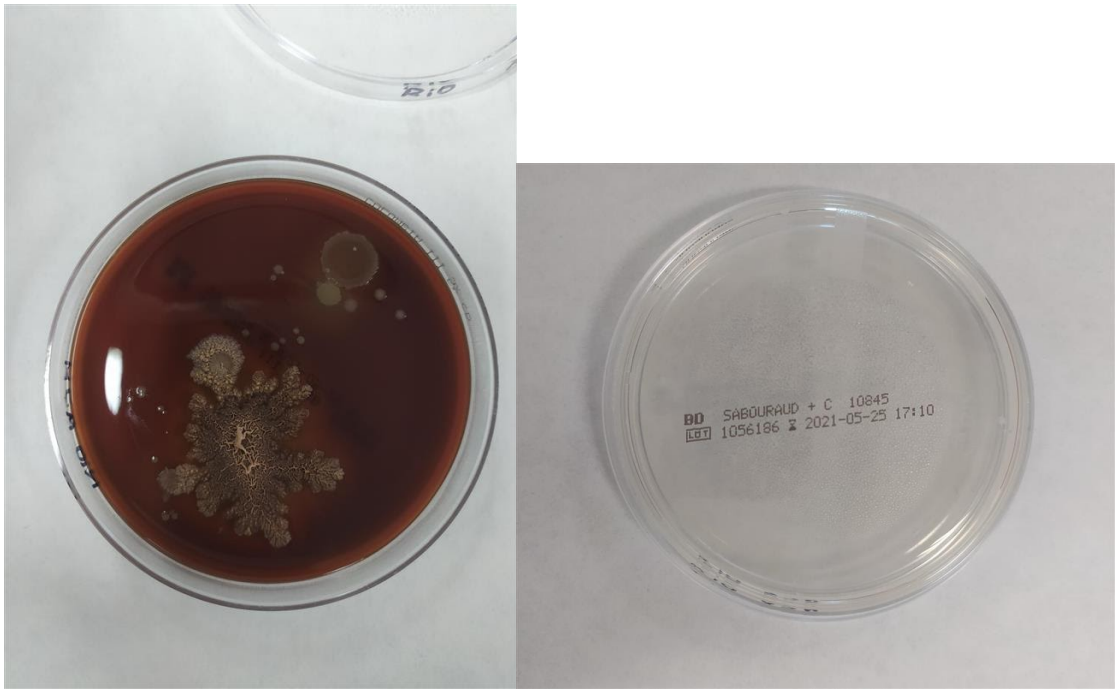
Resultados obtenidos de las pruebas de **microbiología**:

Siembra hecha el martes 27 abril rio

Primera foto jueves 29

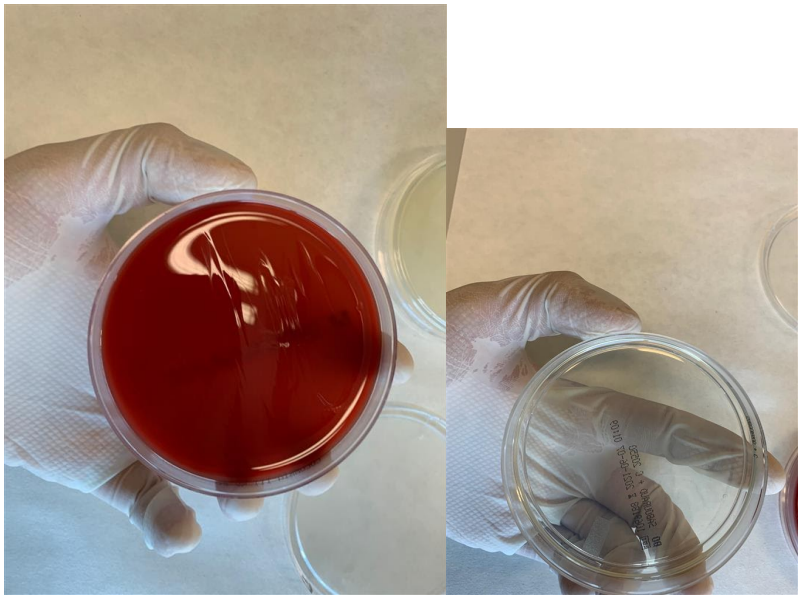
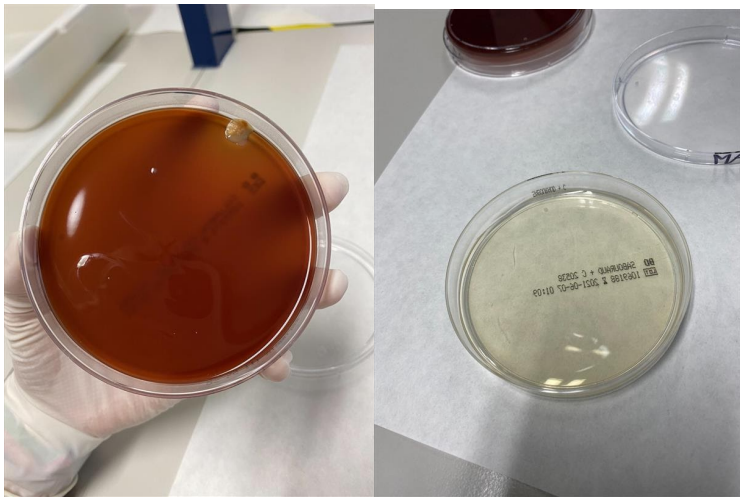


Segunda foto 3 de mayo



Siembra hecha el martes 17 de abril mar

Primera foto jueves 29



segunda foto 3 de mayo