

SEDIMENTACIÓN Y PROCESOS EN EL TALUD:

(Recomendada para ESO y BACHILLERATO)

Sugerencias: consultar las unidades temáticas «Plancton», «Fondos blandos» y «Plataforma continental» antes de hacer la actividad.

POSIBLES CONCEPTOS A TRABAJAR: sedimentación (procesos geológicos externos); ambientes sedimentarios marinos; estrategias ecológicas; ecología trófica; zonación marina; estructuras características del relieve submarino.

OBJETIVOS:

- Entender el concepto de sedimentación y los factores que la afectan.
- Entender algunos de los procesos que tienen lugar en el talud, y asimilar la importancia de estos en el desarrollo de la vida marina.

INTRODUCCIÓN GENERAL:

EL PROCESO DE SEDIMENTACIÓN

Los líquidos, y por tanto también el agua de mar, pueden contener partículas sólidas en suspensión, que pueden ser transportadas mediante corrientes. Si alguna de las características de la corriente, como, por ejemplo, el caudal o su velocidad, cambia y se ralentiza, puede inducir a que el material transportado se deposite en el fondo por la acción de la gravedad, en un proceso que se denomina *sedimentación*.

La sedimentación es el proceso mediante el cual un material sólido suspendido en un fluido se deposita en el fondo por la acción de la gravedad.

La sedimentación de sólidos en líquidos viene regida por la ley de Stokes, que indica que las partículas sedimentan más fácilmente cuanto mayor es su diámetro, cuanto mayor es su peso específico comparado con el del líquido y cuanto menor es la viscosidad del líquido. La ley de Stokes responde a la fórmula:

$$F = 6 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

Donde F es la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento de la partícula; η , la viscosidad del líquido donde se mueve la partícula; r , el radio de la partícula (considerándola esférica); y v la velocidad de la partícula.

La sedimentación o suspensión de las partículas en el fondo del océano dependerá, a su vez, del principio de Arquímedes, que establece que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido recibe una fuerza de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja. Esta fuerza se llama empuje. Así pues, cuanto más agua es desalojada por el objeto, mayor será el empuje que este experimentará hacia arriba.

Por otro lado, los sedimentos se clasifican, de grano más fino a más grueso, en: arcilla, limo, arena y grava. Los sedimentos más finos tienden a sedimentar más lentamente que los más gruesos. Así, las gravas sedimentan mucho más rápidamente que los limos y las arcillas.

Las partículas de sedimento se agregan unas a otras, de modo que muchas veces ganan anchura en diámetro, lo que permite que sedimenten más fácilmente. Este proceso de agregación se denomina *floculación*.

La floculación es el proceso mediante el cual las partículas suspendidas en un líquido se juntan unas con otras y forman agregados, lo que provoca que sedimenten de forma más rápida.

El proceso de sedimentación puede ser beneficioso, como, por ejemplo, en el caso del tratamiento y depuración de las aguas (para separar partículas residuales), o perjudicial, como en el caso de los embalses (donde comporta la reducción de su volumen útil).

En los ambientes marinos, las partículas de sedimento juegan un papel clave en el ecosistema. Estas pueden tener un origen continental, o bien un origen oceánico, y además pueden ser de naturaleza orgánica o inorgánica. Durante su transporte, algunos de los compuestos que sedimentan pueden sufrir diversos procesos de transformación que modificarían su estructura y composición original para, finalmente, generar depósitos característicos en el fondo del océano.

EL FITOPLANCTON MARINO

En las capas de agua superficial, el fitoplancton tiene un papel clave en el océano. El fitoplancton está formado básicamente por organismos fotosintéticos: organismos autótrofos unicelulares aislados o que forman cadenas o agregados. Son los organismos responsables de la mayor parte de la producción primaria oceánica y tienen, por tanto, una importancia capital en las redes tróficas marinas.

Los grupos dominantes del fitoplancton son las diatomeas, los dinoflagelados, los coccolitoforales, los silicoflagelados y las cianofíceas. Mediante la fotosíntesis, el fitoplancton capta del agua una gran cantidad de dióxido de carbono disuelto, que en gran parte procede del dióxido de carbono de la atmósfera, y libera al mar gran parte del oxígeno que los organismos marinos necesitan para vivir. Se calcula, también, que aproximadamente más de un 50 % del oxígeno que hay en la atmósfera proviene de la actividad del fitoplancton.

El fitoplancton está formado por organismos fotosintéticos: organismos autótrofos unicelulares aislados o que forman cadenas o agregados. Son los organismos responsables de la mayor parte de la producción primaria oceánica y tienen, por tanto, una importancia capital en las redes tróficas marinas.

Como los organismos del fitoplancton son fotoautótrofos y, por lo tanto, necesitan la luz del Sol para su metabolismo, siempre tienen que estar en la zona iluminada del mar, es decir, en las capas de agua más superficiales. Para conseguir mantenerse en la zona superficial, los diferentes organismos del fitoplancton presentan diferentes estrategias. A parte de ser muy pequeños, algunas de sus formas son aplanadas o con espinas que les permiten ganar en superficie y evitar una rápida sedimentación. Muchos organismos disponen también de estructuras, como cilios o flagelos, que les permiten tener una cierta movilidad. Algunos disponen de reservas de grasas en su interior para facilitar su flotabilidad.

LA VIDA EN LAS PROFUNDIDADES OCEÁNICAS

Una parte importante de los sedimentos acumulados en el fondo oceánico provienen de las capas superficiales del agua. La distribución de los sedimentos en el fondo marino es, por tanto, un reflejo de las características ambientales de la capa de agua superficial. Los sedimentos con un mayor porcentaje de sílice (SiO_2) están constituidos por diatomeas y radiolarios, mientras que los sedimentos con un mayor porcentaje de carbonato cálcico (CaCO_3) están constituidos básicamente por foraminíferos. Esto es debido a que las cubiertas de sílice de las diatomeas y los esqueletos de los radiolarios tienen un alto contenido en sílice, y las cubiertas de los foraminíferos, en carbonato cálcico.

Hasta hace unos 130 años, se creía que no había vida en las profundidades oceánicas, que el mundo abisal era demasiado oscuro y frío para poder sustentar vida. Durante la famosa expedición del HMS Challenger (1872-1876) se descubrió que sí que había vida bajo las capas iluminadas del océano, a más de 5500 metros de profundidad, y surgieron diversas incógnitas: ¿cómo se alimentan los animales que viven en la zona afótica? ¿Esperan a que algún cadáver sedimente desde la superficie? Estas cuestiones pudieron ser esclarecidas hace relativamente poco (durante la primera mitad del siglo XX) con el descubrimiento de la existencia de la nieve marina. Este término fue acuñado por primera vez por William

Beebe cuando la observó desde su batisfera.

Se denomina nieve marina a la lluvia de partículas agregadas que caen desde las capas superficiales del océano, a través de la columna de agua, hacia el fondo de los océanos.

La nieve marina está compuesta mayoritariamente de materia orgánica, que incluye organismos microscópicos, restos de organismos muertos (zooplancton, algas, bacterias, etc.), residuos fecales, partículas de arena fina (arrastrada desde la costa por corrientes y olas, o depositada en la superficie del mar por los vientos), y otras partículas inorgánicas. Todas estas partículas van agregándose y sedimentando a lo largo de la columna de agua y sirven de alimento a los organismos que viven en las capas más profundas del océano. La nieve marina es, pues, una fuente importante de transporte de materia (y energía) desde la zona fótica (con luz) hacia la zona afótica (sin luz).

ESTRUCTURAS Y PROCESOS DEL TALUD

El final de la plataforma continental está marcado por una pendiente brusca que desciende hasta las llanuras abisales. Esta pendiente es el talud continental, que conduce mar adentro y puede llegar hasta más de 4000 metros de profundidad. Los sedimentos que cubren el talud son los sedimentos más finos (como limos y fangos) procedentes de tierra firme, acumulados durante millones de años. A veces, pueden producirse grandes desprendimientos de los sedimentos depositados en el extremo de la plataforma continental, que descienden por la pendiente del talud; estos materiales, al bajar una cierta distancia, se depositan y forman asentamientos (slumps en inglés). En otros casos, se trata de materiales que viajan canalizados a través de cañones y que, al llegar al fondo del talud, forman abanicos submarinos. Estos fenómenos de desprendimiento de materiales sedimentados pueden dejar al descubierto las rocas del fondo marino, alrededor de las cuales se acumulan a menudo multitud de organismos.

El agua que cae por los cañones cargada de sedimento forma los denominados corrientes de turbidez, que probablemente contribuyen a erosionar aún más el cañón submarino. Los sedimentos arrastrados y depositados por las corrientes de turbidez se llaman turbidites; de estas turbidites, las partículas más gruesas se asentarán primero, seguidas por la arena más fina y, finalmente, por la arcilla.

Las corrientes de turbidez pueden llegar a formar unas estructuras geológicas conocidas con el nombre de flysch, que son estructuras de origen sedimentario compuestas por una alternancia de capas de rocas duras intercaladas con otras más blandas. Esta disposición favorece, a la vez, la erosión diferencial de las dos capas de sedimentos. Estas formaciones resultan en unos paisajes muy característicos, como, por ejemplo, los flysch que se

encuentran entre las localidades de Deva y Zumaya, en Guipúzcoa, donde están los estratos diferenciales de miles de años de evolución. Los flysch constituyen un testimonio de la historia de la Tierra durante el tiempo, de incluso millones de años, como es el caso de uno de los mejores flysch conservados actualmente, el de Guipúzcoa, que acabamos de mencionar, que aporta un registro de 50 millones de años (desde el cretácico superior hasta el terciario). El grosor de cada capa informa de la duración de cada periodo; las capas duras corresponden a periodos de tiempo fríos; y las capas blandas a periodos de tiempo cálidos.



Imagen de flysch donde se diferencian diferentes estratos
(Foto cedida per Rebeca Zapata [ICM-CSIC])

TALLER 1

TÍTULO: ¿A qué velocidad sedimenta?

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

- Ser capaz de identificar los factores que determinan la velocidad de sedimentación de una partícula o de un cúmulo de partículas.
- Calcular la velocidad de sedimentación de diferentes partículas según su tamaño y forma; relacionarlo con los organismos que viven en las capas de agua superficiales y las estrategias que utilizan para no sedimentar hacia las profundidades del océano.

MATERIAL

- 1 probeta de 1 L o 1,5 L (cuanto más alta mejor). En caso de no disponer de probeta, también se puede utilizar un recipiente transparente cilíndrico alto, como, por ejemplo, un vaso de tubo.
- Agua corriente.
- Hoja de muestreo «Velocidad de sedimentación» (véase en el material adjunto: «velocidad_sedimentacion.pdf»).
- Pasta Fimo (o similar).
- 1 cronómetro (en su defecto, se puede utilizar el móvil).
- 1 cinta métrica.
- Fotografías de organismos del plancton (véase en el material adjunto: «planc
- Balanza digital de cocina o laboratorio (que mida en gramos)
- Hojas de papel.
- Lápiz y goma.

PROCEDIMIENTO

Se quiere medir cuál es la velocidad de sedimentación de diferentes partículas en función de su tamaño y forma.

Cada grupo debe calcular la velocidad de sedimentación ($V_s = D/T$, donde V_s es la velocidad de sedimentación (m/s), D es la distancia (m) y T es el tiempo (s)) de diferentes

formas hechas con pasta Fimo (o similar), que recrean diferentes organismos del plancton. La velocidad medida se tiene que apuntar en la hoja de muestreo. Se tiene que observar y razonar por qué hay partículas que sedimentan más rápido que otras.

- 1) Pesar diversos trozos de pasta Fimo, de modo que se obtengan diversos trozos del mismo peso.
- 2) Modelar, con estos trozos, diferentes figuras con diferentes formas, emulando diferentes organismos que se pueden encontrar en el plancton marino (utilizar como referencia las fotografías de organismos del plancton; véase en el material adjunto: «plancton.pdf»).
- 3) Llenar prácticamente del todo una probeta o un vaso de tubo con agua corriente.
- 4) Dejar caer una de las figuras dentro de la probeta o el vaso de tubo y cronometrar el tiempo que tarda en llegar al fondo. Apuntar el tiempo en la hoja de muestreo (véase en el material adjunto: «velocidad_sedimentacion.pdf»).
- 5) Medir con una cinta métrica la altura de la columna de agua que ha recorrido la figura. Apuntar la distancia en la hoja de muestreo (véase en el material adjunto: «velocidad_sedimentacion.pdf»).
- 6) Calcular la velocidad de sedimentación de la figura utilizando la fórmula $V_s = D/T$, donde V_s es la velocidad de sedimentación (m/s), D es la distancia (m) y T es el tiempo (s). Apuntar la velocidad en la hoja de muestreo (véase en el material adjunto: «velocidad_sedimentacion.pdf»).
- 7) Realizar el mismo procedimiento para cada una de las figuras.

Una vez finalizado el experimento, se tiene que probar a responder las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué famoso principio explica el comportamiento de los objetos en los líquidos?
¿Cómo funciona, en líneas generales?
- 2) A partir de estas fotografías, razonar qué estrategias generales deben tener los organismos fitoplanctónicos que tienen que mantenerse en la superficie (para poder realizar la fotosíntesis) para no sedimentar hacia el fondo.

SOLUCIONES

1) El principio de Arquímedes: todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical ascendente que es igual al peso del fluido desalojado. De forma general, un objeto que pese más que la fuerza de empuje que ejerce el fluido por debajo, se hundirá.

Las partículas más grandes normalmente sedimentarán más rápidamente. Las figuras del mismo peso pero con distinta forma sedimentarán diferencialmente (normalmente, las partículas con mayor superficie sedimentarán más lentamente debido a una mayor resistencia por efecto de la fuerza de rozamiento).

Las formas más redondeadas y/o compactas se hunden más deprisa ya que el empuje que experimentan no es suficiente para hacerlas flotar.

Por el contrario, formas de igual peso pero con mayor superficie, a igual densidad, experimentan una fuerza de empuje que es suficiente para mantenerlas flotando.

2) Los organismos fitoplanctónicos utilizan diversas estrategias para mantenerse en superficie a fin de poder realizar la fotosíntesis y evitar sedimentar hacia el fondo. Algunas de las características que observamos son:

- Tener un tamaño pequeño (flotan más, sedimentan más lentamente, y son reconducidos hacia arriba cuando hay turbulencia).
- Funcionan como almacén de sustancias (burbujas, grasa o gotas de aceite) para mantener la flotabilidad.
- Tienen formas que aumentan su superficie.
- Tienen el cuerpo recubierto de espinas (o estructuras largas) que aumentan su superficie.
- Forman cadenas largas (o filamentos) que les dan mayor fricción con el agua.
- Tienen flagelos, cilios u otras microvellosidades que pueden batir, lo que les permite mantenerse a esa profundidad.

TALLER 2

TÍTULO: Las estructuras y los procesos en el talud

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

- Comprobar experimentalmente como el transporte activo de sedimentos desde la plataforma al talud condiciona la vida que se desarrolla en él.
- Identificar los procesos que ocurren en el talud.

MATERIAL

- Dos cajas transparentes con dos tipos de plataforma continental y de talud: una de pendiente suave y otra muy heterogénea.

Las maquetas de la plataforma y el talud se pueden hacer, por ejemplo, con barro, y después dejar que este barro se seque para que se quede duro. También se puede utilizar otro material, pero debe tenerse presente que la arena debe poder deslizarse por él, como, por ejemplo, con la escayola. Para recrear la maqueta del talud de pendiente heterogénea, se trabajará el barro o escayola o el material utilizado, con el objetivo de simular las rugosidades en la superficie del talud.

- Un cubo con arena fina seca (se puede utilizar arena de alguna playa de arena fina o, si no se dispone de esta, se puede utilizar un paquete de sal, por ejemplo; lo importante es que el material sea similar a la arena).
- Esquema del talud (véase en el material adjunto: «talud.pdf»).
- Lápiz y goma.

PROCEDIMIENTO

1. Dejar caer la arena en cada una de las maquetas y observar cómo se desplaza y se deposita en cada una de las maquetas.
2. Identificar en el esquema del talud (véase en el material adjunto: «talud.pdf») las siguientes estructuras y los siguientes procesos que tienen lugar en el talud: cañón submarino, abanico submarino, alud de barro, slump, talud, llanura abisal, plataforma proximal, plataforma distal y delta. Marcar también las siguientes profundidades clave: 0 m, 200 m y 3000 m.

Una vez realizado el experimento, se tiene que probar a responder a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Por qué se observan estas diferencias de comportamiento en la arena depositada en cada uno de los dos relieves?
- 2) ¿Por qué creéis que es importante que queden sustratos de roca descubiertos, desprovistos de sedimento?
- 3) ¿Por qué creéis que se han decidido señalar las profundidades de 0 m, 200 m y 3000 m?

SOLUCIONES

Para comprobar las soluciones del esquema del , consultar el esquema del talud «Solución» (véase en el material adjunto: «taludsolucion.pdf»).

1) En la maqueta de la pendiente suave, los sedimentos se depositan a lo largo de la pendiente y se mantienen. El sedimento friega el fondo y, aunque hay corriente, el sustrato duro es poco accesible para los organismos sésiles, lo que hace que no se puedan asentar y que los fondos sean más pobres. En la maqueta con el fondo marino heterogéneo, en cambio, los sedimentos (la arena) circulan y dejan espacios descubiertos en el fondo. Estos son sustratos de roca que afloran, sobre los cuales nunca se acumula sedimento y donde sí se podrán asentar los organismos sésiles.

2) Las larvas de los invertebrados bentónicos sésiles, como, por ejemplo, los corales, acostumbran a necesitar un sustrato duro como es la roca descubierta, desprovista de sedimento, para poderse asentar, es decir, para poder crecer y dar lugar a un individuo adulto. Así, es en estos lugares donde crece y prolifera la vida, especialmente de organismos que forman los denominados bosques de animales. Asociadas a estas comunidades, se concentran muchas otras especies, como peces o crustáceos, ya sea en forma de larvas y juveniles (nurseries o hábitats de cría) o de adultos, que encuentran alimento y refugio en estos lugares.

3) Porque corresponden, respectivamente, a la línea de costa, donde empieza la plataforma continental (0 m de profundidad), al final de la plataforma e inicio del talud (generalmente a unos 200 m de profundidad) y a la llanura abisal (suele empezar entre los 1000-2000 m y suele extenderse hasta los 6000-7000 m, aproximadamente). Hay que tener en cuenta que estas profundidades son aproximadas y generales, pero que no se cumplen en todos los fondos marinos del mundo. Por ejemplo, en algunas zonas de la Antártida, la plataforma se extiende hasta profundidades de 800 m.