



OCEANOGRÀFIC
VALÈNCIA

SERIE NARANJA

UNIDAD TEMÁTICA

1

*Funciones vitales de
los organismos marinos*

Vivir bajo el mar

GENERALITAT
VALENCIANA

Educación +
Investigación



DOSSIER PARA EL PROFESORADO



L'Oceanogràfic nace bajo un espíritu conciliador con la naturaleza y muy en particular con los mares y océanos del Planeta Tierra.

Desde su inicio, hemos tenido presente y de forma clara, los objetivos a transmitir a su público visitante unidos en una tríada, como si de una alianza se tratara: la educación, la conservación y la investigación. Este triple objetivo, denominador común en centros de similares características, es la esencia y auténtico motor de impulsión de nuestras actividades, traducidas finalmente en el fomento de actitudes positivas, de conocimiento y de respeto por los organismos marinos y sus hábitats específicos.

Que las tres cuartas partes de la Tierra lo conforman mares y océanos, ya arroja un dato interesantísimo en el cómputo total de la biodiversidad mundial. Además, y dada la dificultad que todavía hoy representa la accesibilidad y estudio en sus dominios, nos circunscribe a un ámbito fascinante y misterioso en donde nuestra capacidad limitada de estudio, resulta un gran reto de futuro para toda la humanidad.

Desde el Departamento de Educación de L'Oceanogràfic trabajamos en esa línea: acercar y desvelar al público los secretos y enigmas que esconden los mares y océanos así como el de sus habitantes hasta la fecha poco conocidos. Y además hacerlo bajo un patrón claramente didáctico y pedagógico, adaptándonos a ciclos y edades escolares, al gusto de todos.

En este sentido, profesorado y alumnado encontrarán en L'Oceanogràfic el entorno ideal para llevar a cabo gran parte de aquellas actividades que difícilmente en los centros escolares son reproducibles con la fidelidad que desde nuestras instalaciones del edificio educativo (E+I) proponemos de acorde a nuestro proyecto educativo, que a lo largo de los años irá incrementándose en una mayor oferta de contenidos y publicaciones.

Las unidades temáticas, como la presente, forman parte de una colección genérica (series) que hemos desarrollado atendiendo a unos grandes ejes conceptuales de comunicación:

Serie Azul: Biodiversidad del mundo marino. (Vol.1) "La mar de vida"

Serie Naranja: Funciones vitales de los organismos marinos. (Vol. 1) "Vivir bajo el mar"

Serie Verde: Ecosistemas Marinos. (Vol. 1) "Rincones del planeta azul"

Su existencia queda perfectamente justificada con nuestras pretensiones educativas: hacer que el profesorado disponga de un recurso de gran utilidad con la posibilidad, no sólo de encontrar en ellas el resumen adecuado al tema en cuestión, sino complementarlo con los recursos audiovisuales extras y actividades educativas a realizar con toda libertad en sus aulas con anterioridad a la visita y disponibles en Internet.

Esperamos que disfrute con la lectura así como de las actividades y recursos que encontrará en soporte digital en nuestra web (www.cac.es), siendo nuestro deseo generar nuevos conocimientos sobre el mundo marino que reviertan en un mayor respeto e interés por los recursos naturales que albergan todos los mares y océanos de nuestro Planeta Tierra.



Edificio E+I

Educación + Investigación

Vivir bajo el Mar

EL DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN DE L'OCEANOGRÀFIC LE TRANSMITE UN CORDIAL SALUDO Y PONE A SU DISPOSICIÓN LA PRESENTE UNIDAD TEMÁTICA.

SE TRATA DEL MATERIAL DIDÁCTICO COMPLEMENTARIO DE LAS AULAS-TALLER, QUE SE DESARROLLAN EN EL EDIFICIO DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN (E+I) DE NUESTRAS INSTALACIONES Y DESTINADO BÁSICAMENTE AL PROFESORADO QUE HAYA FORMALIZADO SU RESERVA DE AULA TALLER Y/O SE HAYA DADO DE ALTA EN INTERNET, CONSULTANDO EL ICONO RESERVADO PARA CENTROS ESCOLARES EN NUESTRA PÁGINA WEB:

www.cac.es/didactica

LAS AULAS-TALLER, ENMARCADAS DENTRO DE LA AMPLIA OFERTA EDUCATIVA QUE LA CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS OFRECE, SE CONCIBEN COMO UNA ACTIVIDAD PRÁCTICA Y DE MANIPULACIÓN QUE, PRECEDIDA DE UNA VISITA ESPECÍFICA A DETERMINADAS INSTALACIONES, PERMITIRÁN QUE EL ALUMNADO DESCUBRA Y CONOZCA, ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD, LOS ECOSISTEMAS Y LAS FUNCIONES VITALES DE LOS ORGANISMOS MARINOS.

ADEMÁS, EN TODOS LOS TALLERES QUE CONFORMAN LA PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA, SE FACILITA LA TRANSMISIÓN DE MENSAJES RESPETUOSOS POR NUESTRO PLANETA EN GENERAL Y POR LOS OCÉANOS Y SUS HABITANTES EN PARTICULAR.

POR ESTE MOTIVO, SE HA ELABORADO EL PRESENTE MATERIAL COMPUESTO POR:



- **UN DOSSIER TEÓRICO**, QUE TIENE POR OBJETIVO PROFUNDIZAR EN LOS CONCEPTOS MÁS RELEVANTES DE LAS DIFERENTES FUNCIONES VITALES DE LOS ORGANISMOS MARINOS DEL PLANETA.
- **IMÁGENES E ILUSTRACIONES** QUE ACOMPAÑAN EL DOSSIER. ENCONTRARÁ EL SÍMBOLO , COMO INDICACIÓN DE QUE LAS IMÁGENES SE ENCUENTRAN A SU DISPOSICIÓN EN SOPORTE DIGITAL EN LA PÁGINA WEB REFERIDA ANTERIORMENTE. SU ADECUADA RESOLUCIÓN, LE PERMITIRÁ IMPRIMIRLAS Y/O PROYECTARLAS, POR LO QUE PODRÁ UTILIZARLAS COMO RECURSO ADICIONAL EN SU AULA.
- **ACTIVIDADES PRÁCTICAS** QUE ENCONTRARÁ TAMBIÉN EN SOPORTE DIGITAL (FORMATO PDF), Y LE SERVIRÁN PARA AFIANZAR CONCEPTOS SOBRE BIOLOGÍA MARINA CON SU ALUMNADO EN EL CENTRO ESCOLAR, ANTES Y DESPUÉS DE LA REALIZACIÓN DEL TALLER EN LAS AULAS DE L'OCEANOGRÀFIC.

ESPERAMOS QUE EL MATERIAL DIDÁCTICO LE RESULTE DE UTILIDAD EN SU PRÁCTICA PROFESIONAL Y EN EL APRENDIZAJE DE SU ALUMNADO, GENERANDO LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA LA ADQUISICIÓN DE VALORES MEDIOAMBIENTALES.

ATENTAMENTE,

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN DE L'OCEANOGRÀFIC.

Funciones Vitales de los Organismos Marinos

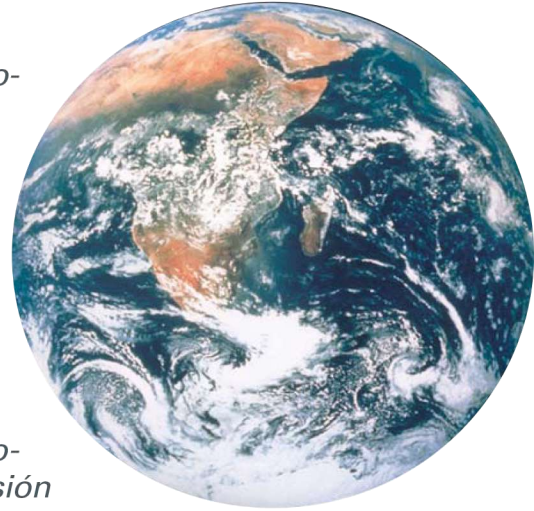
Presentación

Esta monografía tiene como objetivo fundamental, mostrar una panorámica general sobre cómo transcurre la vida de los organismos marinos. Para ello, el alumnado reconocerá las funciones vitales de los diferentes organismos, que posibilitan su desarrollo en el medio marino, es decir; cómo respiran, se alimentan, se reproducen y se relacionan e incluso las características específicas que permiten su adaptación al medio marino.

Es también interesante, ver qué tipo de relación existe y hasta qué punto los organismos marinos tienen que modificar sus funciones vitales y adaptarlas, debido a la contaminación y deterioro medio-ambiental, provocado tanto directa cómo indirectamente por la presión antropogénica.

Los contenidos a trabajar en este taller variarán en función del nivel educativo del grupo, pero todos los grupos, sea cual sea su nivel, ampliarán sus conocimientos sobre alguna de las funciones vitales de los diferentes animales que habitan en L'Oceanogràfic, posibilitando de esta manera valorar cómo transcurre la vida para algunos animales, así como analizar la importancia de la conservación de sus hábitats.

Las funciones vitales de los seres vivos constituyen un núcleo fundamental de conocimientos que se trata en todos los niveles educativos, variando, claro está, según la edad del alumno. Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria y Educación Secundaria Post Obligatoria. A cada nivel se le asigna unos contenidos.



OBJETIVOS

- **Relacionar las principales características de los animales con su adaptación al medio en el que viven.**
- **Reconocer las funciones vitales de los seres vivos y para qué les sirven cada una de ellas.**
- **Comprender los caracteres adaptativos de los mamíferos marinos.**
- **Comprender la importancia del proceso reproductivo en los seres vivos.**
- **Conocer cómo viven los organismos en el medio marino.**
- **Conocer las funciones vitales de los peces.**
- **Conocer las funciones vitales de los mamíferos marinos.**
- **Descubrir las diferentes estrategias adaptativas de los organismos en el medio marino.**
- **Reconocer las acciones humanas directas e indirectas que alteran y/o perturban la vida de los seres vivos del medio marino.**

CAPÍTULO	
 1	
Descripción	
1.1. LA NUTRICIÓN	6
1.2. LA RELACIÓN	15
1.3. LA REPRODUCCIÓN	22
1.4. LAS ADAPTACIONES	27

CAPÍTULO	
 2	
Conservación	
2.1. TORTUGAS MARINAS	34
2.2. CETÁCEOS	35
2.3. ARRECIFES DE CORAL	37

CAPÍTULO	
 3	
Bibliografía	39

	SD SOPORTE DIGITAL
Cuadernos de actividades	



CAPÍTULO

1

Descripción

1.1

LA NUTRICIÓN

1.2

LA RELACIÓN

1.3

LA REPRODUCCIÓN

1.4

LAS ADAPTACIONES

1

DESCRIPCIÓN

Las funciones vitales de los organismos marinos las podemos agrupar en cuatro:

- Nutrición.
- Relación.
- Reproducción.
- Adaptaciones.

La Nutrición:

Los organismos se mantienen vivos gracias al permanente intercambio de materia y energía con el entorno. Se denomina funciones de nutrición al conjunto de procesos mediante los cuales se realiza este intercambio y se utilizan los materiales y la energía incorporados para construir la propia estructura y mantener la actividad vital.

Considerada globalmente, la nutrición incluye las funciones de: captura y selección del alimento, digestión, absorción e intercambio de gases, distribución, utilización y excreción.

La Relación:

Las funciones de relación, consisten en la actuación del conjunto de sistemas mediante los que los organismos detectan los cambios (estímulos), en el medio que los rodea (medio externo) o del interior del propio organismo (medio interno) y responden a ellos.

Son los mecanismos mediante los que los seres vivos reciben información y responden a ella de la manera más adecuada para asegurar su supervivencia.

En toda función de relación, distinguimos un estímulo, un receptor que reconoce el estímulo y transmite la información a un efector, que es quien selecciona y ejecuta la respuesta adecuada.

La Reproducción:

La perpetuación de la vida está asegurada gracias al fenómeno de la reproducción, que se sustenta en la capacidad que tienen los organismos de producir réplicas de sí mismos.

La reproducción, por lo tanto, es el fenómeno mediante el cual los seres vivos producen, a expensas de su propio organismo, células o grupos de células, que, al separarse de éste, se convierten, directa o indirectamente en nuevos individuos.

La Adaptación:

Definimos adaptación como estructura anatómica, proceso fisiológico o rasgo del comportamiento que mejora la capacidad de un organismo para sobrevivir y se transmite a la descendencia. Para sobrevivir en el medio acuático, los seres vivos tienen una serie de características morfológicas, fisiológicas y etológicas que les permiten realizar convenientemente sus funciones vitales.

1.1 LA NUTRICIÓN

Una de las características de los seres vivos es la capacidad de extraer o intercambiar materia y energía con el entorno. Los materiales procedentes del medio externo se utilizan para formar la propia estructura y como fuente de energía para el mantenimiento (metabolismo¹) del individuo.

Para que exista un adecuado funcionamiento orgánico en un ser vivo, es necesaria la actividad conjunta de todos sus órganos, sistemas y aparatos. Esto es posible gracias a los procesos metabólicos que se realizan en las células. A su vez, para que se produzcan estos procesos es necesario que las células reciban un flujo continuo de nutrientes, y que eliminen los productos de desecho resultantes de las transformaciones de dichas sustancias.

1.1.1

Tipos de nutrición. Autótrofa y Heterótrofa

Dependiendo de la procedencia de los materiales, es decir, según cuáles sean las necesidades o requerimientos de los organismos, que dependerá de las necesidades del conjunto global de sus células, los tipos o modelos de nutrición serán: autótrofa o heterótrofa.

Autótrofa

Este tipo de nutrición es típica de organismos con capacidad de sintetizar la materia orgánica necesaria para su constitución y mantenimiento, por lo que sólo necesitarán tomar del exterior compuestos inorgánicos. Estos organismos emplean el dióxido de carbono (CO₂) como fuente inorgánica de Carbono (C). Son autótrofos algunas bacterias, las algas unicelulares y pluricelulares y las plantas superiores.

A su vez los organismos autótrofos según la fuente de energía que utilicen se pueden clasificar en:

- **Fotótrofos:** Utilizan la luz como fuente de energía para producir materia orgánica (Fotosíntesis).
- **Quimiótrofos:** Obtienen la energía que se desprende de reacciones químicas de oxidación-reducción (Quimiosíntesis).

Aunque la gran mayoría de los organismos que podemos encontrar en L'Oceanogràfic son heterótrofos, también existen ejemplos de organismos autótrofos fotosintéticos:

¹ Procesos físicos y químicos que están relacionados con las funciones corporales. Procesos de generación y uso de energía, tal como la nutrición, digestión, absorción, eliminación, respiración, circulación y regulación de la temperatura.

- **Plantas superiores:**

Todas las plantas de las zonas ajardinadas y cómo no, nuestra *Posidonia oceanica*, una fanerógama marina mediterránea situada en el acuario circular de la torre Mediterráneo.

- **Algas unicelulares:**

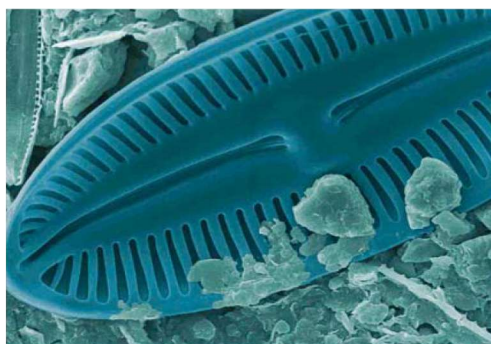
Zooxantelas, viven en simbiosis en el interior de los pólipos de coral de los arrecifes, y proporcionan a los corales sus diferentes coloraciones. Evidentemente no son visibles a simple vista pero son imprescindibles para el crecimiento de los corales formadores de arrecifes ya que, en presencia de luz, realizan la fotosíntesis y proporcionan sustancias elaboradas a los pólipos. También incrementan la asimilación y el transporte de calcio, acelerando la formación del esqueleto de carbonato cálcico (CaCO_3).

- **Algas pluricelulares:**

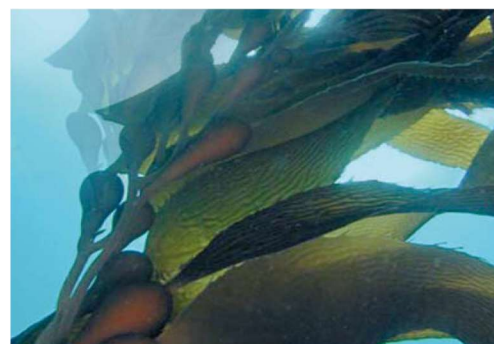
Quelpo (*Macrocystis pyrifera*) y laminarias, situadas en el acuario de los bosques de quelpos y en el túnel.



Posidonia oceanica (planta superior)



Diatomea (alga unicelular)



Kelp (*Macrocystis pyrifera*, alga pluricelular)

Organismos quimiosintéticos no existen en el parque, pero en la torre Océanos hay un panel vertical llamado “Oasis sin luz”, que habla de comunidades de organismos marinos que viven en torno a fumarolas de gran profundidad y cuyos productores primarios son bacterias autótrofas que metabolizan compuestos de azufre (S).

Heterótrofa

En este caso los organismos no son capaces de sintetizar compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos, por lo que han de extraer del entorno la materia orgánica.

Son heterótrofos numerosas bacterias, protoctitas y todos los hongos y los animales. Todos los animales del parque son ejemplo de organismos heterótrofos.

1.1.2

Animales. Estrategias alimentarias.

La obtención de alimento, tanto en cantidad como en calidad, ocupa la mayor parte del comportamiento rutinario en los animales. Manifiestamente tanto la fisiología como la morfología del animal son el resultado de la selección natural que favorece la adquisición efectiva de energía procedente del alimento a la vez que se evita el convertirse uno mismo en comida. La complejidad y sofisticación de los sistemas nervioso y muscular, son ejemplos de esta evolución. Conforme estas varían también lo hacen los métodos por los que el animal se alimenta. Las especies sésiles (inmóviles), fijadas al fondo, frecuentemente recurren a la absorción a través de la superficie, la alimentación por filtración o al atrapamiento. Los animales móviles siguen una secuencia más activa, por ejemplo los carnívoros (comedores de carne) incluye la búsqueda, acecho, ataque por sorpresa, captura y muerte.

Los animales terrestres se clasifican según su forma de alimentación en herbívoros, carnívoros y omnívoros.

En el medio marino hay algunos animales que se alimentan de algas o plantas, por lo que se denominan herbívoros. En L’Oceanogràfic tenemos ejemplos claros, como es el caso de las salpas (torre Mediterráneo) o el de los peces cirujano (torre Tropicales y torre Océanos). También hay animales claramente carnívoros, depredadores activos que capturan a otros animales y se alimentan de ellos. Como ejemplo tenemos a nuestro amigo el mero y cómo no, a los tiburones. Sin embargo, muchos animales marinos no se ajustan claramente a ninguna de las categorías, por lo que se utiliza una clasificación distinta, dependiendo del tamaño de las partículas que consumen y de los mecanismos de captura del alimento: MICRÓFAGOS y MACRÓFAGOS.

Micrófagos

Muchos animales marinos de diferentes grupos se alimentan filtrando el agua y reteniendo partículas de materia orgánica que se encuentran en suspensión y microorganismos que forman parte del plancton². Comen presas relativamente pequeñas en proporción al tamaño del animal, y tienen una alimentación poco selectiva. Podemos dividirlos en:

- **Filtradores:** Filtran agua para recoger pequeños organismos, que ingieren. Por ejemplo: el percebe, diversos anélidos poliquetos tubícolas (gusanos) y las ballenas.
- **Sedimentívoros:** Procesan el sedimento, ingiriéndolo, para digerir los pequeños organismos vivos que contiene, u otra materia aprovechable. Por ejemplo las lombrices.
- **Micrófagos de superficie:** Se alimentan de pequeñas porciones de superficie de organismos mucho mayores que ellos. Por ejemplo algunos pequeños crustáceos que se alimentan de restos de piel de las ballenas.

En L’Oceanogràfic podemos encontrar varios ejemplos de animales micrófagos filtradores:

ANIMAL	GRUPO	TORRE
Esponjas	Poríferos	Tropicales
Mejillones	Moluscos	Mediterráneo



Esponja

También existen ejemplos de animales micrófagos sedimentívoros:

ANIMAL	GRUPO	TORRE
Pepino de mar	Equinodermo	Templados

Macrófagos

Son animales que se alimentan de presas grandes con relación al tamaño del animal, generalmente son selectivos. Podemos dividirlos en:

- **Predadores:** Cazan presas vivas.
- **Carroñeros:** Comen presas muertas.

² Está constituido por el fitoplancton o plancton vegetal y zooplancton o plancton animal. Ambos organismos viven suspendidos en el agua y por la debilidad de sus medios de natación acompañan pasivamente las corrientes marinas.

Algunos ejemplos:

ANIMAL	GRUPO	ESTRATEGIA	TORRE
Tiburones	Peces cartilagosos	Persecución y captura	Océanos
Carángidos	Peces óseos	Persecución y captura	Océanos
Mero Congrio Morena	Peces óseos	Cazan al acecho	Túnel templados
Cangrejos y langostas	Crustáceos	Captura con los apéndices bucales	Mediterráneo
Anémonas	Cnidarios	Paralización con sustancia tóxica	Mediterráneo
Cañadilla	Moluscos	Destrucción de la concha de otros moluscos por medio de una secreción ácida y extracción de las partes blandas	Mediterráneo

1.1.3

Animales. Respiración.

En un sentido estricto, el proceso de respiración en los animales ocurre a nivel celular y consiste en una oxidación de diversas sustancias procedentes de los alimentos en la que se libera energía y el oxígeno es el aceptor final de los electrones.

Lo que normalmente denominamos respiración son una serie de procesos que ocurren a nivel orgánico y cuyo fin es llevar el oxígeno (O_2) desde el medio externo hasta las células. Estos procesos ocurren de forma distinta dependiendo del medio en el que vive el animal.

En la respiración se diferencian dos procesos distintos, pero muy relacionados: la respiración celular y la respiración externa o intercambio gaseoso.

1.1.3.a Respiración celular

Las células requieren energía para llevar a cabo la mayoría de los procesos biológicos. La energía proviene de los alimentos que ingerimos. El oxígeno (O_2) presente en el aire que respiramos se combina con los átomos de carbono (C) e hidrógeno (H) presentes en las moléculas de los alimentos liberando energía y formando después de numerosos pasos dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

En este proceso, se producen más de veinte reacciones químicas, y la mayoría transcurren en las mitocondrias.

Esta clase de respiración necesita un flujo constante de oxígeno hacia el interior de las células, y una rápida eliminación del dióxido de carbono y de otras sustancias de desecho producidas, ya que pueden ser tóxicas para el propio organismo en altas concentraciones.

1.1.3.b Respiración externa

A través de las superficies respiratorias, se realiza el intercambio gaseoso entre el organismo y el medio ambiente; el oxígeno (O_2) se difunde hacia el interior y el dióxido de carbono (CO_2), hacia el exterior.

Las superficies respiratorias deben ser delgadas y estar siempre húmedas para hacer posible la difusión de los gases.

- La cara externa de la superficie respiratoria de los animales terrestres está cubierta por una fina película de agua que disuelve los gases. En los animales acuáticos, el agua, que les baña constantemente, facilita la difusión.
- La cara interna difunde los gases a todas las células del cuerpo, ya sea por difusión directa o mediante un mecanismo que la acelere, como es el aparato circulatorio.

Si hablamos de tipos de respiración, podemos encontrar cuatro distintos:

- La respiración cutánea.
- La respiración branquial.
- La respiración traqueal.
- La respiración pulmonar.

En este bloque sólo nos vamos a dedicar a estudiar la branquial y la pulmonar.

1.1.3.c La respiración branquial

Las branquias son características de animales acuáticos que habitan en zonas donde el oxígeno se encuentra disuelto en el agua, como algunos anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos y peces. Las branquias son proyecciones de la superficie externa del cuerpo o de la capa interna del intestino hacia el exterior del animal, y pueden ser externas o internas.

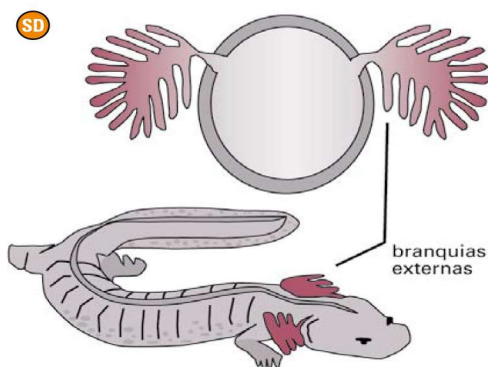
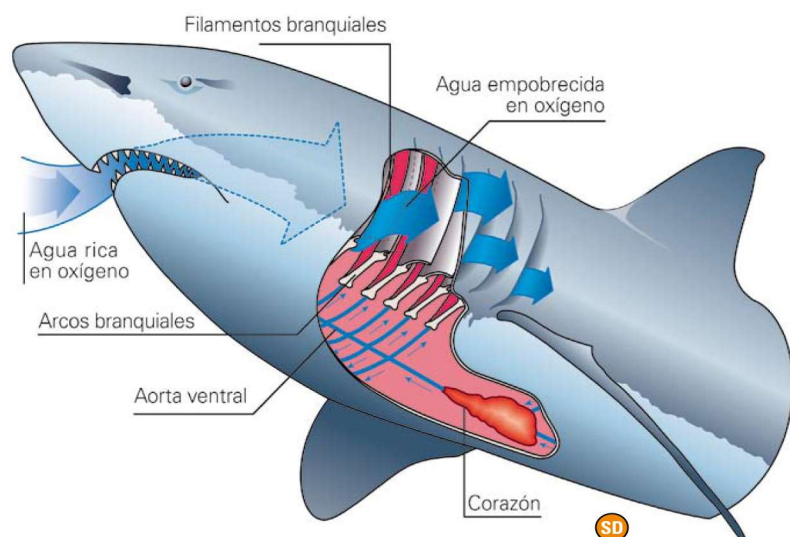
• **Las branquias internas:** Son expansiones de la pared del cuerpo alojadas en el interior de una cavidad comunicada con el exterior. Este alojamiento en el interior favorece la aparición de un mecanismo de ventilación, permite una mayor protección de las superficies respiratorias y un mayor hidrodinamismo del cuerpo.

Las poseen gran parte de los moluscos gasterópodos marinos (caracoles marinos), los bivalvos (tellinas), los cefalópodos (pulpos), los crustáceos (cangrejos) y los peces.

Las branquias internas de los peces están alojadas en una cámara branquial.

Cada branquia consta de un eje esquelético, el arco branquial, del que salen dos hileras de filamentos branquiales. Cada filamento dispone de numerosas laminillas paralelas muy ricas en capilares sanguíneos (muy vascularizadas, de ahí su color rojo). La sangre circula sobre los filamentos branquiales en sentido contrario al flujo del agua. Esta disposición, denominada "flujo de contracorriente", permite la máxima extracción de oxígeno a partir del agua.

Las branquias no son órganos apropiados en el medio terrestre, ya que, al secarse, no permiten el intercambio gaseoso. Evolutivamente, hizo falta que aparecieran estructuras respiratorias con amplias superficies internas húmedas.



• **Las branquias externas:** Son las más antiguas desde el punto de vista evolutivo. Se presentan en algunos moluscos (caracoles), anfibios (ranas) y muchos crustáceos inferiores (cirrípedos).

Presentan ciertas desventajas ya que son llamativas a los depredadores, se lesionan con facilidad, dificultan el desplazamiento del animal y carecen de un sistema de ventilación, lo que les obliga a desplazarse continuamente, a mover el agua con sus apéndices o a depender de las corrientes que se originan a su alrededor.

1.1.3.d La respiración pulmonar.

Los pulmones permiten mantener las superficies respiratorias húmedas sin que se produzca una pérdida excesiva de agua por evaporación (ya que estos son internos).

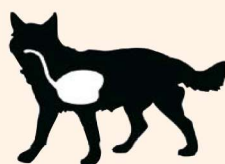
- Los pulmones de los invertebrados: Los caracoles pulmonados, los escorpiones, algunas arañas y pequeños crustáceos presentan pulmones, denominados pulmones de difusión, que carecen de un mecanismo de ventilación, por lo que la renovación del aire depende de la difusión, es decir, no se realiza de forma activa.
- Los pulmones de los vertebrados: Derivan de la vejiga natatoria de los peces pulmonados. Son cavidades internas muy vascularizadas que comunican con la atmósfera y, en colaboración con el aparato circulatorio, distribuyen el oxígeno a todas las células y les retiran el dióxido de carbono (CO₂). Reciben el nombre de pulmones de ventilación, ya que la renovación del aire se lleva a cabo de forma activa, por medio de movimientos rítmicos de inspiración y espiración.



- **Los pulmones de los anfibios** son muy variados. Desde los sacos de paredes lisas de la salamandra, hasta los pulmones de sapos y ranas, con varias cámaras, que aumentan la superficie de intercambio gaseoso.



- **Los pulmones de los reptiles** están subdivididos en numerosos sacos aéreos interconectados, de forma que la superficie total para el intercambio gaseoso es mucho mayor que en los anfibios.



- **Los pulmones de las aves** están en comunicación con varios sacos aéreos. En cada ciclo de espiración e inspiración, los sacos se vacían y llenan, como globos, al ser comprimidos y expandidos por las paredes del cuerpo. A diferencia de los mamíferos, en los pulmones queda muy poco aire residual, ya que los sacos actúan como fuelles e introducen siempre en la misma dirección.

- **Los pulmones de los mamíferos** son los más complejos de todos los vertebrados. Están divididos en numerosos sacos, con los alvéolos, cada uno de los cuales comunica con una red de capilares sanguíneos.

SD

En L'Oceanogràfic encontramos ejemplos tanto de respiración branquial como de respiración pulmonar:

• **Crustáceos Decápodos**: En estos animales las branquias son extensiones plumosas rodeadas de una fina cutícula situadas en una cavidad branquial ventral rodeada por los lados del caparazón. Los encontramos en:

- Langostas (*Palinurus elephas*): Las podemos encontrar en la torre Mediterráneo, acuario Coralígeno.
- Cangrejo araña gigante (*Macrocheira kaempferi*): Estos lo podemos observar en la torre de Templados, acuario Izu.

• **Peces Óseos**: En este caso las branquias se encuentran situadas en el interior de dos cámaras laterales cubiertas por los opérculos. El agua pasa de la boca a las branquias impulsada por movimientos musculares y sale por el opérculo³. La sangre que circula por las branquias lo hace en sentido contrario a la circulación del agua para un mejor aprovechamiento del intercambio gaseoso, ya que así existe un mayor contacto entre ésta y el agua cargada de oxígeno (O₂).

Tenemos múltiples ejemplos en L'Oceanogràfic como por ejemplo: las doradas (*Sparus auratus*), corvinas (*Argyrosomus regius*), sargos (*Diplodus sargus*), meros (*Epinephelus marginatus*), etc.

³ Formación esquelética que recubre y protege la cámara branquial.

• **Peces Cartilagosos (tiburones y rayas):**

Las branquias de los tiburones se comunican directamente con el exterior a través de unas aberturas branquiales que varían en número según la especie, pudiendo tener de 4 a 7. Éstas están situadas a ambos lados de la cabeza. Se denominan branquias desnudas (elasmobranquios), ya que no tienen ningún tipo de protección a diferencia de los peces óseos. El agua entra por la boca y atraviesa las branquias impulsada principalmente por el movimiento de natación del animal. En el caso de las rayas, las aberturas branquiales se sitúan ventralmente y la entrada de agua se produce por los espiráculos, dos orificios dorsales situados detrás de los ojos. Esto evita la obstrucción de las branquias, ya que muchos de estos animales son bentónicos (se desplazan pegados al fondo), y la boca se encuentra a menudo enterrada en la arena (por lo que el flujo de agua no es como el de sus hermanos los tiburones).



Raya mosaico (*Raja undulata*)

• **Cetáceos, Delfines mulares (*Tursiops truncatus*) y belugas (*Delphinapterus leucas*):**

Entre las adaptaciones más notables de los mamíferos marinos al medio acuático, se encuentra la capacidad de poder permanecer largos periodos de tiempo bajo el agua. Pero, ¿cómo aguantan tanto tiempo sin respirar?.



El tamaño de los pulmones, con una capacidad proporcionalmente parecida a la de otros mamíferos, no explica por sí solo como pueden permanecer tanto tiempo sin respirar. Parece que son varias las adaptaciones fisiológicas y anatómicas que se lo permiten. En primer lugar la respiración de los cetáceos es voluntaria y aunque respiran con menor frecuencia que los mamíferos terrestres lo hacen con mayor eficacia. La respiración es rápida, con un máximo aprovechamiento del oxígeno del aire (del 8% al 12%), siendo esta cifra en mamíferos terrestres alrededor del 4%. Así mismo poseen el doble de glóbulos rojos (responsables del transporte de oxígeno) por mm³ de sangre y de 2 a 9 veces más mioglobina (pigmento respiratorio presente en los músculos) que los mamíferos terrestres. La mayor

abundancia de mioglobina en el tejido muscular confiere a la carne de los cetáceos un color muy oscuro.

Aún así, si sumamos todo el oxígeno que puede almacenar un delfín y lo comparamos con su consumo en reposo, nos encontramos con que el oxígeno almacenado no es suficiente para realizar inmersiones tan largas como se han registrado. Resulta evidente que deben existir otros mecanismos para aprovechar mejor las reservas de oxígeno. En este sentido, observaciones realizadas con delfines mulares (*Tursiops truncatus*) han revelado que se produce el fenómeno conocido como **bradicardia** o disminución del ritmo cardíaco cuando los animales se sumergen. Parece ser que también existe una redistribución del flujo sanguíneo, de forma que la



sangre oxigenada llega sólo a los órganos más importantes (corazón, cerebro, pulmones,...).

Los cetáceos no sólo aguantan mucho tiempo sumergidos, sino que además son capaces de descender a grandes profundidades. No obstante, cuando descienden, se produce un aplastamiento torácico que hace que aumente la presión del aire almacenado en el interior del animal.

Además los procesos de eliminación del nitrógeno y la distribución de la sangre oxigenada al cerebro en los cetáceos durante el buceo no están totalmente estudiados. Por un lado, cuando descienden, el aplastamiento de la región torácica comprime las vísceras y los pulmones. Esta situación llega a colapsar los pulmones que expulsan el aire hacia la tráquea y sus ramificaciones, así como a los senos nasales cuya extensa membrana impide el intercambio de nitrógeno con la sangre.

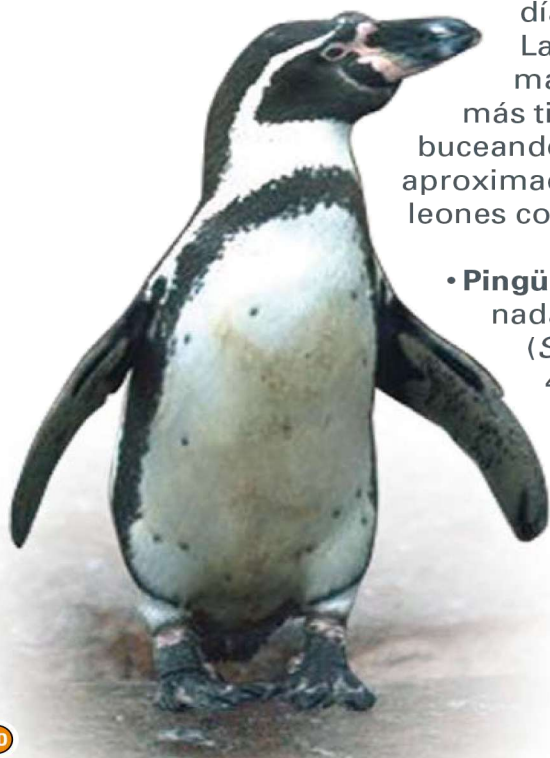
• **Pinnípedos (focas, leones marinos y morsas):** Las modificaciones más importantes en estos animales, respecto a sus parientes terrestres son; su forma externa, el sistema respiratorio, el sistema cardiovascular y el método de locomoción. La estructura y función del corazón de los pinnípedos es muy similar al patrón de la mayoría de los mamíferos. El sistema arterial permanece sin modificaciones y el sistema venoso ha sido altamente adaptado a la vida en el mar. La cantidad total de sangre en relación con el tamaño del cuerpo es mayor, ya que en el buceo se necesita aumentar la cantidad de oxígeno y por lo tanto, el medio de transporte interno. Las venas yugulares han sido reducidas y ha sufrido un cambio en la cantidad y disposición del sistema venoso, por lo que tienen una forma de distribuir más eficientemente la sangre dentro del cuerpo.

La mayor adaptación de estos animales la constituye su necesidad de bucear a grandes profundidades para obtener su alimento. Los elefantes marinos del norte (*Mirounga angustirostris*), bajan a más de 1000 metros de profundidad, lo cual es toda una proeza para un mamífero (y para algunos submarinos) debido a la elevada presión que hay a esa profundidad. Entre los mecanismos para aguantar tanto tiempo debajo del agua, utilizan una mayor proporción de sangre en el cuerpo, bajan la tasa metabólica basal, eliminan la circulación de sangre al cuerpo dejando solamente irrigado el cerebro mediante un sistema de válvulas. Hay que tener en cuenta que estos animales viven prácticamente toda su vida mar adentro, nadando y buceando y solamente salen a tierra en la época reproductiva (varias especies permanecen en ayuno durante la reproducción).

Las crías de focas nada más nacer son capaces de nadar y a los 2 días ya pueden bucear.

Las focas están más adaptadas al medio acuático que los leones marinos, bucean más profundo y son capaces de permanecer más tiempo bajo el agua. Algunas incluso aguantan más de una hora buceando sin salir a respirar (la foca de Weddell aguanta la respiración aproximadamente 73 minutos). Pero en general suelen estar (tanto los leones como las focas) de 15 a 20 minutos bajo agua.

• **Pingüinos:** Estas aves son eficientes nadadoras. Aunque normalmente nadan a velocidades de unos 8 km/h, los pingüinos de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) pueden alcanzar velocidades de hasta 40 km/h propulsándose con sus alas en forma de aletas. Cuando nadan rápidamente, los pingüinos pueden ir dando saltos de algunos metros sobre el agua. Esta acción les permite respirar, y a la vez disminuir las oportunidades de ser cazado por un depredador. También dan saltos de gran altura, lo que les permite llegar desde el agua a témpanos de hielo, planos rocosos u otras superficies que se encuentren a cierta altura por encima del nivel del mar. Sin embargo en tierra son muy torpes al caminar. Para moverse de un lugar a otro, caminan balanceándose con las alas abiertas para mantener el equilibrio, saltan sobre las rocas, y para bajar por una loma nevada se deslizan sobre sus vientres.



Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*)

SD

Los pingüinos tienen forma de torpedo, siendo su cuerpo muy compacto. Esta forma corporal disminuye el rozamiento con el agua y facilita la natación. Por lo general hacen pequeñas inmersiones en tiempo y profundidad. Pero cuando se sumergen para cazar, pueden llegar hasta los 50 metros de profundidad y estar entre 4 y 8 minutos sin respirar.

1.1.4

Animales. Regulación osmótica y excreción.

El proceso de **ósmosis**, consiste en el movimiento de las moléculas de agua a través de una membrana semipermeable. En otras palabras, si se separan dos soluciones de concentración diferente (salinidad) con una membrana semipermeable, el agua de la disolución donde la concentración es más baja se desplazará a través de la membrana en dirección a la de concentración más alta.

La capacidad de sobrevivir en diferentes medios osmóticos se desarrolló en grupos de animales más avanzados por la evolución. Éstos mantienen su medio interno estable, y amortigua los efectos y los rigores del medio externo sobre los tejidos. Por ello la capacidad de mantener un medio interno adecuado frente a un estrés osmótico ha tenido un papel importantísimo en la evolución.

La excreción es un conjunto de procesos que contribuyen a mantener la homeostasis⁴ del medio interno, al excretar productos de desecho metabólico y al regular la concentración de agua, sales minerales y otras sustancias.

En la mayor parte de los animales, los principales productos de desecho del metabolismo son el exceso de agua (H_2O), de dióxido de carbono (CO_2) y de los productos nitrogenados, como el amoníaco (NH_3), la urea ($CO(NH_2)_2$) y el ácido úrico.

El dióxido de carbono (CO_2) y el agua (H_2O) proceden del metabolismo de glúcidos y grasas.

En ocasiones, una misma sustancia puede ser un producto de excreción y una molécula indispensable. Por ejemplo, el agua es un residuo del metabolismo, que debe ser excretada para evitar su acumulación masiva, pero también puede ser necesaria para algunos animales, que deben conservarla.

El aparato excretor, además de eliminar los productos de desecho, regula la cantidad de sales minerales y controla la composición química de la mayor parte de los componentes de los líquidos corporales.

En los invertebrados de organización compleja y en los vertebrados, la excreción implica tres procesos fisiológicos: filtración, reabsorción y secreción.

- **La filtración** es el paso del líquido residual del medio interno, por difusión, al interior del tubo excretor. El líquido que se obtiene se llama orina inicial.

- **La reabsorción** consiste en la recuperación, por transporte activo o por difusión, de sustancias como agua, sales, glucosa y aminoácidos, que a pesar de haber sido filtradas, son necesarias para el organismo.

- **La secreción** consiste en el nuevo paso al tubo excretor de algunas sustancias que habían sido reabsorbidas. Reabsorción y secreción actúan en sentidos contrarios.

El líquido resultante es la orina final. La descarga de la orina al exterior se puede llevar a cabo de manera continua o intermitente, tras acumularse en la vejiga urinaria. En algunas especies, el aparato excretor se abre directamente al exterior, en otras, desemboca en la cloaca.

Por lo tanto, los animales necesitan mantener constante la concentración de sales de sus fluidos internos para realizar sus funciones metabólicas correctamente.

En los animales marinos existen dos estrategias diferentes:

- **La concentración de sales de los fluidos internos es igual a la del medio marino exterior:** Esto ocurre en la mayoría de los invertebrados marinos, que no pueden

⁴ Tendencia a la estabilización del cuerpo relacionados con los procesos fisiológicos.

tolerar grandes cambios de salinidad. Por ejemplo si sacásemos una anémona o un cangrejo del agua del mar y los pusiésemos en agua dulce, morirían. Los peces cartilaginosos (tiburones y rayas) tienen una concentración de solutos igual a la del medio, que consiguen acumulando en la sangre productos de desecho metabólico: urea y óxido de trimetilamina.

• **La concentración de sales de los fluidos internos es menor que la del medio marino exterior:** Los peces óseos marinos tienen una concentración de sales en su sangre equivalente a un tercio de la del agua del mar. Esto supone una constante pérdida de agua por ósmosis, con la consiguiente acumulación de sales. Para compensar esta pérdida y evitar la deshidratación, los peces beben agua de mar y expulsan sales activamente en las branquias y los riñones.

Los peces que viven en agua dulce tienen el problema inverso. El agua entra constantemente en su organismo por las branquias y las sales se pierden por difusión. Para contrarrestar este proceso osmótico, expulsan grandes cantidades de agua por medio de una orina muy diluida y capturan activamente iones del agua, incorporándolos a la sangre por medio de transporte activo.

Las aves y tortugas marinas, que ingieren grandes cantidades de sal con su alimento, tienen glándulas especiales para expulsar el exceso de sal. En el caso de las aves, expulsan una solución salina concentrada por las narinas⁵, mientras que las tortugas lo hacen por medio de lágrimas saladas.

La excreción de los desechos nitrogenados en los animales también está muy relacionada con el medio que estos habitan. Los animales acuáticos en general excretan los productos nitrogenados en forma de amoníaco (NH_3) ya que, aunque se trata de una sustancia muy tóxica incluso en pequeñas concentraciones, pueden expulsarla diluida en grandes cantidades de agua. Los animales terrestres, sin embargo, que tienen que ahorrar agua porque en su medio escasea, excretan urea o ácido úrico, que al ser sustancias menos tóxicas, pueden acumularse en el organismo y expulsarse en forma de orina concentrada. En el caso de las aves, el ácido úrico se concentra tanto que la excreción tiene forma semisólida.

En los acuarios, la acumulación del amoníaco y sus derivados procedentes de la excreción de los peces supone un grave peligro para los animales. Para solventar este problema, en L'Océanogràfic disponemos de un avanzado sistema de filtración biológica que incorpora bacterias nitrificantes de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Estas bacterias convierten el amoníaco y sus derivados en nitritos y nitratos sucesivamente. Los nitratos son compuestos químicos de baja toxicidad, tolerables en mayores concentraciones por los animales.

1.2 LA RELACIÓN

Una característica importante de los seres vivos es la capacidad que tienen de reconocer los cambios que se producen en el medio que les rodea (medio externo) y en su propio medio interno, y de responder a estos cambios para preservar su supervivencia. Esta capacidad se corresponde con la función de relación. Por lo que podríamos decir que, son los mecanismos mediante los cuales, los seres vivos reciben información y responden a ella de la manera más adecuada.

En toda función de relación, distinguimos un *estímulo*, el *receptor* que reconoce el estímulo y transmite la información al *efector*, que es quien selecciona y ejecuta la respuesta adecuada.

Todas estas actividades del organismo para responder a los estímulos y mantener las condiciones de funcionamiento adecuadas frente a los cambios del medio externo e interno, necesitan una regulación y una coordinación, cuya misión es alcanzar un estado de equilibrio que mantenga la vida durante el mayor tiempo posible.

⁵ Las narinas son dos orificios que se encuentran en el pico de las aves y es la porción más externa del aparato respiratorio superior de las mismas.

Conforme aumenta la complejidad y el tamaño de los individuos, las células van alcanzando un mayor grado de especialización, por lo que pierden autonomía y, en consecuencia, parte de su capacidad para automantenerse. Una célula puede dedicarse a su ocupación específica en un ambiente que le proporcione las condiciones necesarias para realizar sus funciones vitales. Este ambiente es el medio interno.

En estos organismos, la gran cantidad de células, tejidos y órganos no pueden trabajar independientemente, sino que necesitan que sus actividades estén reguladas y coordinadas, es decir, deben actuar conjuntamente en función de las necesidades globales del organismo.

En realidad, la integración no es más que la capacidad de ciertas células especializadas para captar y responder adecuadamente a estímulos internos y externos al organismo. Las respuestas pueden realizarse en el plano fisiológico o implicar un comportamiento global del organismo, lo que se corresponderá con sus **funciones de relación**.

1.2.1

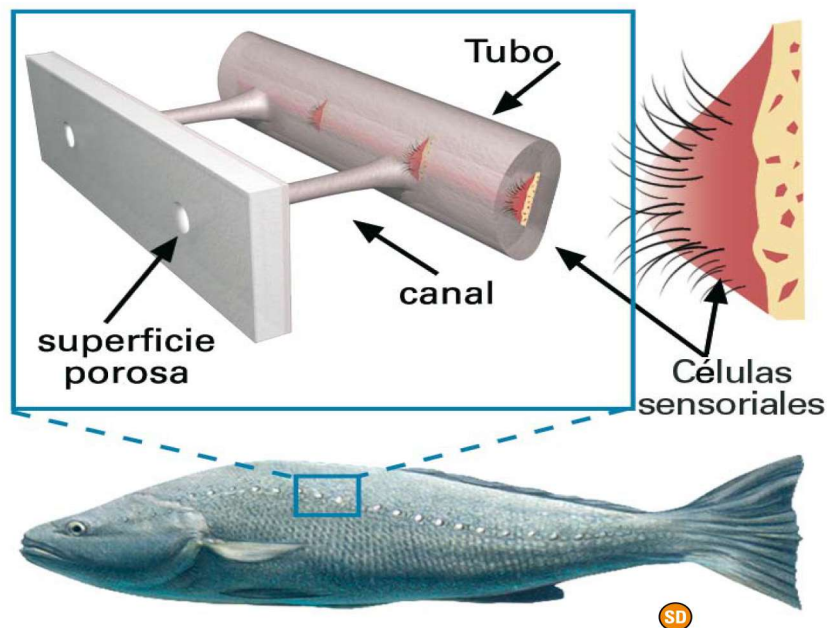
Órganos sensoriales.

El mundo sensorial marino es algo diferente del terrestre. La visibilidad es reducida a partir de pocos metros, pero sin embargo, los cambios de presión (ondas vibrantes) se transmiten a gran velocidad en el seno del agua. El gusto y el olfato no se diferencian pero aparecen adaptaciones sensoriales específicas en diferentes grupos de animales.

A continuación vamos a describir algunos órganos sensoriales destacables en los animales del parque:

1.2.1.a Línea lateral de los peces.

Es un sistema sensorial táctil a distancia, para detectar vibraciones y corrientes de agua. Permite a los peces detectar a sus predadores y presas, y moverse de forma coordinada formando cardúmenes (banco de peces). Se sitúa a lo largo del cuerpo del animal, en ambos flancos, y consiste en canales que discurren por debajo de la epidermis y que se abren a la superficie a intervalos regulares. Las escamas de la línea lateral son distintas de las del resto del cuerpo y en algunas especies de peces se distinguen muy bien; por ejemplo las corvinas (*Argyrosomus regius*) tienen las escamas de la línea lateral muy brillantes, como perlas, mientras que los jureles (*Trachurus trachurus*) y seriolas (*Seriola dumerili*) la tienen en forma de S. Estas especies las podemos observar en la torre Océanos.

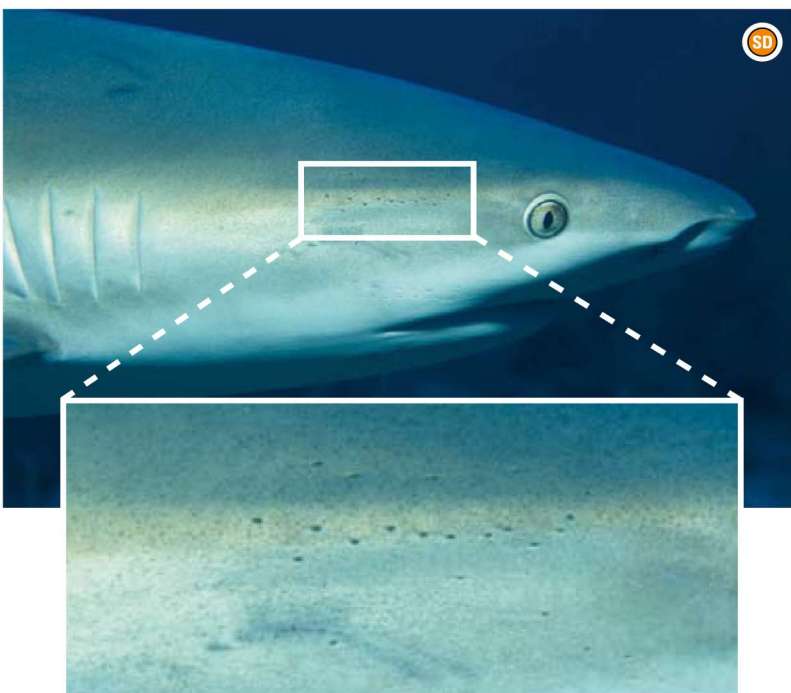


1.2.1.b Los sentidos de los tiburones.

Los tiburones están perfectamente adaptados a su modo de vida depredador por medio de capacidades sensoriales muy desarrolladas:

- Sus órganos olfativos les permiten detectar una sustancia química a una concentración de una parte por mil millones, pudiendo localizar a una presa a más de un kilómetro de distancia.
- La línea lateral les permite detectar vibraciones de baja frecuencia (al igual que los peces óseos).
- Poseen una vista excelente, incluso en aguas con poca luz.
- Por último tenemos las **ampollas de Lorenzini** a las que les vamos a dedicar un poco más de tiempo ya que éstas son exclusivas de los tiburones:

La mayor parte de estas ampollas están presentes rodeando los ojos, se acercan al sistema de la línea lateral y son especialmente tupidas en la nariz.



Externamente las ampollas se parecen a poros, los cuales están comunicados con un canal lleno de líquido gelatinoso que se hunde en la dermis. El final de estos canales se expande en una pequeña estructura en forma de ampolla. En esta estructura existen células sensoriales que a su vez están unidas a fibras nerviosas que se dirigen al cerebro.

Estas ampollas están preparadas para percibir los campos eléctricos emitidos por las actividades fisiológicas de cualquier animal, aunque estos campos sean tan pequeños como cinco millonésimas de voltio por cm. Aún con esta sensibilidad tan elevada, estas sólo son útiles en determinadas situaciones, ya que los campos eléctricos generados por los animales son rapidísimamente amortiguados por el agua, y un tiburón puede percibirlos a sólo pocos centímetros de distancia.

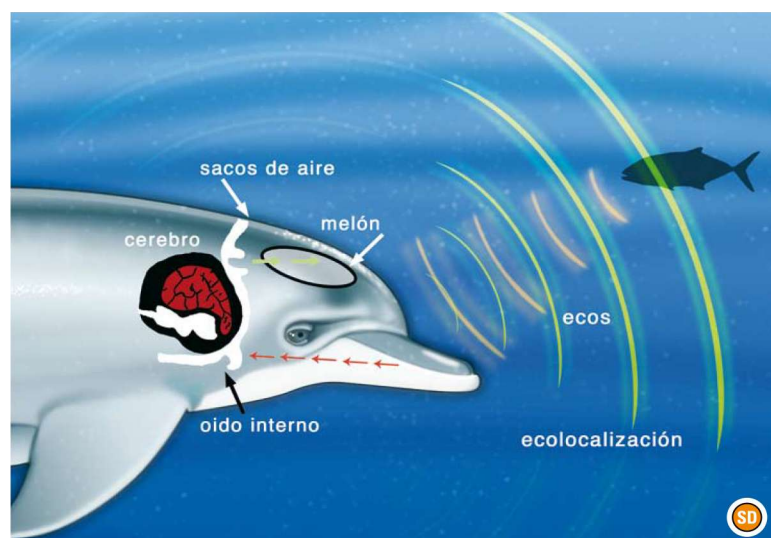
Resumiendo podemos decir que las ampollas de Lorenzini son electroreceptores situados en la cabeza del tiburón y comunicados con el exterior por pequeños poros que le permiten detectar los débiles campos bioeléctricos que generan los seres vivos.

1.2.1.c Ecolocalización en cetáceos.

La ecolocalización consiste en la emisión de pulsos o clicks en el rango ultrasónico (desde 0.25 hasta 200 KHz) y la posterior recepción del eco de estos ultrasonidos permitiendo a los delfines orientarse y localizar obstáculos y presas (funcionamiento parecido a un sonar).

Todos los cetáceos odontocetos (con dientes), a diferencia de los cetáceos misticetos (ballenas, con barbas) y el resto de los animales, presentan grandes cantidades de grasa en la cabeza y en la mandíbula inferior. La composición química de esta grasa es diferente de la composición de las grasas corrientes del resto del cuerpo. Los mayores depósitos de este tipo de grasa se encuentran en la frente, delante del cráneo. Forman un órgano, más o menos globoso, conocido como melón. En la mandíbula inferior, justamente en una zona donde el hueso es muy fino, también se acumula un tipo de grasa parecida a la del melón. Parece ser que los sonidos o chasquidos se producen en las fosas nasales, son enfocados o transmitidos por medio del melón. Estas ondas sonoras rebotan en los objetos que encuentran en su camino. A su retorno son canalizadas, a través de senos llenos de aceite en la mandíbula inferior que funciona como una ventana acústica, hasta el oído interno. A partir de estos ecos el cerebro procesa e interpreta la información para hacerse una imagen completísima de lo que tienen delante.

Los clicks, producidos para este efecto, varían con las diferentes especies e individuos según el contexto. La ecolocalización es por lo tanto, la emisión de sonidos pulsados o clicks (en el rango ultrasónico). Pero además, los cetáceos odontocetos utilizan para comunicarse entre ellos, sonidos modulados o silbidos. Estos silbidos abarcan desde los 4 hasta los 24 KHz de frecuencia y son audibles en el medio aéreo.



1.2.2.

Comunicación en el medio acuático.

La comunicación animal es la interacción entre animales en la que la información transmitida por un animal o grupo de animales afecta al comportamiento de otros animales. Los animales suelen intercambiar información usando una señal, como una expresión facial, un sonido o el contacto físico.

La comunicación ayuda a los animales a coordinar sus principales actividades vitales, esto es, la búsqueda de comida y la caza, la marca del territorio, el apareamiento, la cría de la prole y la defensa.

Por lo general, la comunicación animal es intraespecífica (tiene lugar entre animales de la misma especie). Las señales de cortejo y apareamiento son quizás la comunicación intraespecífica más importante, ya que los animales deben ser capaces de identificar y atraer a una pareja potencial para reproducirse. El fuerte rugido de un elefante marino macho, por ejemplo, indica a las hembras dónde tienen que dirigirse para aparearse. También se utiliza para distinguir a los individuos de un grupo animal concreto. Así las gaviotas, por ejemplo, pueden encontrar a sus polluelos en colonias densamente pobladas.

La comunicación también puede ser interespecífica (cuando tiene lugar entre especies animales diferentes). Muchos animales que comparten un mismo hábitat aprenden a usar y entender señales de otras especies para avisar de la proximidad de un peligro. Cuanto más alta es la posición de un animal en la escala evolutiva, más complejos son sus órganos sensoriales y más elaborados son sus aparatos para producir señales comunicativas.

Las características físicas juegan un papel importante en la determinación de los tipos de mensajes que son transmitidos o recibidos. Así, algunos animales confían principalmente en la vista (caso de los primates), en los mensajes químicos o táctiles (caso de los insectos), o en los sonidos (como es el caso de las aves).

La comunicación también varía según el hábitat, pues el lugar en el que vive el animal influye en el modo en que la información se transmite entre el emisor y el receptor. Por ejemplo, los peces, los mamíferos marinos y los invertebrados acuáticos dependen de la capacidad del agua para transmitir la comunicación. Las almejas, los percebes y otros invertebrados similares se comunican abriendo y cerrando de golpe sus conchas; los pequeños sonidos resultantes son amplificados considerablemente en el agua.

La organización social también ejerce una importante influencia en la comunicación.

1.2.2.a Comunicación visual.

En el medio acuático la visibilidad es mucho menor que el medio aéreo, a pesar de ello son muchos los animales marinos que utilizan este tipo de comunicación, llegando a ser muy importante, ya que dan mucha información a sus congéneres e incluso lo pueden utilizar para defenderse de posibles depredadores, aparearse, etc.

En L'Oceanogràfic existen ejemplos claros de este tipo de comunicación. Si nos damos una vuelta por las instalaciones, nos podemos encontrar con algunas de las siguientes estrategias colorativas:

- **Cambios de coloración intraespecíficos:** Algunos peces presentan un patrón de coloración diferente dependiendo del sexo. Normalmente los machos presentan una coloración más llamativa que las hembras, siendo esta diferencia más acentuada en la época de celo. Como ejemplos claros tenemos el caso de los fredis (*Thalassoma pavo*) y las julias (*Coris julis*). En ambos casos los machos presentan colores más vivos que las hembras. Nos los podemos encontrar en distintos acuarios del parque, como por ejemplo en el de acuario de *Posidonia oceanica* en la torre Mediterráneo.



Fredi macho (*Thalassoma pavo*)



Fredi hembra (*Thalassoma pavo*)

Algunas especies presentan importantes diferencias de coloración entre los juveniles y los adultos.



Pez escorpión (*Pterois volitans*)

- **Coloración de advertencia:** Este tipo de coloración la utilizan algunos peces para advertir a sus posibles depredadores. Es decir, suelen ser peces venenosos, por lo que sus colores indican: ¡precaución, te puedo hacer daño!

Como ejemplo de esta coloración podemos citar al pez escorpión (*Pterois volitans*).

- **Coloración de imitación (aposemático):** Esta es utilizada por peces que aunque no son peligrosos, tienen un patrón similar en cuanto a su colorido con peces que sí tienen veneno o son potencialmente peligrosos. Esta estrategia confunde al posible depredador, que irá a buscar otra presa menos “conflictiva”.

- **Coloración disruptiva:** En este caso existen en el pez puntos y líneas que rompen la forma del cuerpo y los esconden o disimulan contra su fondo. Es muy común en peces de arrecife.



Pez mariposa (*Chaetodon auriga*)

- **Ojos falsos:** Patrones de colores anormales pueden esconder partes vulnerables del cuerpo en algunos animales. Los ojos verdaderos del pez están escondidos tras un antifaz negro, pero cerca de la cola hay dos prominentes “ojos falsos”. Un depredador atacará por lo que piensa que es la cola, en este caso, atacaría por la cabeza, ya que la coloración de la presa lo confundiría, dándole a la misma la posibilidad de reaccionar y escapar. Como ejemplo tenemos al pez mariposa de aleta ribeteada (*Chaetodon auriga*) que los podemos encontrar en la torre Tropicales en el acuario de Indopacífico.

- **Contrasombra (coloración dorso-ventral):** Muchos animales del mar abierto tienen sus lomos oscuros y vientres de color claro. Visto desde arriba, los lomos oscuros se mezclan con la oscuridad del océano profundo. Desde abajo, es difícil para los depredadores ver sus vientres claros contra las aguas brillantes de la superficie. Ejemplos de esto lo encontramos en la torre Océanos, en peces como las barracudas (*Sphyrna barracuda*) o en los tiburones.



Vieja colorada (*Bodianus rufus*)

- **Coloración de anuncio:** Algunos animales tienen coloración que atrae la atención y anuncia su servicio especial. Los peces limpiadores ayudan a los otros peces a deshacerse de los molestos parásitos de sus escamas, boca o branquias. Los depredadores reconocen los patrones de brillantes colores de los limpiadores y no les hacen daño. Como ejemplo tenemos la vieja colorada (*Bodianus rufus*), en la torre Bermudas.

- **Mimetismo:** La palabra mimetismo deriva del griego y significa imitación. Este fenómeno se produce por la capacidad que tienen algunos animales para cambiar, tanto la forma de su cuerpo como su color, de acuerdo con el medio ambiente en que se encuentran. Esta propiedad de “disfrazarse” la utilizan generalmente para ocultarse y no ser descubiertos ante la presencia de algún enemigo, aunque también les sirve para atacar.



Escórpora (*Scorpaena notata*)

Este cambio puede ser inmediato, como es el caso del Lenguado del Pacífico (*Pleuronichthys coenosus*) el cual cambia de coloración dependiendo del fondo en el que se encuentra. Lo podemos observar en la torre Templados, acuario (bosque de Quelpos). O bien el cambio puede ser permanente, por lo que las coloraciones miméticas dependen del medio que habita el animal. Es el caso de la Escórpora (*Scorpaena notata*) o de la Raya mosaico (*Raja undulata*), ambas las encontraremos en la torre Mediterráneo.

1.2.2.b Comunicación sonora.

El sonido se propaga mediante ondas vibrantes, que son producidas por un animal o grupo de animales y recibidas por otros. A diferencia de las señales visuales, las sonoras se transmiten fácilmente a través del agua. Estas señales se transmiten, más deprisa y más lejos bajo el agua que en tierra firme, ya que el agua es un muy buen conductor del sonido.

En L'Oceanogràfic nos encontramos con distintos ejemplos de señales sonoras:

- **Mamíferos marinos:** Los mamíferos marinos utilizan diferentes tipos de sonidos en la comunicación intraespecífica:

- Los pinnípedos emiten sonidos característicos de cada especie. En L'Oceanogràfic se pueden escuchar las vocalizaciones de diferentes especies de focas: foca gris y foca común (*Halichoerus grypus* y *Phoca vitulina* respectivamente) en la torre Templados. También llama mucho la atención el potente rugido del macho del león marino sudamericano (*Otaria flavescens*) en la instalación de Islas.

Además, si nos acercamos a la torre de Ártico escucharemos como se comunican entre sí un grupo de morsas (*Odobenus rosmarus*).

- Los cetáceos se caracterizan por utilizar una amplia gama de sonidos con funciones comunicativas. Como grupo, producen sonidos cuya frecuencia va desde las más altas a las más bajas. Siendo estas últimas características de las ballenas. Los sonidos de bajas frecuencias se propagan mucho más lejos que los de alta frecuencia.

En L'Oceanogràfic se pueden observar dos especies de cetáceos:

- **Delfín Mular (*Tursiops truncatus*):** Además de los ultrasonidos utilizados para la ecolocalización, los delfines producen distintos tipos de sonidos audibles como silbidos de alta frecuencia, chillidos y chasquidos. También emiten sonidos tipo "castañeteo" en situaciones conflictivas. Los sonidos se producen con una parte no muy bien conocida de la laringe y se emiten a través del espiráculo.
- **Belugas (*Delphinapterus leucas*):** Las belugas son los cetáceos que más vocalizan y por ello se las conoce como "canarios de mar". Emiten más de 11 tipos diferentes de sonidos y los científicos han conseguido asociar algunos de ellos con determinados comportamientos, como interacción social o situaciones de alarma. Estos sonidos que emiten pueden ser oídos fuera del agua y a través de los cascos de los barcos.

En L'Oceanogràfic está en marcha un proyecto de investigación bioacústica en belugas, que tiene como objetivo mejorar el conocimiento de la especie así como contribuir a su conservación en el medio natural.

- **Peces:** Los peces emiten sonidos de diversas maneras:

- Por estridulación, que consiste en frotar entre sí partes de su cuerpo, como las espinas de las aletas o los dientes.
- Haciendo vibrar el aire de la vejiga natatoria por medio de unos músculos adheridos a ella o expulsando burbujas por la boca.

Estos sonidos pueden servir para atraer a las hembras o para mostrar agresividad ante algún depredador o competidor.

Los roncadores (*Haemulon sp.*) son peces de arrecife que, cuando se alteran, emiten sonidos similares a ronquidos frotando sus dientes faríngeos. Los podemos encontrar en la torre Tropicales en el acuario del Caribe.

- **Aves:** La comunicación sonora tiene una gran importancia entre las aves. Esta se utiliza con funciones reproductivas, de alerta, sociales, etc. En la instalación de Humedales podemos escuchar los sonidos característicos de las aves de dos zonas de gran valor ecológico y medioambiental como son el marjal y el manglar. En esta torre podemos encontrar Ibis escarlata (*Eudocimus ruber*), Martinete común (*Nycticorax nycticorax*), Garceta común (*Egretta garceta*), Espátulas rosadas (*Ajaja ajaja*) y Garcilla verdosa (*Butorides striatus*).

1.2.3

Relaciones interespecíficas.

En una región determinada, además de existir relaciones entre individuos de la misma especie, hay asimismo relaciones entre individuos de especies distintas, que es a lo que llamamos relaciones interespecíficas.

Estas relaciones se pueden clasificar por su significado en relación al beneficio que de ellas obtienen las especies asociadas.

- Existen relaciones prácticamente neutras, en las que los organismos asociados no se dañan ni tampoco se favorecen mutuamente, como por ejemplo en muchos casos de epibiosis.

- Relaciones antagonistas, de las que uno de los organismos asociados obtienen beneficios, mientras que para el otro organismo la relación puede ser neutra (inquilinismo, comensalismo) o bien perjudicial (parasitismo, depredación).

- Relaciones mutualistas y simbióticas en las que existe un beneficio más o menos importante para ambas especies asociadas.

Debe señalarse que suele ser difícil y arbitrario establecer una clasificación exacta para una asociación determinada, ya sea porque entre una categoría y otra existen numerosos matices, ya sea porque nuestros conocimientos sobre los beneficios y sobre los perjuicios efectivos que recibe una especie son notablemente incompletos.

En los acuarios de L'Océanogràfic podemos encontrar algunas de estas relaciones:

• **Epibiosis:** Suele darse por la asociación fortuita de varios animales y vegetales en la zona litoral. Existen organismos, como esponjas, algas...que se fijan sobre todas las superficies a su disposición, y por lo tanto también sobre el sustrato que representan otros organismos vivos, ya se trate de especies fijas o bien móviles, como crustáceos, moluscos, peces, etc.

• **Comensalismo:** En varios casos de epibiosis no se presenta como un fenómeno fortuito, sino que adopta un carácter más estable y especializado y puede transformarse en comensalismo, en el que el comensal se nutre de los productos alimentarios del patrón. En otras palabras el comensalismo se produce cuando un organismo se beneficia y el otro ni se perjudica ni beneficia con la relación.

En el parque tenemos varios ejemplos de este tipo de relación. Uno de ellos es el que podemos observar en la torre Océanos:

-Tiburón toro (*Carcharias taurus*) y cobia (*Rachycentrum canadum*): Las cobias jóvenes nadan con frecuencia muy próximas a la zona ventral de los tiburones. Este comportamiento es ventajoso para las cobias, ya que el movimiento del tiburón les facilita el desplazamiento por el agua y además pueden alimentarse con los restos de su alimento. La presencia del tiburón también ahuyenta a posibles depredadores.

• **Inquilinismo:** Es la asociación de dos organismos en la que uno de ellos aprovecha el espacio vital que le proporciona el otro sin causarse ningún perjuicio, como ocurre, por ejemplo con ciertos moluscos que conviven en los túneles excavados por gusanos.

• **Parasitismo:** Con este nombre se denomina a una relación íntima y no equilibrada entre dos organismos de especies distintas, el parásito y el patrón, de los que el primero obtiene beneficio de la asociación al alimentarse de los productos o de los tejidos del patrón, mientras que éste recibe efectos por lo general perjudiciales que pueden ser letales.

El parasitismo está muy extendido en el ambiente marino. Como ejemplo tenemos a los Piojos de Mar (*Anilocra sp.*), un crustáceo isópodo que se adhiere a los peces



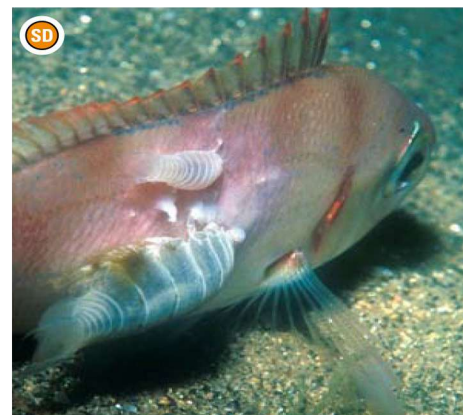
generalmente mientras estos duermen, haciendo uso de afiladas garras adosadas a sus patas. Una vez sujetos, se alimentarán de la sangre de su nuevo huésped. En peces de gran tamaño esto no supone un grave perjuicio. Sin embargo, en peces de menor tamaño puede llegar a debilitarles, e incluso, causarles la muerte si son parasitados por varios individuos.

• **Mutualismo y simbiosis:** Como mutualismo y simbiosis se conocen aquellas relaciones en las cuales dos especies se aprovechan la una de la otra, a la vez que se produce un beneficio mutuo. Sin embargo, mientras que el mutualismo adquiere un carácter ocasional, la simbiosis se presenta de un modo obligatorio y permanente.

-En L'Océanogràfic podemos observar algún ejemplo de mutualismo, denominado "Estaciones de limpieza". Esto lo encontramos en la torre Tropicales y en la torre Bermudas: Los peces limpiadores suelen ser pequeños y de colores llamativos. Se mantienen en una determinada zona desde la que llaman la atención por medio de complicadas danzas acuáticas hasta que acuden otros peces mayores para ser desparasitados y limpiados. En el parque tenemos varios peces limpiadores, pero los que tal vez, se puedan observar mejor son las viejas coloradas (*Bodianus rufus*), situados en la torre Bermudas. Sus clientes son muy variados, desde el pez luna (*Mola mola*), a las seriolas, los sargos, etc.

-Ejemplo de simbiosis lo encontramos en los corales: Dentro de los llamados corales duros, el grupo de los hermatípicos son los principales responsables de las formaciones de arrecifes coralinos. Sin embargo, para formar la estructura de carbonato cálcico, viven en simbiosis con diminutas algas unicelulares denominadas zooxantelas. Estas algas necesitan de la fotosíntesis para generar los nutrientes y la materia orgánica, así como el oxígeno, que los pólipos utilizan para crear el carbonato cálcico y respirar respectivamente. A cambio las algas ganan protección, refugio y compuestos inorgánicos. El color que toma la estructura coralina se debe al color de las algas que viven en su interior. Estos pueden albergar hasta 1 millón de zooxantelas por cm².

Los corales que viven en simbiosis con las algas pueden generar hasta 10 veces más carbonato cálcico (CaCO₃) que aquellos corales que no presentan simbiosis. Es por esta razón que a este grupo se lo denomina hermatípico "formador de arrecifes coralinos".



Pez con parásitos

1.3 LA REPRODUCCIÓN

Los organismos vivos tienen la capacidad de crear réplicas de sí mismos, gracias a este fenómeno la perpetuación de la vida está asegurada. Esto es la reproducción.

1.3.1

Tipos de Reproducción.

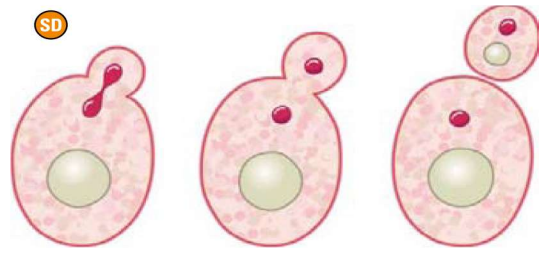
Existen dos tipos de reproducción; la asexual y la sexual.

1.3.1.a Reproducción asexual.

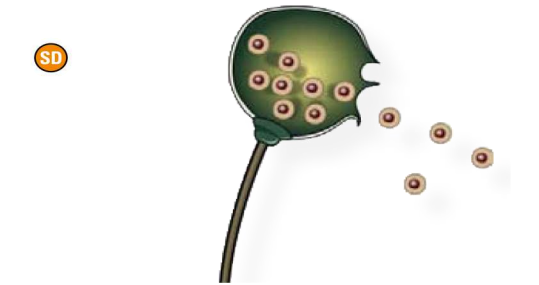
Este tipo de reproducción se lleva a cabo por un solo individuo, sin intervención de gametos. Los descendientes, o clones, tienen el mismo genotipo⁶ que su progenitor. La reproducción asexual es un método rápido y sencillo de multiplicación de los organismos y se realiza con diversas modalidades, que luego veremos. En la reproducción asexual, un individuo se autorreproduce sin la intervención de una pareja, y en consecuencia toda la descendencia es genéticamente idéntica (clon) al progenitor. Se da en muchos invertebrados, y no existe en los vertebrados. La mayoría de los individuos que se reproducen asexualmente, también lo hacen sexualmente.

⁶ Conjunto de los genes de un individuo.

La reproducción asexual se puede realizar de tres formas:

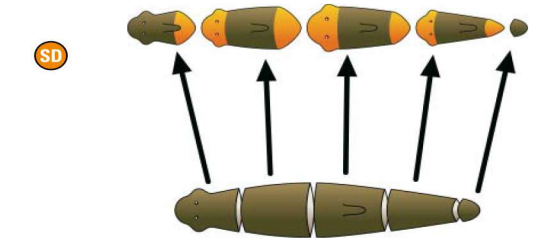


• **La gemación:** Los nuevos individuos surgen a partir de yemas. Consiste en la formación sobre el cuerpo del progenitor de unas proyecciones (las yemas) que crecen, se desarrollan y originan nuevos individuos. Estos pueden independizarse o permanecer unidos al organismo parental y dar origen a una colonia. Está presente en esponjas, celentéreos, platelmintos y tunicados.



• **Esporulación:** Consiste en la formación de unas estructuras protectoras, las esporas.

Una espora o yema interna es un agregado de células rodeado por una envoltura protectora. Muchas esponjas de agua dulce forman esporas durante el otoño, que soportan las condiciones desfavorables dentro del cuerpo seco o congelado del progenitor y, en primavera, cuando el ambiente es favorable, las células internas de la esporas salen y forman una esponja. Esto también ocurre en los hongos.



• **Escisión:** Es un mecanismo de regeneración de un individuo completo a partir de alguna de sus partes.

Aunque suele ser fruto de algún accidente sufrido por el animal, ciertas especies se fragmentan espontáneamente para originar nuevos individuos, como algunos poliquetos, oligoquetos, poríferos, cnidarios, platelmintos o equinodermos.

1.3.1.b Reproducción sexual.

La reproducción sexual, con el intercambio de material genético entre individuos está presente en la gran mayoría de especies. Ello asegura a las poblaciones el mantenimiento de la variabilidad gracias a la cual, mediante la selección, pueden hacer frente a las exigencias ambientales. El intercambio de material genético puede producirse por simple transferencia de ADN a través de la célula bacteriana en el caso de las bacterias, o con la producción de gametos de sexo distinto a partir de cuya unión se forma el cigoto en los eucariotas.

Existen dos tipos de especies: unisexuales y hermafroditas.

• **Las especies unisexuales:** Son especies que tienen los sexos separados, y se diferencian en machos y hembras. La mayoría de los animales son de sexos separados. Los de sexo masculino, los machos, producen espermatozoides y los de sexo femenino, las hembras, forman óvulos.

La diferenciación entre macho y hembra se basa en el tamaño y la movilidad de los gametos que producen.

En muchas ocasiones, los individuos de especies unisexuales presentan dimorfismo sexual, que se manifiesta en diferencias morfológicas notables entre ambos sexos, en el tamaño, la forma, el color y algunas estructuras particulares. Estas diferencias pueden ser de dos tipos:

-Temporales: si sólo se manifiestan en la época de celo, como el cambio de coloración de algunos reptiles y aves.

-Permanentes: si se manifiestan durante toda la vida, como la cresta de los gallos, o la barba en los varones de la especie humana.

• **Las especies hermafroditas:** los individuos hermafroditas forman óvulos y espermatozoides.

Los animales hermafroditas producen ambos tipos de gametos, que se pueden formar en gónadas diferentes o en un órgano único llamado ovotestis.

Algunos hermafroditas parásitos, como la tenia, se autofecundan. La mayoría lo evitan, e intercambian gametos con otros individuos de su misma especie.

Para evitar la autofecundación, los caracoles y las lombrices de tierra, por ejemplo, maduran las gónadas masculinas y femeninas en épocas diferentes. En otros casos, es la propia anatomía del cuerpo la que lo impide, y dos gametos reproductores se abren al exterior en dos regiones distantes del cuerpo.

Algunos peces, conocidos como hermafroditas sucesivos o secuenciales, experimentan durante su vida cambios de sexo programados genéticamente.

1.3.2 Animales.

Los organismos marinos presentan una gran variedad de modalidades de reproducción y ciclos de vida.

En L'Océanogràfic encontramos algunos ejemplos:

1.3.2.a Invertebrados.

Algunos grupos de invertebrados marinos alternan reproducción sexual y asexual. Esto ocurre en los poríferos (esponjas) y en los cnidarios (corales y anémonas).

En la reproducción sexual la fecundación suele ser externa, excepto en algunos casos como los moluscos cefalópodos, cuyos machos introducen el esperma en el interior del cuerpo de la hembra con un tentáculo modificado llamado hectocotilo.

En muchos grupos el desarrollo es indirecto, de manera que los organismos pasan por uno o más estados larvarios antes de alcanzar la morfología de adulto. Esto ocurre en poríferos, cnidarios, moluscos y crustáceos, aunque hay excepciones como el cangrejo de río, que tiene desarrollo directo. En los organismos sésiles, como esponjas (torre Mediterráneo y Templados), corales (torres Tropicales) y moluscos bivalvos (torre Mediterráneo), las larvas suelen ser planctónicas, hecho que contribuye a la dispersión de la especie ya que así las corrientes oceánicas las transporta lejos de donde fueron engendradas.

1.3.2.b Peces Óseos.

Los peces óseos se reproducen sexualmente y suelen presentar sexos separados. La fecundación es externa y entre el macho y la hembra existe un mecanismo por el que se sincroniza la expulsión de los gametos femeninos y masculinos. Los peces que viven en bancos liberan simultáneamente grandes cantidades de gametos y los huevos fecundados quedan flotando. Los peces costeros suelen realizar comportamientos de cortejo precediendo a la puesta. Los huevos fecundados se entierran, se adhieren al sustrato o se depositan en nidos vigilados por los progenitores.

Muchos peces óseos son hermafroditas:

-Los meros (*Epinephelus marginatus*, torre Océanos) y las julias (*Coris julis*, torre Mediterráneo) son proterogínicos, pasan la primera parte de su vida siendo hembras y posteriormente se transforman en machos.

-El Raspallón (*Diplodus annularis*, torre Mediterráneo) es hermafrodita proterándrico ya que empieza siendo macho para después convertirse en hembra.

-Otros sargos como la mojarra y el sargo picudo (*Diplodus vulgaris* y *Diplodus puntazzo*, torre Mediterráneo) cambian de sexo sin un orden establecido.

1.3.2.c Peces cartilagosos.

Los peces cartilaginosos son unisexuales (con sexos diferenciados) y se reproducen sexualmente con fecundación interna. Los machos de tiburones y rayas presentan dos órganos copuladores externos llamados pterigópodos entre las aletas pélvicas que les sirven para introducir el esperma en el cuerpo de la hembra. Los pterigópodos son bastante visibles en el macho de tiburón toro. Los podemos encontrar en la torre de Océanos.

Entre los peces cartilaginosos hay especies ovíparas, ovovivíparas y vivíparas:

-Las pintarrojas (*Scyliorhinus canicula*) y las rayas, ambas en la torre Mediterráneo, ponen huevos de forma rectangular, que presentan filamentos en sus extremos con los que se adhieren a las rocas o a la vegetación. Es por lo tanto Ovípara.

-Los tiburones toro (*Carcharias taurus*, torre Océanos) son ovovivíparas. Los huevos fecundados se mantienen en el interior de las cámaras uterinas de la hembra. Cuando eclosionan ocurre un fenómeno de canibalismo intrauterino; el primer tiburón que nace en cada una de las cámaras devora el resto de los huevos, de manera que al final sólo quedan dos crías.

-Los tiburones grises (*Carcharhinus plumbeus*, torre Océanos) son vivíparas. Los embriones se desarrollan en el interior del cuerpo de la hembra y son alimentados por nutrientes de la corriente sanguínea de la madre a través de una placenta o de secreciones uterinas nutritivas.

1.3.2.d Aves.

Las aves son animales altamente sociales, especialmente en la época de cría. El sistema de apareamiento más usual es la monogamia y normalmente ambos progenitores comparten la responsabilidad del cuidado de los polluelos. La reproducción es ovípara y los huevos se protegen en nidos de diferentes tipos según las especies. En las instalaciones de Humedales, el lago central, y la torre Antártico se puede observar, en la época de reproducción, la nidificación y cría de diferentes tipos de aves. Entre ellas destacamos:



Garceta (*Egretta garceta*)

-Garceta (*Egretta garceta*): construyen sus nidos en primavera, entre cañas, matorrales o en las ramas de los árboles. La hembra pone 4 huevos que incuban ambos progenitores entre 21 y 25 días.

-Ibis Escarlata (*Eudocimus ruber*): construyen sus nidos en los manglares. Ponen entre 3 y 5 huevos que tardan de 19 a 23 días en eclosionar. Ambos progenitores participan en la incubación.



Ibis escarlata (*Eudocimus ruber*)



Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*)

-Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) no tienen una época determinada de reproducción pero acostumbran a hacerlo de octubre a noviembre y de abril a mayo. En general suelen poner dos huevos y los periodos de incubación varían entre 27 y 30 días. La incubación y alimentación de los polluelos es tarea de ambos sexos. Los polluelos nacen cubiertos por un plumón grisáceo, o con dibujos blancos o grises suaves y reciben el alimento regurgitado del buche de sus padres.

Cuando los jóvenes pingüinos han adquirido su primer plumaje, entran al mar y se buscan alimento por sí mismos.

1.3.2.e Reptiles.

Los reptiles son ovíparos. Las tortugas marinas, situadas en la torres Templados, se aparean en el agua y las hembras salen a tierra a poner sus huevos en la misma playa en la que nacieron. Tras excavar con sus patas un agujero depositan unos 200 huevos. Después de enterrarlos regresan al mar. La incubación depende del calor procedente del sol y al cabo de 60 días se produce la eclosión. Las tortugas recién nacidas se dirigen instintivamente hacia el mar.

1.3.2.f Mamíferos marinos.

Los mamíferos marinos, al igual que el resto de los mamíferos, paren crías vivas que amamantan durante un período de tiempo variable según las especies. Sin embargo, su adaptación a la vida acuática hace que su reproducción presente algunas peculiaridades:

- **Pinnípedos:** La palabra pinnípedos significa: pies en forma de aletas. Estos son animales gregarios que se reúnen en grandes grupos en tierra firme en la época reproductora. La estrategia más común es la poligamia.



-Las focas dependiendo de la especie se aparean en tierra o en el agua, pero todas dan a luz en tierra firme. Los leones por su parte se aparean y dan a luz en tierra. La gestación dura casi un año en ambos grupos pero se diferencian en la duración del período de lactancia. En las focas las crías tienen un desarrollo muy rápido y la lactancia dura pocos meses. En los leones marinos las crías pueden permanecer junto a sus padres hasta dos años, pero normalmente solo están bajo la protección de sus progenitores 1 año.

-Las morsas se aparean en el agua y la gestación dura 16 meses. El parto tiene lugar en tierra y la cría es amamantada y cuidada durante 2 años.

- **Cetáceos:** Los cetáceos son los únicos mamíferos marinos cuya reproducción ocurre completamente en el medio acuático. Se aparean, dan a luz y amamantan a sus crías en el interior del agua. El nacimiento se inicia con la salida de la cola de la cría. Para no romper la forma hidrodinámica, los machos de los cetáceos tienen los órganos genitales internos y las hembras tienen internas las glándulas mamarias. Como la mayoría de los cetáceos tienen un morro rígido que les impide mamar, las hembras expulsan la leche de forma activa por medio de una musculatura especial. La cría se acerca y forma con su lengua un canal para impedir que la leche se diluya en el agua. Las especies de cetáceos de L'Océanogràfic (Delfín mular, *Tursiops truncatus* y Beluga, *Delphinapterus leucas*) se encuentran dentro de un programa de reproducción en medio controlado.



1.3.3 Algas.

Las algas pluricelulares presentan un ciclo vital en el que se alternan una generación haploide (gametófito), que se reproduce por vía sexual, y una diploide (esporófito), que se reproduce por medio de esporas.

En las algas se da también reproducción asexual por multiplicación vegetativa a partir de propágulos o fragmentos del talo.

1.3.4 Fanerógamas marinas.

La *Posidonia oceanica* es una fanerógama que presenta flores hermafroditas. El polen es trasladado a través del agua y tras la fecundación se produce un fruto llamado oliva de mar, que se desprende de la planta y flota a merced de las corrientes. Cuando el fruto se abre, las semillas caen al fondo y germinan de inmediato.

También tiene un desarrollo de rizomas, que pueden crecer horizontalmente y verticalmente. Los primeros permiten a la planta colonizar nuevos espacios y los segundos, contrarrestar la deposición del sedimento mediante crecimiento vertical.



1.4 LAS ADAPTACIONES

En el mar nos encontramos con los más diversos ambientes y en todos ellos existen organismos que los ocupan con adaptaciones morfológicas particulares, que cada especie ha sufrido a lo largo de la evolución. Dichas adaptaciones están relacionadas con las características ecológicas del medio en el que viven, desde el ecuador a los polos, desde las aguas superficiales a las grandes profundidades.

Hablando en un sentido amplio, el ambiente marino presenta una estabilidad bastante mayor en relación a las tierras emergidas y a las aguas continentales; sobre todo en aguas profundas, donde los parámetros (temperatura, densidad, salinidad, luminosidad) se mantienen estables. Sin embargo, en las zonas pelágicas más cercanas a la superficie y a lo largo de la costa, las variaciones son mucho más acentuadas (con respecto a las aguas profundas) y pueden alcanzar valores extremos. Los organismos reaccionan a las diversas situaciones gracias a una serie de adaptaciones, características de cada especie, que les permiten alcanzar temporalmente nuevos equilibrios.

Como ya hicimos al principio de este bloque temático, definimos “Adaptación” como estructura anatómica, proceso fisiológico o rasgo del comportamiento que mejora la capacidad de un organismo para sobrevivir y se transmite a la descendencia. Para sobrevivir en el medio acuático, los seres vivos tienen una serie de características morfológicas, fisiológicas y etológicas⁷ que les permiten realizar convenientemente sus funciones vitales. Muchas de ellas ya las hemos comentado en los apartados de nutrición, relación y reproducción por lo que aquí nos limitaremos a comentar algunas adaptaciones destacables no tratadas con anterioridad.

1.4.1

Adaptaciones al movimiento en el medio acuático.

Los animales que viven en tierra firme, al igual que nosotros, luchan constantemente contra la gravedad. Cuando subimos una escalera o caminamos por una habitación, levantamos todo nuestro peso a cada paso. Ni si quiera cuando nos quedamos de pie sin movernos nos libramos de la ley de la gravedad, porque las piernas siguen soportando el peso de nuestro cuerpo. Si bien tenemos que hacer un esfuerzo constante para mantenernos simplemente erguidos, movernos a poca velocidad por el aire que nos rodea no nos resulta difícil. Por el contrario, el agua de mar es 800 veces más densa que el aire y dificulta el movimiento de forma considerable, por lo que la morfología externa de los peces se desarrolla en función de la fuerte presión a la que están sometidos en el medio acuático.

A pesar del inconveniente que significa moverse en un medio denso y viscoso, los animales marinos tienen una ventaja sobre los terrestres. En el agua, una fuerza de flotabilidad empuja los objetos hacia la superficie, con lo cual la fuerza de gravedad casi se equilibra. Esto está basado en el conocido principio de Arquímedes “todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado”.

Los peces que viven en zonas rocosas no recorren grandes distancias, sino que suelen vivir nadando lentamente en el mismo territorio. Esto es posible, gracias que tienen una bolsa llena de gas dentro de su cuerpo, llamada vejiga natatoria, sin la cual se hundirían poco a poco, ya que sus cuerpos son algo más pesados que el agua del mar. Por el contrario los grandes nadadores como el atún y los tiburones carecen de esta vejiga. Los tiburones están provistos de un hígado muy grande, dentro del cual tienen un aceite llamado escualeno, que le ayuda a tener mejor flotabilidad.

Los desplazamientos en el agua están fuertemente condicionados por la *longitud relativa*. Esta *longitud relativa* hace referencia a la relación entre longitud del cuerpo y su mayor dimensión transversal (altura). Los desplazamientos se ven influidos así-

⁷ Parte de la biología que estudia el comportamiento de los animales.

mismo por la fricción de la superficie del cuerpo contra las capas de agua, que es directamente proporcional a la superficie del cuerpo y aumenta con la longitud del mismo.

El agua nos la podemos encontrar en estado laminar (regular), turbulenta (irregular) o en estado de transición entre ambas. Está claro, que el primer estado es el que produce menos resistencia y el segundo el que más.

La turbulencia comienza cuando la delgada capa de agua que se encuentra junto al cuerpo en movimiento (capa limítrofe) se vuelve inestable. Si se estabiliza esta turbulencia de la capa limítrofe, se puede mantener la corriente laminar en todo el cuerpo. Los peces y mamíferos poseen estos mecanismos de estabilización: al cambiar constantemente de forma para adecuar la superficie de su cuerpo a las líneas de corriente, son capaces de moverse a unas velocidades que no puede igualar una réplica exacta, pero rígida, con su misma forma.

En una época se creía que los peces nadaban gracias a sus aletas caudales, que se arqueaban detrás de ellos. Pero analizando diferentes grabaciones del movimiento se ha demostrado que los peces nadan mediante la ondulación lateral de todo el cuerpo. De hecho, los peces que han sufrido la amputación de su aleta caudal pueden nadar, y algunos también como los peces de la misma especie que están intactos.

Los músculos que los peces tienen en los costados son los más fuertes, mientras que los que están asociados con las aletas son relativamente débiles. Al nadar, por cada lado del pez pasa una sucesión de contracciones. Algunos de los segmentos musculares en forma de W, o miómeros, se contraen de un lado, y los que se encuentran del lado opuesto se relajan y se estiran. Esto arquea el cuerpo del pez, que entonces empuja el agua primero de un lado y después del otro.

El armazón flexible del pez constituye una buena base para los músculos. La columna vertebral se extiende desde cerca de la cabeza hasta la cola y está formada por muchas vértebras. Estas están articuladas para permitir un movimiento lateral y son lo suficientemente fuertes como para resistir la enorme presión que deben soportar cuando los músculos se doblan.

Los nadadores rápidos que se desplazan libremente en alta mar, presentan un cuerpo ideal, de aspecto fusiforme. Como ejemplo de este tipo de peces tenemos a algunas especies pelágicas como el jurel (*Trachurus trachurus*), o la seriola (*Seriola dumerilii*) y algunos tiburo-nes. Tal vez el más perfecto por su hidrodinamismo y morfología sea el tiburón gris (*Carcharhinus plumbeus*), el cual ha evolucionado poquísimo, simplemente porque no lo ha necesitado, es una máquina "casi perfecta". Todos estos peces los podemos contemplar en la torre Océanos.

Los peces que habitan medios complejos, como costas rocosas o arrecifes de coral, presentan morfologías más variadas. El cuerpo es generalmente más corto y alto, y las aletas son de mayor tamaño, lo que les permite una mayor maniobrabilidad, por ejemplo los peces cirujanos. Algunos como las morenas tienen un cuerpo anguiforme (forma de serpiente) que les permite desplazarse con facilidad por las cavidades rocosas. Podemos observar numerosos ejemplos de estos peces en la torre Mediterráneo y en los acuarios de arrecife de la torre Tropicales.

Las especies bentónicas (que viven en el fondo marino), presentan un aplastamiento dorsoventral. Esta adaptación es fácilmente observable en muchos peces cartilagosos como la raya mosaico (*Raja undulata*), en Mediterráneo, pastinaca violeta (*Pteroplatytrygon violacea*) y tiburones guitarra (*Rhinobatos rhinobatos*) en la torre Océanos. También lo podemos observar en algunos peces óseos como el lenguado del pacífico (*Pleuronichthys coenosus*) en la torre Templados en el acuario de Kelp. Pero cualquiera que sea su forma, todos los peces son similares en lo que respecta a la simetría lateral.



Jurel (*Trachurus trachurus*)

La mayoría de las especies presentan características correspondientes a más de una categoría morfológica. Por ejemplo son pocos los peces que tienen una forma totalmente fusiforme. La mayoría de los que se acercan a esta forma tienen algún tipo de aplastamiento lateral. Algunos son alargados además de tubulares, combinando así las formas fusiformes con las asaetadas, como por ejemplo la barracuda (*Sphyraena barracuda*).

Las aletas para los peces son como los brazos y piernas para los seres humanos. La mayor parte de los peces poseen dos tipos generales de aletas: las impares o verticales y las pares, que se encuentran a ambos lados del cuerpo. Las aletas verticales incluyen las dorsales, en el dorso, la aleta de la cola o caudal y las anales, situada en el vientre, inmediatamente detrás del ano. Algunos peces llegan a tener hasta tres aletas dorsales. Las aletas pares por su parte, incluyen a las aletas pectorales, a ambos lados, cerca de la cabeza, son análogas a nuestros brazos y a las alas de las aves. También incluyen a las pélvicas, o aletas ventrales, se hallan por debajo y un poco detrás de las pectorales.

Las aletas se han adaptado a muchos fines, pero fundamentalmente se utilizan para la propulsión, la estabilidad, la dirección y el frenado.

El ser humano ha aprendido mucho de los animales que viven en el mar. Procuramos copiar las formas hidrodinámicas de algunos, como el atún, la caballa, el tiburón, y otros peces fusiformes que están diseñados para ser veloces. Los submarinos, por ejemplo, tienen un cuerpo cilíndrico, de extremos ahusados, y superficies anchas y planas, similares a las aletas pectorales de los peces. Ambos poseen un plano vertical análogo a la aleta dorsal o a la caudal de los peces.

1.4.2

Adaptaciones de los mamíferos marinos al medio acuático.

Dentro de los mamíferos vamos a distinguir las adaptaciones al medio acuático de:

- pinnípedos.
- cetáceos.

• Los **pinnípedos** pasan gran parte de su vida en el mar pero salen a tierra para descansar, mudar y reproducirse. Dentro del orden de los pinnípedos se aglutinan a una veintena de especies divididas en tres familias: fócidos (**focas y elefante marino**), otáridos (**leones marinos**) y odobénidos (**morsas**). Este orden tiene como características más común para la adaptación al buceo:

- Cuerpo hidrodinámico
- Extremidades en forma de aletas.
- Reducción de las proyecciones corporales (por ejemplo, orejas reducidas o inexistentes).
- Capa gruesa de grasa para protegerse de la pérdida de calor corporal.



En L'Oceanogràfic se pueden observar muy bien la mayoría de estas características, además podemos comparar las focas con los leones marinos y comprobar su grado de adaptación.

Las focas están más adaptadas a la vida acuática: no tienen orejas, en la natación se impulsan con las aletas traseras y son capaces de bucear durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, su desplazamiento en tierra es torpe y lento ya que se arrastran sobre su barriga.

Los leones marinos, sin embargo, se desplazan ágilmente en tierra por medio de sus cuatro extremidades. En la natación, se impulsan con las aletas delanteras y a los lados de la cabeza se pueden apreciar unas pequeñas orejas.

Coloquialmente hablando podríamos decir que las focas se sienten “más a gusto” en el mar que los leones marinos.



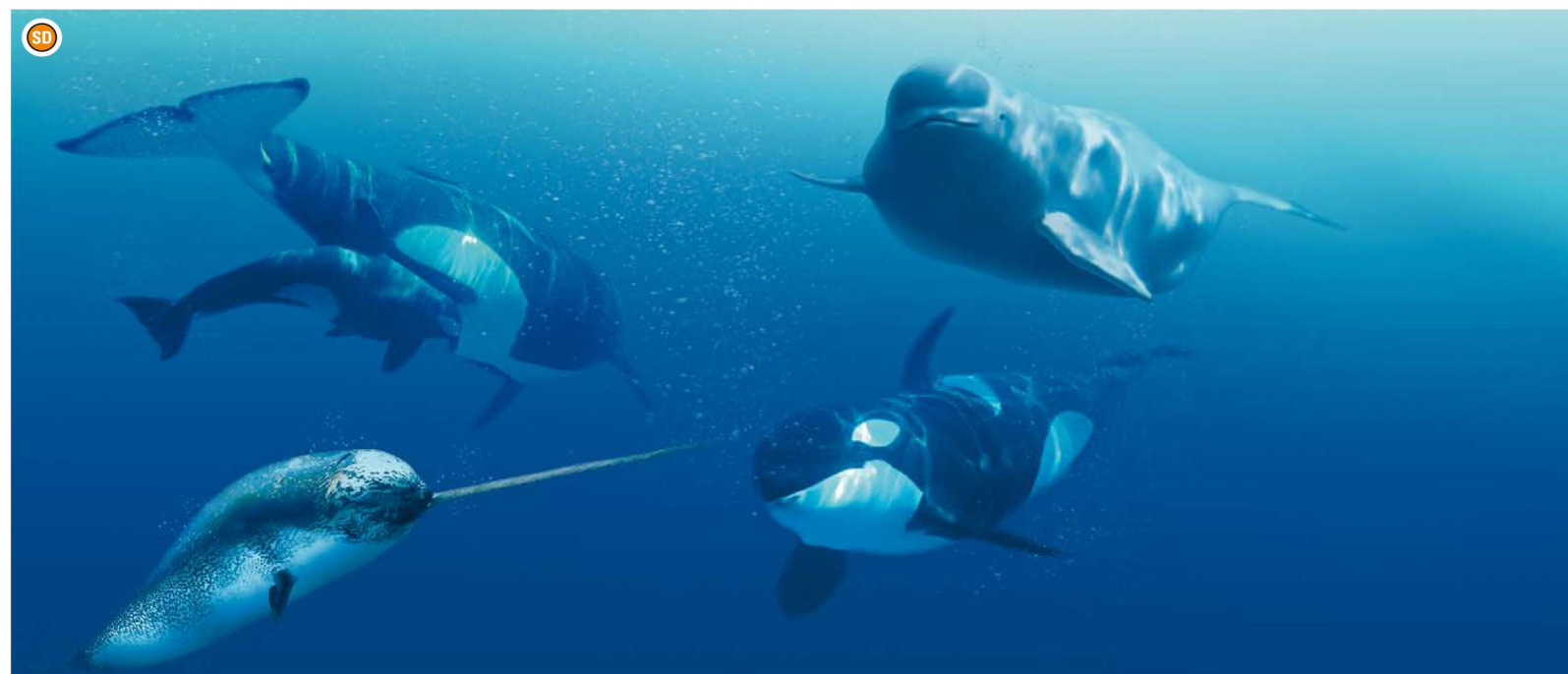
Las morsas (*Odobenus rosmarus*), se aparean dentro del agua. Pero para dar a luz, lo hacen sobre los témpanos de hielo. Como curiosidad estos enormes animales se ayudan de sus grandes colmillos (a modo de piolet) para salir del agua y desplazarse por la superficie helada.



• Los **cetáceos**, son acuáticos durante toda su vida y realizan todas sus actividades vitales en el agua. Se han adaptado a la vida acuática por completo desde que sus antepasados regresaran al mar, hace casi 70 millones de años. Los cambios más importantes son los que se refieren a la manera en que estos animales se mueven y respiran. Adoptaron el aspecto fusiforme de los peces primitivos. Los huesos del cuello se fueron acortando, hasta que desapareció el estrechamiento entre la cabeza y el cuerpo. El cuerpo fue adquiriendo una forma redondeada o cilíndrica, con la cual se redujo la resistencia. Los miembros anteriores se adaptaron, convirtiéndose en órganos anchos, achatados, con aspecto de paletas. Las extremidades posteriores desaparecieron, y sólo quedaron vestigios internos. La cola se convirtió en aleta caudal. Es precisamente esta aleta, sumada a los poderosos músculos del tronco de estos animales, la que les proporciona la fuerza propulsora que les permite sumergirse y nadar tan bien. A diferencia de la de los peces, la aleta caudal de los cetáceos es horizontal, y se mueve de arriba hacia abajo. En los peces, la aleta caudal es vertical y se mueve de un lado hacia el otro, con lo cual resulta fácil distinguir en el mar a los peces de los cetáceos.

Los podemos dividir en dos grandes grupos, los Odontocetos y los Misticetos.

Los Odontocetos se caracterizan por tener dientes cónicos todos iguales con los que atrapan a sus presas pero sin masticarlas. Además tienen una cualidad muy interesante y es que todos poseen un sistema de ecolocalización, que ya explicamos anteriormente en el apartado 2.2.1.c Ecolocalización en los cetáceos. Este grupo está conformado por los delfines de mar y de río, belugas, cachalotes, orcas, marsopas, zifios y narvales.



Los Mysticetos, por su parte, carecen de dientes y en su lugar tienen “barbas” que en realidad, son láminas de queratina que le cuelgan de la mandíbula superior, las cuales les sirve para filtrar el agua y retener el alimento. Es paradójico que el animal más grande del planeta se alimente fundamentalmente de un grupo de animales diminutos, es decir, del zooplacton.

El grupo de los misticetos carece del sistema de ecolocalización que sí tienen sus parientes los odontocetos. Este grupo está formado por las ballenas y los rorcuales.

El orden de los cetáceos tiene claras adaptaciones fisiológicas relacionadas con el buceo:

- Forma fusiforme.
- Extremidades anteriores transformadas en aletas y carencia de extremidades posteriores.
- Aleta dorsal con función estabilizadora o de regulación térmica.
- Aleta caudal que impulsa el movimiento por medio de un movimiento vertical.
- Cuello rígido.
- Reducción extrema de proyecciones corporales (carencia de pabellones auditivos, órganos genitales y glándulas mamarias internas).
- Ausencia de pelo.
- Orificio respiratorio (espiráculo) situado en la parte dorsal de la cabeza.
- Gruesa capa de grasa para protegerse de la pérdida de calor corporal

En L’Oceanogràfic podemos observar todas estas características si nos acercamos al delfinario, y allí nos detenemos a contemplar a nuestros delfines mulares (*Tursiops truncatus*). Si nos fijamos en estos animales veremos como se cumplen todas las características que acabamos de reseñar. Sin embargo, si nos vamos a la torre Àrtico podemos ver como las belugas presentan algunas diferencias.

Las belugas son animales que viven en zonas árticas, por lo que tienen una serie de adaptaciones peculiares que no tienen sus parientes los delfines. Son blancas. Esto se debe a que en su entorno predomina ese color por lo que se pueden camuflar sin dificultad. Además también carecen de aleta dorsal, que supondría un estorbo para la natación bajo el hielo.

Tampoco tienen un cuello rígido, sino que pueden moverlo perfectamente, esto les permite una mayor maniobrabilidad en un medio tan complejo.

Es muy común escuchar que a la beluga se le llama “ballena blanca”, lo cual nos puede llevar a error ya que realmente, como acabamos de ver, no es una ballena sino que está más emparentada con los delfines. El error, posiblemente venga de la traducción literal del nombre que recibe en inglés, “white whale” (ballena blanca).



1.4.3

Adaptaciones de las aves al medio acuático.

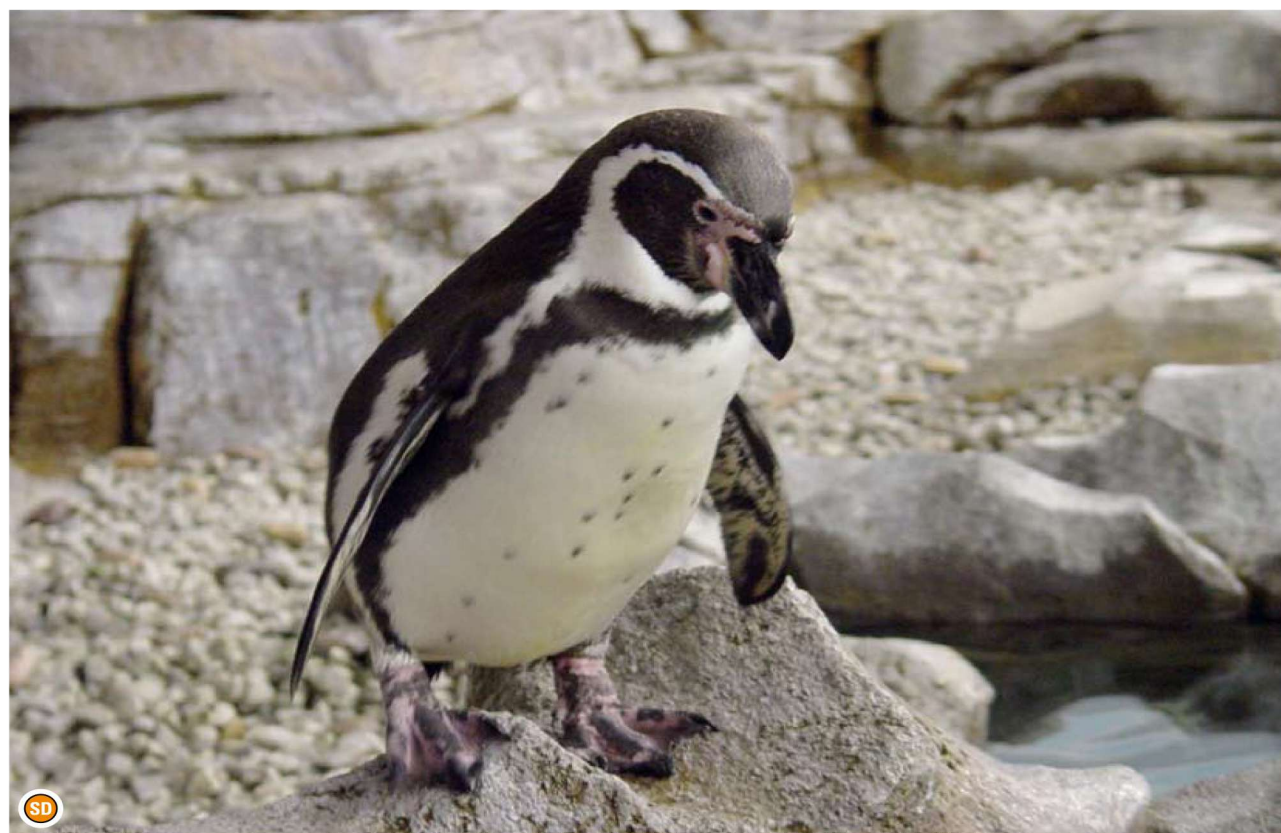
Los pingüinos son aves. Como tales, poseen las características de cualquier ave:

- Ya que tienen el cuerpo cubierto por plumas.
- Son homeotermos (regulan su propia temperatura corporal como nosotros).
- Se reproducen mediante huevos.
- Tienen pico.

Los pingüinos han alcanzado entre las aves el grado más extremo de adaptación a la vida marina, hasta tal punto que sólo visitan tierra firme para realizar la puesta, para mudar su plumaje o para descansar. Para ellos el mar es su hogar verdadero, pudiendo pasar meses sin visitar tierra firme.

Estas aves no voladoras viven en el hemisferio sur de la Tierra, la mayoría en las aguas que rodean la Antártida y algunos, en zonas por donde pasan corrientes de agua muy fría, como es el caso de los pingüinos de Humboldt y Magallanes que habitan en las costas de Chile y Perú. Sus principales características son:

- Alas pequeñas, en forma de aletas cubiertas de plumas, para impulsar la natación.
- Cuerpo en forma de torpedo ancho, para facilitar el desplazamiento en el interior del agua.
- Cola corta y pies palmeados, que utilizan como timón.
- Huesos sólidos y pesados, para disminuir la flotabilidad.
- Plumaje impermeable formado por plumas cortas y densas.
- Gruesa capa de grasa que les sirve para evitar la pérdida de calor corporal y como almacén de energía.



Tal vez una de las adaptaciones más llamativas de los pingüinos sea la “glándula uropigial”. Esta se sitúa cerca de la cloaca, en la cola y segrega una especie de líquido aceitoso, que el pingüino esparce por el plumaje con el pico. Este aceite les sirve para impermeabilizarse una vez que están en el agua. De esta forma, junto con la capa de grasa, evitan la pérdida de calor corporal y mantienen la flotabilidad.

CAPÍTULO

2

Conservación

2.1

TORTUGAS MARINAS

2.2

CETÁCEOS

2.3

ARRECIFES DE CORAL

2 CONSERVACIÓN

Históricamente la conservación del medio ambiente ha ocupado un lugar poco relevante en la sociedad. Hasta no hace muchos años, sólo acciones privadas de grupos ecologistas, eran las que promovían un mayor respeto por la naturaleza.

Desde la década de los 80, términos como: desarrollo económico y la integridad del medio ambiente, empiezan a ser objetivos compatibles, y se intenta aplicar métodos donde se tengan en cuenta ambas cosas. Es decir, se empieza a hablar de **desarrollo sostenible**.

Se entiende por desarrollo sostenible “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Informe Brundtland -El futuro de todos-. Comisión mundial para el desarrollo del medio ambiente de Naciones Unidas, 1987).

Desde este momento se empieza a tener una visión del medio ambiente mucho más global e integrada. Se deja de lado antiguas políticas de conservación a ultranza, que sólo creaban “islas medioambientales” protegidísimas, pero que para nada ayudaban al desarrollo de la zona tanto ecológica como económicamente.

No obstante, son muchas las formas de desarrollo que hoy en día no dan lugar a la compatibilidad de ambas necesidades, pues implican de diversas maneras la grave alteración del entorno a través de la contaminación y agotamiento de los recursos.

Centrémonos en las “funciones vitales de los organismos marinos”, y en cómo estas pueden cambiar por la acción antropogénica.

En la actualidad, las posibles modificaciones o adaptaciones de las funciones de los organismos marinos por la acción del ser humano, no se pueden saber. Estos cambios se producen muy lentamente y sólo al cabo de muchísimos años y tras varias generaciones podríamos observar cómo y en qué grado, la evolución ha dotado a los organismos de modificaciones morfológicas, fisiológicas o etológicas provocadas por el ser humano.

Sin embargo, sí podemos ver algún ejemplo de cómo la actividad humana influye en la vida de algunos animales, dificultando e interactuando con alguna función vital de los mismos.

2.1 TORTUGAS MARINAS

Tortuga boba (*Caretta caretta*).

Como bien sabemos las tortugas marinas son reptiles que se han adaptado a la vida en el mar. Son ovíparos, se reproducen mediante huevos. Realizan el desove en playas desérticas y tienen pulmones, por lo que necesitan salir a la superficie para respirar. Como vemos, estos animales siguen vinculados con la vida terrestre.



Tortuga boba

En el Mediterráneo viven 3 especies de tortugas marinas: Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), que no cría en nuestras costas; Tortuga verde (*Chelonia mydas*), de la que existen unas 1.000 hembras reproductoras en las costas de Turquía y Grecia; y la Tortuga boba (*Caretta caretta*), que es la más abundante (se calcula una población de jóvenes y subadultos de entre 100.000 y 250.000 ejemplares).

La Tortuga boba (*Caretta caretta*) además de ser la más abundante, es la que más visita nuestras costas, por lo tanto, es la que más interactúa con el ser humano.

Existe dos poblaciones de Tortuga boba en el Mediterráneo: la oriental que desovan en playas de Grecia, Turquía, Libia, Malta y Túnez; y la occidental, que tiene un origen tanto mediterráneo como atlántico. Estas acuden a nuestras aguas movidas por las corrientes, atraídas por las altas temperaturas de la superficie del agua y por la abundancia de alimento.

Se trata de dos poblaciones de composición y hábitos muy diferenciados que se mueven por dos cuencas bien distintas del mar Mediterráneo. Por tanto, la cuenca oriental juega un papel primordial como hábitat reproductor para la especie, que sitúa sus colonias de cría a lo largo de diversas playas de estas costas, y la cuenca occidental es una zona de reclutamiento y concentración de individuos subadultos que permanecen durante

un período más o menos largo, de duración aún no determinada, en su transición hacia la madurez sexual, la cual la desarrollan en el océano Atlántico.

La Tortuga boba (*Caretta caretta*) convive con distintas amenazas, o dicho de otra forma, existen diversas actividades humanas que influyen directamente en algunas funciones vitales de esta especie. Estas son:

- **Contaminación:** Son muchos los contaminantes que nos encontramos en el mar, pero de todos ellos, tras análisis realizados en muestra de tejidos hepáticos y renales aparecen en estos reptiles, por ejemplo: el cadmio (Cd), aluminio (Al), mercurio (Hg) o arsénico (As). No existen demasiados estudios, pero debido a la gran similitud de los sistemas hormonal e inmunológico que estas tortugas tienen con el ser humano, hace prever: alteraciones en el desarrollo sexual y neurológico, infertilidad, tumores y depresión del sistema inmune.

Existe otro tipo de contaminación, que tal vez, se encuentre más en la mano de todos el poder evitarla. Nos referimos a la



contaminación por plásticos, botellas, etc. Entre todos podemos evitar que estos residuos lleguen al mar, es fácil, **RECICLANDO**. Debemos saber que para una tortuga un plástico flotando a la deriva supone un manjar exquisito, ya que lo confunde con su plato preferido "las medusas". Estos plásticos pueden provocar la muerte del animal, al concentrarse en el estomago cantidades suficientes para impedir la nutrición normal. Además estos residuos no biodegradables permanecen durante años en los océanos, y aunque no sean ingeridos, pueden provocar atrapamientos de algún miembro, que les impida una buena natación e incluso la mutilación del mismo.

- **Pesca no selectiva:** Existen diversos artes de pesca no selectiva como es la pesca del palangre o la de redes de deriva que diezma

considerablemente la población de tortuga boba (*Caretta caretta*). Sólo la flota palanquera española captura de forma no intencionada unas 20.000 tortugas bobas cada año. Se estima que el 24% de estas capturas mueren directamente y un 37% sufren heridas producidas por los anzuelos y sedales.

• **Desaparición y alteración de hábitats:**

Las tortugas marinas necesitan playas desérticas y tranquilas donde poner sus huevos. No es difícil imaginar, que en este punto, la acción humana influye y altera el comportamiento de estos reptiles. La presión turística en el litoral provoca la excesiva construcción de hoteles, puertos deportivos, espigones, paseos marítimos... provocando la destrucción o la grave alteración de muchas playas. Además, el exceso de ruido e iluminación en las zonas costeras desorienta y produce estrés en las hembras, disminuyendo notablemente el éxito reproductor y provocando la pérdida de muchas puestas.

Como acabamos de ver, no podemos hablar de adaptaciones evolutivas de las tortugas provocadas por la presión antropogénica, pero sí vemos como diversas actuaciones humanas provocan alteraciones en algunas de las funciones vitales de estos reptiles (reproducción, alimentación).

2.2 CETÁCEOS

Cachalote (*Physeter macrocephalus*).

Durante este bloque hemos visto distintas funciones vitales de los cetáceos: ecolocalización, comunicación sonora, reproducción y la adaptación al movimiento en la vida acuática.

A continuación vamos a ver como el hombre puede influir en la distribución de estos cetáceos. Concretamente en las poblaciones de cachalote (*Physeter macrocephalus*) situados en aguas de las Islas Canarias.

Sin descartar la importancia de otros sentidos, la utilización de las señales acústicas por los cetáceos, tanto a nivel de su producción como de su recepción, les permite entre otras funciones, garantizar la coherencia social, la búsqueda de los alimentos y una correcta tasa de reproducción individual o en el seno de una población.

Los cetáceos en general parecen utilizar canales de tejido blando para la conducción del sonido hasta el oído, los cuales pueden disminuir el potencial acústico de recepción. Los oídos interno y medio de los cetáceos están altamente modificados en su estructura en comparación con el de los mamíferos terrestres, para así poder acomodarse de forma rápida a los cambios de presión que han de soportar diariamente.

El producto final es un oído acústicamente sensitivo que está simultáneamente adaptado a soportar cambios de presión extremos y moderadamente rápidos que se dan en el medio acuático.

Las Islas Canarias constituyen un archipiélago privilegiado, con respecto a la abundancia y diversidad de cetáceos, habiéndose citado 26 especies entre ballenas, rorcuales, delfines, zifios...

Las Islas tienen una serie de características que las hacen muy atractivas para los cetáceos, ya que existen grandes profundidades cerca de la costa, y zonas de mar en calma en la parte suroeste de las mismas. Además tiene una situación estratégica en la ruta de muchas especies migratorias. Todo esto permite el establecimiento de poblaciones permanentes de cachalotes (*Physeter macrocephalus*), delfín mular (*Tursiops truncatus*) y calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*).



Entre las distintas islas del archipiélago existe un transporte marítimo cada vez más denso. Se suelen utilizar dos tipos de embarcaciones denominadas fast ferries. Las más antiguas son monocasco y las modernas son bicasco (catamarán). Ambas utilizan tecnologías de propulsión diferentes y por tanto velocidades medias y producción de ruidos también distintos, siendo más elevados en el modelo catamarán que en el monocasco.

Los canales que son cubiertos por los fast ferries pueden ser considerados como un área muy sensible para los cetáceos, tanto que debería de ser declarado santuario marino. Entre otras especies cabe destacar una población de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) residentes todo el año (M. André, 1998). Además de las especies residentes, estos canales son cruzados por muchas especies migratorias, incluidas algunas tan amenazadas como la ballena franca boreal (*Eubalaena glacialis*) o el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*).

Las colisiones entre este tipo de embarcaciones con los cachalotes y otros cetáceos residentes son muy habituales y se ha incrementado en los últimos 10 años, desde la introducción de los fast ferries catamarán. Encontrándose, cada vez más, animales varados en la playa con lesiones severas y evidentes marcas de un impacto violento.

Debido a esto se han impulsado acciones destinadas a disminuir este tipo de colisiones. Se han llevado a cabo Experimentos de Exposición Controlada (CEE, Controlled Exposure Experiments) para analizar la viabilidad del uso de Sistemas de Altavoces Submarinos (UWS, Underwater Speakers) para prevenir colisiones y apartar a los cachalotes y otras especies de cetáceos de las rutas de los ferries. El principal propósito de estos experimentos era observar las respuestas en la conducta de los cachalotes y valorar la eficacia de este método para mantenerles alejados de los trayectos de los fast ferries.

Los ferries emiten un ruido de baja frecuencia y tras los experimentos se observó que ninguno de

los sonidos de baja frecuencia emitidos producían cambio alguno en la conducta de los cetáceos. Las observaciones durante los experimentos con el sistema de altavoces submarinos, sugiere la posibilidad de que la población de cetáceos residentes puedan haber perdido sensibilidad en la banda de bajas frecuencias generadas por los motores y hélices de los barcos y esto puede hacer que no reaccione a tiempo para prevenir las colisiones. Esto también está refrendado, por el análisis de las estructuras del oído interno de varios cachalotes muertos por la colisión con un ferry en aguas de Gran Canaria.

Para concluir y mirando desde el punto de vista conservacionista, se estima que una población de cetáceos está en peligro si su hábitat sufre una presión externa, continua y excesiva. Influyendo negativamente en el desarrollo de su comportamiento normal y pudiendo alterar sus capacidades reproductoras.

Aunque no hay datos estadísticos de una relación directa entre la polución acústica procedente del tráfico marítimo y exposiciones a bajas frecuencias en largos periodos, y un incremento del ratio de colisiones que posiblemente induzca el declive de la población local de cachalotes, los resultados combinados de los análisis de Experimentos de Exposición Controlada y el análisis de las estructuras del oído interno, sugieren que los sonidos de baja frecuencia procedentes de los barcos pueden ser considerados como un peligro acústico marino.

Como hemos visto, el ser humano interactúa directamente en algunas de las funciones vitales de los cetáceos. En este caso no podemos hablar de una adaptación de estos animales a la perturbación provocada por el ser humano, ya que para esto se necesitaría mucho más tiempo e investigaciones. Pero sí queda claro que la acción antropogénica influye en el comportamiento de los animales con los que interactúa (función de comunicación), en este caso muy negativamente.



2.3 ARRECIFES DE CORAL

Blanqueo del Coral

Los arrecifes de coral son ecosistemas de una gran biodiversidad y elevado valor ecológico. Se sitúan en mares tropicales, donde la temperatura del agua es siempre superior a 20°C además necesitan de aguas limpias y transparentes, para que los rayos solares puedan penetrar sin problemas.



Un coral no es un individuo en sí mismo, sino que miles de individuos (pólipos de coral) se unen formando una colonia y esta será la que nos dé la estructura coralina.

Los pólipos de coral son animales invertebrados (phylum de los cnidarios), emparentados con las medusas y las anémonas. Estos crean los arrecifes a base de ir acumulando CaCO_3 que recogen del agua.

Como ya hemos visto en este dossier (ver pag 22, "mutualismo y simbiosis") los pólipos viven en simbiosis con unas microalgas unicelulares denominadas zooxantelas. Estas microalgas son las responsables de que los corales tengan colores tan variados y vistosos. Además, como ya vimos anteriormente, gracias a estas zooxantelas los corales crecen hasta 10 veces más rápido que aquellos que carecen de ellas, obteniendo alimento a través de la fotosíntesis (que es el mismo proceso biológico por el que las plantas generan alimento a partir de la luz). Los corales que se sitúan por debajo de 40 metros de profundidad, por lo general carecen de zooxantelas ya que éstas no pueden realizar la fotosíntesis.

¿Es importante proteger los arrecifes de coral? La pregunta se responde por sí sola ya que estos ecosistemas son importantísimos tanto para la vida de nuestros océanos como para la economía de muchas poblaciones humanas.

Los arrecifes constituyen una barrera muy efectiva contra la acción erosiva de las olas y tormentas. Son zonas de cría y alevinaje de más de 200 especies de animales (crustáceos, peces, reptiles...). Muchas aves costeras encuentran descanso, alimentación y zonas de nidificación en estos lugares. También existen plantas y animales con propiedades medicinales que son explotadas por el hombre para curar multitud de enfermedades.

Existen numerosas actividades turísticas asociadas a estos ecosistemas que dan mucho beneficio económico, además de la innegable importancia para la pesquería puesto que sostienen especies que son la base de la producción pesquera mundial.

Tras ver resumidamente la importancia de estos ecosistemas vamos a abordar el problema del blanqueo del coral. Los corales son blancos ya que el exoesqueleto está formado por CaCO_3 de color blanco. Como ya sabemos, el colorido tan deslumbrante se debe a las zooxantelas, las cuales, están presentes en un número elevadísimo: 1 millón por cm^2 . Por lo que este blanqueo se debe a la pérdida de estas diminutas algas unicelulares. El blanqueo del coral es una afección que puede dañar seriamente o destruir sistemas



enteros de arrecifes coralinos. Cuando los corales están estresados expelen las zooxantelas. Sin estas, los corales no pueden sobrevivir y al final terminan muriendo.

La pérdida de color masiva es considerada por la mayoría de los científicos de arrecifes como una amenaza muy importante para la salud de los arrecifes de coral del planeta.

Uno de los más exhaustivos estudios acerca de este problema lo ha realizado el profesor Ove Hoegh-Guldberg, uno de los principales expertos mundiales en blanqueo del coral.

En su informe llega a la conclusión de que el aumento de la temperatura oceánica está ocasionando un aumento en la intensidad, frecuencia y extensión del fenómeno de blanqueo del coral.

Este aumento de temperaturas oceánicas viene provocado por el calentamiento global de la tierra, debido a los niveles cada vez más elevados de contaminación por gases de efecto invernadero, esto es, la combustión de carbón, petróleo y gas.

Los corales son extremadamente sensibles y sólo pueden vivir en aguas a una temperatura entre 18 y 30°C. La mayoría de los episodios de blanqueo de coral suceden cuando hay un incremento de tan solo 1°C en la temperatura por encima de la máxima temperatura del agua en verano.

Este aumento de la temperatura, además de provocar el blanqueo del coral, afecta a estas poblaciones, al reducir su capacidad reproductora y su capacidad de crecimiento.

El informe indica la urgente necesidad de abordar el problema del cambio climático. Si nos basamos en aumentos actuales y previstos de la temperatura del mar, nuestra siguiente generación de niños no verá arrecifes coralinos sanos. Además este informe pone fechas.



Se espera que la Gran Barrera de Arrecife de Australia sufra fenómenos de blanqueo todos los años a partir del 2030. A las velocidades actuales de calentamiento, las zonas del sur y centrales de la Gran Barrera de Arrecife, podrían resultar seriamente dañadas por el aumento de temperatura marina en los próximos veinte años. Las zonas del norte se están calentando más lentamente, y empezarían a sentir los efectos del calentamiento unos 20 años después que el extremo sur de la Gran Barrera de Arrecife. Globalmente, algunas regiones sufrirán los efectos del cambio climático en sus arrecifes antes que otras zonas. Por ejemplo, se prevé que los arrecifes coralinos del Caribe y Sudeste Asiático sufran blanqueo cada año a partir de 2020, mientras que los arrecifes del Pacífico Central lo sufrirían anualmente a partir del 2040.

Los corales no parecen mostrar ningún signo de ser capaces de adaptarse lo suficientemente rápido como para poder sobreponerse a la velocidad a la que están sucediendo los cambios en las temperaturas oceánicas. Las opiniones de que los corales se adaptarán a los patrones previstos de cambios de temperatura no tiene base, y la mayoría de las evidencias señalan que los fenómenos de blanqueo de coral son signos de que la capacidad genética de los corales para aclimatarse se está ya sobrepasando. Los corales pueden adaptarse en un tiempo normal de evolución, pero tales cambios se espera que llevaría cientos de años, lo que sugiere que la calidad de los arrecifes del planeta decaerá a velocidades aún mayores que las esperadas. Se podría decir que los corales pueden ser las primeras víctimas importantes de las políticas continuistas en materia de gases de efecto invernadero.

Además este desastre ecológico viene de la mano de un gran desastre económico. Las pérdidas podrían ascender a billones de dólares, y afectaría a cientos de millones de personas en todo el mundo. Mundialmente, muchas personas dependen en parte o totalmente de los arrecifes de coral para su sustento, y alrededor de quinientos millones de personas viven a 100 kilómetros de los ecosistemas de los arrecifes de coral. Solo el turismo genera miles de millones de dólares en países asociados a arrecifes de coral.

Las pesquerías asociadas a los arrecifes de coral también generan una considerable riqueza para los países con líneas costeras que albergan arrecifes de coral. Pero estas pesquerías van más allá de la pura generación de riqueza, ya que son fuente esencial de proteínas para muchos millones de habitantes de las comunidades más pobres del planeta. Baste como ejemplo, que un 25% de las capturas de pescados en los países en vías de desarrollo se consigue en las pesquerías asociadas a los arrecifes de coral.

En este apartado hemos visto con claridad cómo el ser humano provoca indirectamente daños tan graves en la naturaleza que tal vez no sea capaz de solucionar. Como los corales no tienen tiempo suficiente para poder adaptar sus funciones vitales (crecimiento, reproducción) al cambio climático acelerado por el ser humano.

En general este es el mayor problema. Los cambios que provoca el ser humano son demasiado rápidos para las capacidades evolutivas de los animales. En algunos casos como en el que acabamos de tratar, simplemente vemos como a los animales no le da tiempo a adaptarse y en otros no sabemos cuáles serán sus adaptaciones ya que estas están por venir.