

CLINAS Y MOVIMIENTOS DE AGUAS MARINAS:

(Recomendado para ESO Y BACHILLERATO > 12 años)

Sugerencias: consultar la unidad temática «El agua de mar y las corrientes marinas» antes de hacer la actividad.

POSSIBLES CONCEPTOS A TRABAJAR: densidad y factores que la afectan; estacionalidad en el mar; gradientes verticales; estratificación; movimiento de aguas marinas; transporte de nutrientes y materia orgánica; cañones submarinos; producción biológica.

OBJETIVOS:

- Entender el concepto de clina y los tres tipos más importantes que encontramos en el mar (termoclina, haloclina y pycnoclina).
- Entender el concepto de masa de agua y de estratificación de las masas de agua: ver cómo la diferencia de densidad de las masas de agua determina su disposición en capas, y que esta densidad viene determinada sobre todo por la salinidad y la temperatura.
- Ser capaz de entender cómo la estratificación de las masas de agua y la rotura de esta estratificación pueden afectar a los organismos marinos.
- Comprender el concepto de cascading a partir de la comprensión de la relación entre el transporte de agua y el transporte de nutrientes y materia orgánica desde la superficie hacia los fondos oceánicos.
- Entender qué son los cañones submarinos y ver cómo el relieve submarino influye en el patrón de movimiento de una masa de agua.

INTRODUCCIÓN GENERAL

La densidad y su papel en la circulación marina

Todos sabemos que, si dejamos caer un objeto en un líquido, pueden ocurrir dos cosas: que flote o que se hunda. Por ejemplo, si dejamos caer una bola de plomo en el mar, se hundirá; pero si, en cambio, dejamos caer una bola del mismo tamaño que sea de corcho, no se hundirá sino que flotará.

Hablando en términos de objetos y líquidos, es fácil entender estos comportamientos, pero ¿qué sucede cuando, en lugar de tener en contacto un objeto y un líquido, tenemos dos líquidos con características aparentemente muy similares?

Pensemos, por ejemplo, en el estrecho de Gibraltar, donde el agua fría y menos salada del Atlántico entra en contacto con el agua caliente y más salada del Mediterráneo. ¿Qué podríamos predecir que pasaría? Quizá podríamos pensar que dos masas de agua, aun teniendo temperaturas y salinidades diferentes, dado que están en movimiento, cuando entraran en contacto, se mezclarían rápidamente y se obtendría una masa de agua uniforme con una temperatura y una salinidad intermedia. Sin embargo, en la práctica, se observan comportamientos diferentes: se ha podido comprobar que, cuando diferentes masas de agua entran en contacto, se hunden unas por debajo de otras y se disponen en capas según sus características físico-químicas. En el lugar donde ambas capas entran en contacto se forma una zona de mezcla.

¿Cómo podemos explicar que una masa de agua flote o se hunda debajo de otra? Pues gracias al concepto de *densidad*.

La densidad es la propiedad que relaciona la cantidad de materia que hay en un determinado volumen de una misma sustancia. Por eso tiene unidades de masa y volumen: por ejemplo, se puede medir en g/cm^3 .
La densidad, por tanto, variará según el tipo de sustancia o material.

Pero ¿por qué las masas de agua tienen diferentes características físico-químicas?

El mar, entendido globalmente, a pesar de parecer un continuo de agua homogénea, está compuesto por masas de agua diferenciadas. La composición del agua de mar está sometida a diferentes factores ambientales, como la incidencia de la luz del Sol y el grado de evaporación, el régimen de lluvias, la proximidad de desembocaduras de ríos, el deshielo de icebergs..., toda una serie de factores que determinan una serie de características que dan lugar a masas de agua marina muy diferentes.

Es muy importante, a la hora de intentar entender cómo funciona el mar, saber que no es un sistema aislado, sino que se encuentra interrelacionado con el resto de los sistemas, como la atmósfera, el resto del agua de la hidrosfera, la geosfera y la biosfera, y que lo que sucede en uno de los subsistemas suele tener efectos sobre los demás.

En el caso de las masas de agua marinas, decíamos que la densidad depende principalmente de la temperatura y de la salinidad del agua, que afectan de manera contraria a la densidad: cuanto más salina es una masa de agua, más densa es; en cambio, cuanto

más caliente es una masa de agua, menos densa es. Así, una masa de agua fría y salada será más densa y se hundirá bajo una masa de agua más caliente y menos salada. Esto provoca que, a pequeña y gran escala, las masas de agua se muevan; los movimientos a escala global debidos a las diferencias de densidad de las masas de agua se conocen como **circulación termohalina**.

Así pues, la diferencia de densidad entre las diferentes masas de agua en el océano es el motor del conocido como gran cinturón de circulación oceánica, que conecta todas las aguas de los diferentes océanos, distribuye el calor que proviene del Sol por todo el planeta y es, en buena parte, corresponsable de la distribución de los grandes climas terrestres. Vemos, así, que la comprensión del movimiento de las masas de agua según sus características físico-químicas es, por tanto, fundamental no solo en términos de oceanografía, sino también para entender otras ramas de la ciencia, como la meteorología.

Las diferencias en la densidad de las masas de agua darán como resultado la separación de las diferentes masas de agua en capas, lo que originará un proceso que se conoce como *estratificación*.

La separación de las diferentes masas de agua en capas recibe el nombre de *estratificación*.

Caracterización de las masas de agua

Sabiendo que la temperatura y la salinidad son d características determinantes de las masas de agua, no es de extrañar, pues, que uno de los objetivos clave de las campañas oceanográficas científicas sea precisamente caracterizar las masas de agua, lo que se consigue, sobre todo y precisamente, a partir de la medida de la salinidad y de la temperatura de la columna de agua del área de muestreo. Pero también se pueden medir otros parámetros que dan información valiosa de aquella masa de agua, como pueden ser su concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, fosfatos...) o su concentración de oxígeno. Para obtener estos datos básicos, los oceanógrafos utilizan instrumentos especializados para tomar medidas de estos parámetros, como el CTD, sigla inglesa de *conductivity, temperature, depth*, que son los tres parámetros principales que mide: conductividad, temperatura y profundidad (aunque no mide realmente la profundidad, sino la presión, a partir de la cual sí que puede extraer el valor de la profundidad). El CTD, además, a menudo ofrece la posibilidad de poder incorporar otras sondas para medir otros parámetros. La elección de equiparlo con más o menos sondas dependerá del estudio que se quiera hacer y de los datos oceanográficos que se quieran tomar.

Con el tratamiento de los datos de temperatura y salinidad obtenidos con un CTD (la salinidad se calcula a partir de los datos de conductividad) se pueden elaborar los denomina-

dos *diagramas* TS. Se trata de unos gráficos que relacionan la temperatura y la salinidad de la columna de agua de un lugar determinado con la profundidad. Como resultado, se obtiene una curva a partir de la cual se puede identificar cada una de las masas de agua que componen la columna de agua de aquel punto. Estos diagramas actúan como si fueran las huellas digitales de los mares y los océanos, y nos permiten identificar y localizar las masas de agua que los conforman a partir de los datos obtenidos de temperatura y salinidad.

Con los datos que se obtienen a partir del CTD se realizan perfiles verticales de los diferentes parámetros (en los que se relaciona cada parámetro con la profundidad) y a menudo resultan de gran ayuda para poder interpretar otros tipos de datos (biológicos, geológicos...). Por ejemplo, el hecho de tener perfiles verticales de la distribución de los nutrientes principales de una zona nos puede ayudar a explicar la presencia o ausencia de unos organismos u otros, observados a partir del análisis de muestras de agua obtenidas a diferentes profundidades de una misma zona. Dos de los factores principales que explican la presencia o ausencia de ciertos organismos son los nutrientes y la luz que recibe aquella agua.

También se elaboran a menudo perfiles verticales de clorofilas, concretamente de clorofila *a*, y se identifican los denominados *deep chlorophyll maximum* (DCM), es decir, una profundidad a la cual se da un pico en la concentración de clorofila, para intentar establecer puntos de máxima probabilidad de localización en la columna de agua de los organismos fotosintéticos.

Las variaciones de temperatura, salinidad y densidad del agua del mar

En general, sabemos que hay variaciones de temperatura y salinidad de las masas de agua superficiales según la zona del planeta donde se encuentren, porque estas están sometidas a diferentes condiciones ambientales. Un buen ejemplo de esta variabilidad la encontramos en las aguas marinas circundantes de la India. Muchos de los ríos más caudalosos del país desembocan al este del país, en el golfo de Bengala, lo que provoca que la masa de agua superficial que encontremos en aquella zona sea particularmente dulce. Por contra, en la parte oeste de la península de la India, encontramos una masa de agua superficial muy salada, a causa de su conexión con el golfo Pérsico y el mar Rojo, ambas localizaciones con un agua extremadamente salada. Así, en la vertiente tenemos esta agua superficial con salinidades de entre el 28 ‰ y el 35 ‰ (equivalente aproximadamente a 28 y 35 gramos de sal por litro de agua de mar, respectivamente); y en la vertiente oeste, agua superficial con salinidades de entre el 35,5 ‰ y el 36,8 ‰ (equivalente aproximadamente a 35,5 y 36,8 gramos de sal por litro de agua de mar, respectivamente), dependiendo del valor exacto de la época del año. Aunque, a primera vista, por las cifras puede parecer una diferencia poco importante, de hecho, representan, por lo que respecta a grandes masas marinas superficiales de los océanos (sin tener en cuenta mares interiores), las masas de agua donde se encuentra el agua más salada y menos salada del mundo, lo que constata el

gran efecto que tienen otros factores en las características de las masas de agua.

Si miramos el agua desde la superficie y hacia más profundidad, vemos que en sentido vertical también pueden haber diferencias en la temperatura y la salinidad. Cuando el Sol calienta el agua superficial, se va creando una capa de agua más caliente que, si se calienta suficientemente rápido, hace que haya unas diferencias de temperatura considerables respecto a las aguas más profundas. Esto provoca que se cree una zona de máximo gradiente de temperatura que separa la masa de agua más caliente de la más fría y que se denomina **termoclina**. Bajo la termoclina, la temperatura sigue disminuyendo pero de manera más gradual, hasta un valor uniforme cercano a los 3 °C en prácticamente todas las grandes cuencas oceánicas.

En oceanografía, la salinidad se puede expresar de diversas formas, por ejemplo, en forma de ‰ (equivale a una parte de solución por mil partes de disolución, que equivale a gramos de sal por litro de disolución), o, por ejemplo, utilizando como unidades las psu (del inglés *practical salinity units*, unidades prácticas de salinidad). Aunque las psu se han utilizado durante muchos años, actualmente es más habitual expresar la salinidad en g/kg (gramos de sal por kilogramo de disolución).

Dependiendo de la latitud y de la estación del año, la termoclina puede encontrarse a diferente profundidad. En altas latitudes y en los océanos polares, por ejemplo, el agua está siempre muy fría, habitualmente por debajo de los 0 °C, por lo cual la termoclina es a menudo muy superficial, o incluso inexistente; en cambio, en los trópicos, la termoclina es semipermanente, ya que la radiación del Sol mantiene la superficie marina mucho más cálida durante todo el año. En latitudes medias, la profundidad y las características de la termoclina varían según la estación del año, y es más marcada y profunda en los meses más cálidos.

Pero la temperatura no es el único parámetro que puede sufrir un gradiente brusco en la columna de agua. De manera similar podemos encontrar la **haloclina**, una zona de la columna de agua determinada por el cambio más pronunciado de salinidad. Este es el caso típico, por ejemplo, de los mares templados, entre las aguas superficiales —por ejemplo, más saladas a causa de una evaporación más marcada— y el agua profunda —habitualmente un poco menos salada.

Si tomamos de manera conjunta las variaciones de temperatura y salinidad del agua de mar, estas determinarán su densidad. Habitualmente la densidad irá aumentando con la profundidad, de tal manera que en la zona de mayor gradiente de densidad se creará la

denominada **picnoclina**. La termoclina, la haloclina y la picnoclina representan barreras

Una clina es una zona donde el gradiente en un parámetro es más acentuado.

Así, la termoclina es la zona donde el gradiente de temperatura es mayor, la haloclina es la zona donde el gradiente de salinidad es mayor y la picnoclina es la zona donde el gradiente de densidad es mayor.

para la circulación vertical del agua y de los nutrientes; también son fronteras para numerosos organismos microscópicos del plancton, que no pueden atravesarlas y que, por lo tanto, quedan confinados en las masas de agua situadas por encima o por debajo de estos gradientes bruscos: cuando el agua está en calma, una termoclina suficientemente fuerte mantiene aislado el plancton de la superficie de los nutrientes que hay en las capas inferiores. Esto suele ocurrir en las épocas de verano en mares templados como el Mediterráneo, y puede llegar a provocar problemas de falta de nutrientes para los organismos que se encuentran en la zona superior a la termoclina, e incluso cierta falta de oxígeno (a causa del consumo de oxígeno por parte de los organismos marinos). Sin embargo, la estratificación en capas de los océanos no es permanente y se puede romper cuando el viento sopla fuerte o hay una tempestad. Cuando esto sucede, las aguas se revuelven, la termoclina se rompe y las aguas superficiales y las profundas se vuelven a mezclar, lo que favorece el retorno de nutrientes y oxígeno a la superficie y, por tanto, la proliferación de plancton en las aguas que quedaban por encima de la termoclina.

El fenómeno del *cascading*

Un ejemplo muy importante del movimiento de las aguas debido a su diferencia de densidad, en este caso acelerado por la morfología del relieve y afectado por el movimiento rotacional de la Tierra, es el fenómeno del *cascading*.

El *cascading* son corrientes de agua a favor de la gravedad en zonas marinas con pendientes, dentro de un sistema de rotación (el sistema rotacional de la Tierra). Es el proceso por el cual flujos intermitentes de agua densa (cascadas) pasan de una zona de menos profundidad a una zona más profunda. Este proceso tiene lugar o bien desde aguas de la plataforma continental a través del talud hasta una cuenca situada a más profundidad; o bien, a mayor profundidad, al paso de una cuenca oceánica a otra más profunda a través de una zona estrecha del relieve. El hecho de que estos flujos de agua pasen por estas zonas con un relieve particular hace que adquieran más velocidad, y el hecho de que todo se integre en un sistema de rotación como es la Tierra hace que el agua adquiera un movimiento particular no solo de bajada sino también hacia los lados.

Por otro lado, tenemos los *corrientes de turbidez*, que son flujos rápidos de agua pendiente abajo causados por un incremento de la densidad del agua, debido principalmente al incremento de grandes cantidades de sedimento. Este nuevo aporte de sedimentos proviene de desprendimientos en el talud, terremotos y otras perturbaciones en el fondo marino. Estas corrientes de turbidez pueden cambiar el aspecto físico del fondo marino, erosionándolo y remodelándolo, y muchas veces dan lugar a los denominados *cañones submarinos*.

Los cañones submarinos son profundos valles o canales excavados en el talud continental, que van desde zonas de plataforma hasta grandes profundidades. Muchos cañones son prolongaciones marinas de grandes ríos. Los cañones submarinos actúan como canales en el transporte de partículas desde la superficie hacia los fondos marinos. Este transporte de sedimento y materia orgánica se ve acentuado y acelerado (pueden llegar hasta los 100 km/h) por la formación de «cascadas» submarinas de aguas densas que descienden a gran velocidad por la plataforma y el talud hasta grandes profundidades.

Por todo lo comentado anteriormente, los cañones submarinos son lugares donde se concentra una gran cantidad de materia orgánica. Además, las paredes de los cañones submarinos suelen tener una topografía muy irregular, poco accesible para la pesca. Por ello, los cañones submarinos constituyen el hábitat de ricas comunidades bentónicas, como, por ejemplo, los arrecifes de corales profundos, donde están protegidos de la actividad pesquera y reciben grandes aportaciones de materia orgánica (alimento).

TALLER 1

TÍTULO: Elaboración de perfiles verticales

OBJECTIUS DE L'ACTIVITAT- Aprender a trazar un perfil vertical de temperatura a partir de datos reales de temperatura.

- Saber explicar las variaciones que se observan a lo largo de un año.

MATERIAL

- Diferentes datos reales de temperatura del mar Mediterráneo (tomados a una milla a levante de las islas Medas) de las diferentes estaciones del año y a diferentes profundidades. (véase en el material adjunto: «tabladatostemperatura.pdf»).

- Hojas de papel milimetrado

- Lápiz y goma.

PROCEDIMIENTO

Los perfiles verticales son gráficos que sirven para ver cómo varía un determinado parámetro (la temperatura, la salinidad...) en función de la profundidad. Resultan de gran utilidad para identificar los diferentes tipos de clinas en un momento y lugar determinado. Elaborando diversos perfiles verticales del mismo lugar de muestreo con los datos de los diferentes meses del año se puede ver en qué momento se forman las clinas y cómo evolucionan a lo largo del año.

Con los datos de temperatura anuales tomados cerca de las islas Medas (véase en el material adjunto: «tabladatostemperatura.pdf»), se tendrán que obtener los doce perfiles verticales pertenecientes a cada uno de los meses del año, utilizando papel milimetrado, lápiz y goma. Abans de començar l'activitat, convindria respondre a les següents qüestions:

- 1) ¿Qué pretenden mostrar estas gráficas?
- 2) ¿Qué variable se colocaría en el eje de las x?
- 3) ¿Qué variable se colocaría en el eje de las y?

4) Tratándose de un perfil vertical, ¿cómo se colocarán y se marcarán los diferentes ejes?

Una vez acabados los gráficos, es necesario intentar dar una explicación coherente de las diferentes variaciones que se observan a lo largo del año, y explicar a qué se cree que son debidas y cómo podrían afectar al plancton microscópico, por ejemplo.

SOLUCIONES

1) La variación de temperatura según la profundidad.

2) La profundidad.

3) La temperatura.

4) En este perfil vertical, el objetivo principal es poder visualizar cómo varía la temperatura con la profundidad. Los perfiles verticales se organizan con el eje de las x en la parte superior del gráfico y el eje de las y en la parte izquierda. Esta disposición de los ejes es debida al hecho de que, aunque los valores del eje y se indican en términos positivos para referirse a profundidades, al considerarse como un sistema de referencia los 0 m del nivel del mar, es necesario indicar las profundidades en la zona del eje negativo, por debajo del origen de coordenadas, ya que si se representaran los datos en la zona del eje positivo, se estaría haciendo referencia a alturas en lugar de a profundidades.

En general, en las latitudes templadas (a las cuales pertenece el área de estudio donde se han obtenido los datos para realizar esta actividad), la termoclina comienza a formarse generalmente durante los meses primaverales (marzo-abril), cuando aumentan las horas de sol y sus rayos calientan progresivamente la superficie del océano. Sin embargo, como se puede ver en los resultados de la actividad, en este caso la termoclina no comienza a formarse hasta los meses de verano, a causa de los efectos de una primavera tardía ocurrida el año de toma de los datos (2003). Por debajo de la termoclina, la temperatura desciende bruscamente hasta alcanzar unos valores más o menos uniformes. A medida que avanza el verano, la termoclina se encuentra a más profundidad, respondiendo al progresivo calentamiento del agua superficial, que cada vez ocupa un mayor grosor. Se puede observar cómo la temperatura del agua superficial va aumentando, desde los 13,5 °C de marzo y abril hasta el máximo de 22,5 °C durante agosto. También se ve cómo la termoclina, en julio, se encuentra entre los 5 y los 60 m aproximadamente y va descendiendo cada vez a más profundidad hasta noviembre, donde se encuentra entre los 60 y los 80 m de profundidad.

Durante el otoño, el fuerte viento y las tempestades contribuyen a la rotura de la termoclina y a la mezcla de las capas de agua. Se puede observar también cómo la temperatura

superficial comienza a disminuir en septiembre (está a unos 21,5 °C) y sigue disminuyendo a medida que el otoño y el invierno van avanzando, hasta llegar a la mínima de 12,8 °C en febrero.

El invierno se caracteriza generalmente por una homogeneidad vertical de los valores de temperatura (aproximadamente de 12,8 °C a lo largo de todo el perfil vertical).

Los gráficos obtenidos por cada mes se muestran detalladamente en el documento adjunto (ver «perfilesverticales.pdf»). Se esperaría obtener unos resultados similares.

TALLER 2

TÍTULO: Hagamos una termoclina y una haloclina

OBJECTIVOS DE LA ACTIVIDAD

- Simular experimentalmente una haloclina y una termoclina y saber explicar el porqué de la disposición de las diferentes masas de agua.
- Preparar aguas de diferente salinidad y/o temperatura y observar y explicar qué sucede cuando estas se ponen en contacto.

PREGUNTAS PREVIAS

1. ¿Se mezclarán las aguas de diferente salinidad y/o temperatura?
2. ¿Qué se esperaría que sucediera con cada uno de los experimentos? Se puede formular una predicción en forma de hipótesis.
3. Razonar la respuesta a la pregunta anterior: ¿por qué se esperaría que sucediera la predicción planteada?

MATERIAL

- Tanque rectangular con separador.
- 4 recipientes para contener agua (mejor si son de vidrio y/o un termo para el agua caliente; el agua fría puede ir en una botella de plástico).
- 80 g de sal (o más; 80 g sería lo mínimo).
- Colorante alimentario (de diferentes colores).
- Agua muy fría.
- Agua caliente.
- Termómetros (que puedan medir hasta 100 °C y que se puedan sumergir fácilmente en el tanque).

PROCEDIMIENTO

Ambos experimentos siguen el mismo procedimiento; únicamente se diferencian en el punto 1:

1. Si se hace el experimento de la haloclina:

1. Llenar una botella con agua corriente.
2. Poner 80 g de sal (o más, como mínimo) en otra botella y añadir agua hasta llegar a 1 L. Sacudir para diluir la sal completamente.

Si se hace el experimento de la termoclina:

1. Preparar la botella con agua muy fría. Se puede utilizar agua que lleve un día entero en la nevera.
2. Preparar un recipiente adecuado con agua caliente.

Hay que ir con mucho cuidado al manipular el agua caliente, para evitar quemaduras. No debe utilizarse botellas de plástico, que se podrían deformar; en su lugar, se tiene que intentar usar un recipiente tipo termo. Si en vez de un termo, se usa un recipiente de vidrio, igualmente hay que tener mucho cuidado con el calor y manipularlo siempre con agarradores.

Nota: Para obtener los mejores resultados, es muy importante realizar el experimento justo después de preparar el material, así se mantendrá la máxima diferencia de temperatura entre las dos disoluciones.

2. Llenar uno de los compartimentos del tanque con la disolución con sal (o el agua caliente, en el caso de la actividad 2), y el otro compartimento con el agua dulce (o fría, en el caso de la actividad 2).

3. Añadir unas gotas de colorante azul a uno de los compartimentos y unas gotas de colorante rojo al otro compartimento. Se obtendrá un compartimento con agua azul y otro con agua roja.

4. Levantar muy lentamente la separación entre los compartimentos. Poco a poco se observará la estratificación de las dos masas de agua.

5. Limpiar y secar bien el tanque y repetir todos los pasos para realizar el experimento de la termoclina.

6. Una vez retirado el separador, poner un dedo en la superficie del agua del tan que y moverlo suavemente hacia el fondo del tanque para notar el cambio de temperatura. Si se dispone de termómetros, comprobar la temperatura de cada una de las masas de agua, introduciendo suavemente el termómetro y esperando a que la temperatura que marque se estabilice.

A continuación, intentar responder a las siguientes preguntas de cada experimento:

1.1. Experimento de la haloclina

- 1) ¿Se ha cumplido la hipótesis inicial al retirar el separador entre los compartimentos? ¿Qué ha pasado y por qué?
- 2) ¿Cuántas capas bien diferenciadas se han formado?
- 3) ¿Cuál es la capa más salada?
- 4) ¿Qué pasa en la interfase entre ambas capas?
- 5) ¿Cómo se denomina esta zona donde se halla el máximo gradiente de salinidad?

1.2 Experimento de la termoclina

- 6) ¿Se ha cumplido la hipótesis inicial al retirar el separador entre los compartimentos? ¿Qué ha pasado y por qué?
- 7) ¿Cuántas capas bien diferenciadas se han formado?
- 8) ¿Cuál es la capa más fría?
- 9) ¿Qué pasa en la interfase entre ambas capas?
- 10) ¿Cómo se denomina la zona de mayor gradiente de temperatura entre ambas capas?

SOLUCIONES

1) Al retirar el separador, se crean diferentes capas, de manera que el agua más salada, dado que es más densa, se dispone en la parte inferior del tanque; y el agua menos salada, dado que es menos densa, se dispone en la parte superior del tanque, por encima del agua más salada. Las capas de agua se disponen según su salinidad, y se produce una estratificación de las dos masas de agua. Se crea una zona de transición entre ambas capas, que en principio adopta el color de la mezcla de los dos colores de las capas anteriores (o una degradación del color del colorante hasta la masa de agua transparente en el caso de haber coloreado solo una) y que marca la haloclina.

2) Dos. Aunque se pudiera considerar la haloclina como una capa más, la haloclina no es una capa como tal sino una interfase entre las dos capas.

3) La de debajo.

4) Hay una cierta mezcla de las dos capas.

5) Haloclina.

6) De forma similar a lo que pasaba en el experimento de la haloclina, el agua se estratificará en capas de diferente temperatura, de manera que el agua más caliente (menos densa) se quedará en la zona superior, y la capa de agua más fría (más densa) se colocará en la parte inferior del tanque.

Las capas de agua se disponen según su temperatura, y se produce una estratificación de las dos masas de agua. Se crea una zona de transición entre ambas capas, que en principio adopta el color de la mezcla de los dos colores de las capas anteriores (o una degradación del color del colorante hasta la masa de agua transparente en el caso de haber coloreado solo una) y que marca la termoclina.

7) Dos. Aunque la termoclina pudiera considerarse una capa más, no es una capa como tal sino una interfase entre las dos capas.

8) La de debajo.

9) Hay una cierta mezcla de las dos capas.

10) Termoclina.

TAMBIÉN SE RECOMIENDA: se puede probar a poner en contacto también, por ejemplo, agua muy fría y salada con caliente y nada o poco salada. De esta manera se obtendrá una pinoquina con un efecto todavía más marcado.

También se puede variar el experimento poniendo las aguas en un recipiente vertical (así no nos hará falta un separador) y después coloreando las aguas, jugando con aguas de diferentes características y formulando hipótesis sobre qué se espera que suceda.

TALLER 3

TÍTULO: Perfiles submarinos

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

- Visualizar el patrón de movimiento de una masa de agua en función del relieve submarino.
- Entender la relación entre este transporte de agua y el transporte de nutrientes y materia orgánica desde la superficie hacia los fondos oceánicos.

PREGUNTAS PREVIAS

1. ¿Qué se esperaría que sucediera al añadir el agua fría y salada a los diferentes tanques con agua dulce? ¿Se hundirá, flotará, se mezclará con el resto...? Se puede formular una predicción en forma de hipótesis.
2. Razonar la respuesta a la pregunta anterior: ¿por qué se esperaría que sucediera la predicción planteada?

MATERIAL

- Tres cajas de plástico transparente con tres relieves diferentes del fondo marino (una sin relieve, una con una plataforma inclinada simple y una tercera con una plataforma inclinada con una sección media simulando un cañón submarino cortado en la plataforma).

NOTA: Estos relieves se pueden hacer de diversas maneras, dependiendo de los materiales que se tengan al alcance. Se debe tener en cuenta que irán cubiertos de agua, por lo cual es necesario que se realicen con algún material que no se estropee en contacto con esta, como, por ejemplo, poliestireno o porexpan. También se podría utilizar plastilina.

- Un cuentagotas.
- Un recipiente con agua fría salada.
- Colorante alimenticio.

- Agua corriente.

PROCEDIMIENTO

1. Verter el colorante alimenticio dentro del agua fría y salada del recipiente.
2. Llenar con agua corriente las tres cajas de plástico transparente con los tres relieves diferentes, de manera que los relieves queden cubiertos completamente.
3. Verter, con ayuda del cuentagotas, el agua fría y salada con el colorante poco a poco sobre el agua que cubre los diferentes relieves. Cronometrar cuánto tarda en llegar el agua coloreada al fondo de cada una de las cajas. Realizar esta operación con cada uno de los diferentes perfiles del fondo marino.

A continuación, intentar responder a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Se ha cumplido la hipótesis inicial?
- 2) ¿Qué importancia podría tener la velocidad de caída de agua densa para las comunidades animales de los fondos marinos?

PREGUNTA FINAL DE LA PRÁCTICA: teniendo en cuenta las tres actividades («Elaboración de perfiles verticales», «Hagamos una termoclina y una haloclina» y «Perfiles submarinos»), ¿qué propiedad característica acaba determinando la disposición de las diferentes masas de agua?

SOLUCIONES

1) En los tres casos, el agua fría y salada, dado que es más densa que el agua dulce, se hundirá. Su movimiento vertical verá desviado su recorrido en función de la topografía del fondo. Es importante ver cómo se acelera la caída a causa de la presencia del cañón submarino.

2) Las comunidades animales que viven en la plataforma continental se ven favorecidas por la llegada de aguas ricas en nutrientes y materia orgánica de la superficie. En general, si baja a alta velocidad el agua, como sucede en el caso de los cañones submarinos, será más beneficioso para las comunidades, ya que la materia orgánica y los nutrientes llegan en buenas condiciones y sin modificarse.

RESPUESTA FINAL DE LA PRÁCTICA: la densidad, la cual se ve condicionada sobre todo por la temperatura y la salinidad.