

Antecedentes Científicos

Las siguientes páginas contienen información científica esencial para los ejercicios en el Juego de Herramientas.

ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO

¿Qué es la acidificación del océano?

Acidificación es el proceso mediante el cual el pH de un líquido se vuelve más ácido que su pH original. Los océanos del mundo se están acidificando cada vez más como resultado del exceso de dióxido de carbono añadido a la atmósfera por la actividad humana. Los humanos ya han cambiado la química de los océanos y estos efectos se verán por muchos, muchos años.

¿Es el agua de mar un ácido?

Los profesores y estudiantes normalmente hablan de ácidos y bases en términos de la escala de pH. Una solución con un pH de 0-7 es un ácido. Una solución con un pH de 7-14 es una base. Una solución con un pH de 7 es neutra.

Aunque el océano se está acidificando cada vez más (a través del proceso de acidificación), su pH todavía es mayor que 7. Para que una solución se considere “un ácido”, el pH debe ser menor que 7.

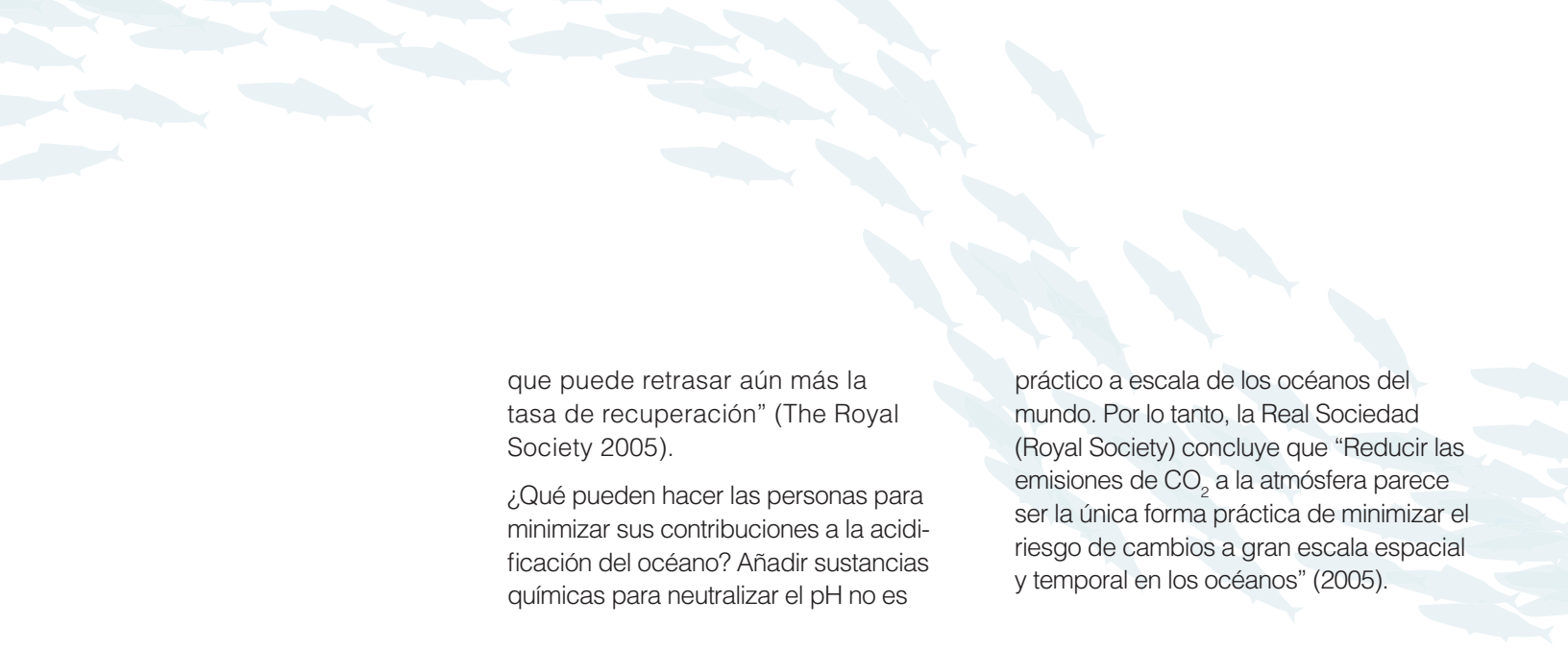
Normalmente, el pH del agua de mar en los océanos Pacífico y Atlántico, alrededor del continente americano, varía en el rango de 7.9-8.5 (The Royal Society 2005). En ese rango de pH, los organismos vivos se multiplican e interactúan en el medio ambiente marino. Algunas especies son capaces de adaptarse a valores de pH mayores o menores que su rango “óptimo”. Sin embargo, cuando el rango de pH cambia mucho más allá del rango tolerable, los organismos pueden morir. Esto tiene un gran impacto sobre las tramas tróficas o redes alimenticias marinas y la química del océano.

¿Cómo ha cambiado el pH del océano a lo largo del tiempo?

Los científicos han podido calcular cuál era el pH del océano hace cientos de años, analizando núcleos de hielo. Han estimado que “entre 1800 y 1994 los océanos han absorbido alrededor del 48% del CO₂ emitido por las actividades humanas, principalmente la combustión de combustibles fósiles y la producción de cemento” (The Royal Society, 2005). Como resultado, el rango de pH del océano es hoy en día, 0.1 unidades menor que antes de la Revolución Industrial. “Este cambio de 0.1 en el pH durante los últimos 200 años equivale aproximadamente a un 30% de aumento en la concentración de iones de hidrógeno” (Royal Society 2005). Los océanos del mundo se están acidificando, muy rápidamente.

¿Cuáles son las posibles soluciones?

Los científicos en general concuerdan que tomará un tiempo muy largo antes de que los océanos retornen a un rango mayor de pH. Los compuestos de los sedimentos oceánicos amortiguan los cambios de pH del océano, al mezclarse con las aguas superficiales. Se requieren decenas de miles de años para que los océanos se mezclen completamente. (The Royal Society 2005). “Los océanos han podido adaptarse a los aumentos en los niveles de CO₂ atmosférico porque la tasa de cambio ocurrió durante periodos que permitieron suficiente mezcla con las aguas profundas. El calentamiento de los océanos como resultado del calentamiento global puede reducir además, la tasa de mezcla con las aguas más profundas, lo



que puede retrasar aún más la tasa de recuperación” (The Royal Society 2005).

¿Qué pueden hacer las personas para minimizar sus contribuciones a la acidificación del océano? Añadir sustancias químicas para neutralizar el pH no es

práctico a escala de los océanos del mundo. Por lo tanto, la Real Sociedad (Royal Society) concluye que “Reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera parece ser la única forma práctica de minimizar el riesgo de cambios a gran escala espacial y temporal en los océanos” (2005).

NIVEL DEL MAR Y DERRETIMIENTO DEL HIELO MARINO

¿Qué sucederá cuando el hielo marino se derrita? ¿Aumentará el nivel del mar? Sí y no. El derretimiento del hielo marino podría afectar el nivel del mar, dependiendo de dónde se encuentre el hielo.

¿Cuál es la diferencia entre el Hielo Ártico Marino y el Hielo Antártico Marino?

Dado que tanto el **Ártico** como la **Antártica** tienen hielo, es fácil pensar que en lo único que difieren es en su ubicación geográfica norte o sur. Pero el lugar donde se encuentra el hielo tiene una gran influencia. En primer lugar, el océano Ártico está rodeado casi en su totalidad por tierra. Esto limita mucho el movimiento y resulta en aguas más frías y hielo más grueso – aproximadamente el doble de grosor comparado al hielo marino antártico (aprox. 6 pies, o 2 m vs. 3 pies, 1 m) de grosor. La mayor parte del hielo marino perdura durante el verano.

En contraste, la Antártica es un continente rodeado por mar abierto. Aquí hay dos tipos de hielo: los glaciares en tierra firme se forman de lluvia y nieve, y el hielo marino en el océano se forma de agua salada. Al no estar constreñido geográficamente, el hielo marino queda a la deriva, y se derrite una vez que llega a aguas más tibias. El hielo marino se derrite antes de que se formen capas más gruesas. De acuerdo al Centro Nacional de Datos de Nieve y Hielo

(inglés: National Snow and Ice Data Center (NSIDC)), “durante el invierno [antártico], hasta 18 millones de kilómetros cuadrados (6.9 millas cuadradas) del océano están cubiertos por hielo marino, pero al final del verano, sólo quedan unos 3 millones de kilómetros cuadrados (1.1 millones de millas cuadradas) de hielo marino” (2009). Consulta la actividad “Hielo Marino y Temperatura del Mar” en la Guía de Recursos para el Profesor ATA (preescolar-8^{vo} grado) *Alrededor de las Américas* K-8 donde encontrarás información sobre las características físicas del hielo marino.

¿Cómo afectaría el derretimiento del hielo marino el nivel del mar?

El hielo marino se forma del agua de mar. El hielo marino flota en el océano y desplaza cierto volumen de agua. Cuando el hielo marino se derrite, el agua sólida se vuelve líquida, pero el volumen de agua en el océano no cambia. El hielo antártico se forma sobre tierra firme, de agua dulce, y en el océano, de agua salada. Cuando los glaciares sobre tierra firme se derriten, el agua fluye hacia el océano, añadiéndole volumen. A medida que el volumen de agua se incrementa, el nivel del mar en el mundo aumenta. Los científicos se esfuerzan por predecir qué tanto aumentará el nivel del mar, cuáles áreas serán más afectadas y qué tan rápido cambiará el nivel del mar.

Los modelos anteriores predecían un aumento uniforme en el nivel del mar alrededor del mundo. En cambio, modelos recientes predicen cambios no uniformes en el nivel del mar (el nivel del mar aumentará en algunos lugares y disminuirá en otros). Estos nuevos modelos incluyen variables tales como la atracción gravitacional de los grandes pedazos de hielo sobre las aguas oceánicas y los cambios topográficos que ocurren cuando las placas de hielo se derriten repentinamente, liberando mucha agua a los océanos. Los modelos recientes han calculado un aumento en el nivel del mar que es mayor a lo que se había predicho anteriormente.

ECOSISTEMAS MARINOS

Organismos, Poblaciones, Comunidades y Ecosistemas

Los **organismos** son plantas o animales. Las **poblaciones**, o grupos de organismos, viven en medioambientes, formando **comunidades**. Las comunidades interactúan con sus **medioambientes** formando un **ecosistema**. Una trama trófica o alimenticia representa las relaciones alimenticias entre las poblaciones – muestra “qué come cada quien”. Una cadena alimenticia muestra las relaciones alimenticias entre miembros individuales de una trama alimenticia – una trama alimenticia es una red de cadenas alimenticias. La base de la mayoría de las tramas tróficas es una planta, la cual adquiere energía del sol, agua y nutrientes. (Entre las excepciones se encuentran las comunidades en el océano profundo, las cuales derivan su energía de sustancias químicas en lugar de la luz solar).

Muchos de los litorales albergan algunos de los ecosistemas marinos más ricos y diversos del mundo. Una de las causas de esta diversidad es el proceso llamado surgencia o afloramiento. La surgencia ocurre cuando el viento empuja la capa superficial de agua, alejándola del litoral. Agua más fría y profunda, asciende, trayendo consigo nutrientes hacia la superficie. El **fitoplancton** utiliza estos nutrientes para producir energía mediante la **fotosíntesis**. Esta es la base de una trama trófica enorme, la cual produce una diversidad increíble en las aguas del Ártico, el Pacífico Noroeste, y las costas del Perú y Brasil.



TRAMAS TRÓFICAS ALREDEDOR DE LAS AMÉRICAS

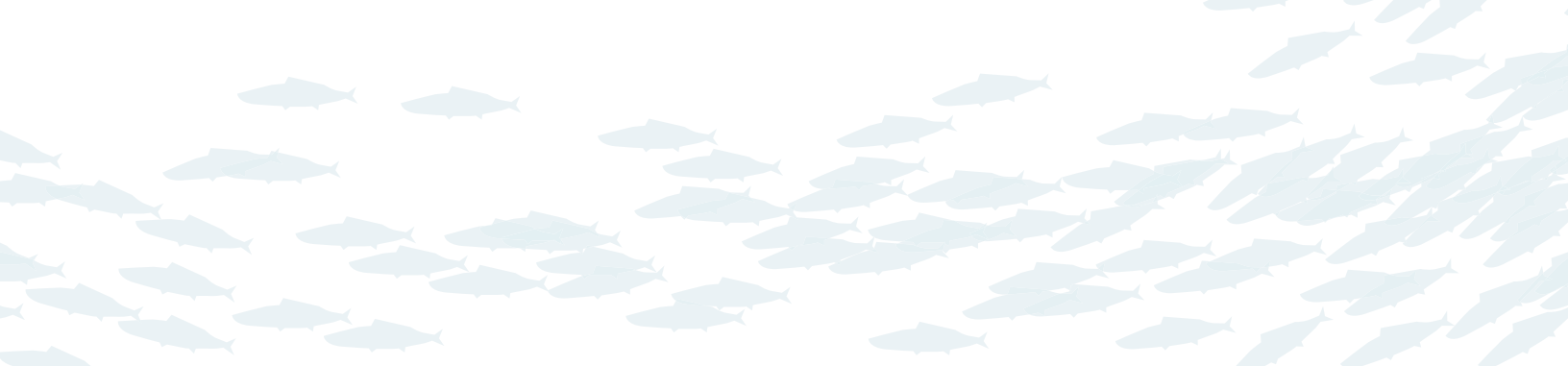
Los siguientes ejemplos de tramas tróficas incluyen diversos tipos de **organismos** que se encuentran comúnmente en cada zona. Una descripción de cada organismo se incluye para cada zona.

Zona Polar: Ártico

- **Plancton** (vagabundos) son plantas o animales diminutos que no pueden nadar contra la corriente. El plancton constituye la base de la trama trófica marina. Existen dos tipos de plancton:
 - a. **Fitoplancton** son plantas pequeñas, u organismos parecidos a plantas, a menudo unicelulares que constituyen la base de la trama alimenticia marina. (*Fito* = planta, *plancton* = vagabundo). Cuando sus poblaciones aumentan (a veces llamado un “floreamiento” de plancton), otros organismos tienen más alimento. Si sus poblaciones disminuyen, otros animales no tienen suficiente alimento. El fitoplancton transforma la luz solar en energía mediante un proceso denominado **fotosíntesis**.
 - b. **Zooplancton** son animales del plancton. (*Zoo* = animal, *plancton* = vagabundo). Existe una enorme variedad de zooplancton, desde diminutos protozoos hasta krill y medusas de mayor tamaño. Algunos organismos sólo son planctónicos por un tiempo, como las larvas de peces y pulpos. El zooplancton come fitoplancton, otras especies de zooplancton, o detritus (plantas o animales muertos). Cuando el zooplancton se come al fitoplancton, ellos convierten la energía original del fitoplancton (de la luz solar) en su propia biomasa y energía. Por lo tanto, el zooplancton depende del fi-

toplancton, el cual a su vez depende de la luz solar.

- **Bacalao ártico**, son peces con una superficie dorsal parda y puntos oscuros. Crecen hasta un largo de 9-16 pulg. (25-40 cm). Sus escamas son pequeñas y están embebidas, sin sobrelaparse. El bacalao ártico se encuentra en hábitats polares costeros tanto durante el verano como el invierno. Este pez tolera grandes fluctuaciones de temperatura, salinidad y turbidez. El bacalao ártico se alimenta principalmente de zooplancton. Sin embargo, su dieta varía según la disponibilidad de presa. Cuando se encuentran mar adentro bajo el hielo durante el invierno, ellos se alimentan de peces pequeños. Al bacalao ártico se lo comen muchas aves y mamíferos del Ártico (FAO 2009).
- **Foca anillada**, pertenece a la familia de Phocidae, o “focas verdaderas”. Las focas anilladas son las focas más pequeñas y las más comunes en el Ártico. Tienen una cabeza pequeña, hocico corto, y un cuerpo regordete. Su pelaje es oscuro con anillos plateados sobre su dorso y lados, y un vientre plateado. Las focas anilladas crecen en promedio hasta longitudes de 5 pies (1.5 m), con un peso de 110-150 libras (50-70 kg); viven entre 25 y 30 años. Las focas anilladas comen una gran variedad de presas pequeñas, unas 72 especies de peces e invertebrados. La alimentación es normalmente una conducta solitaria y sus presas favoritas incluyen al bacalao ártico, mísidos, camarón, y arenque. Son animales solitarios y cuando se encuentran sobre los hielos, se separan

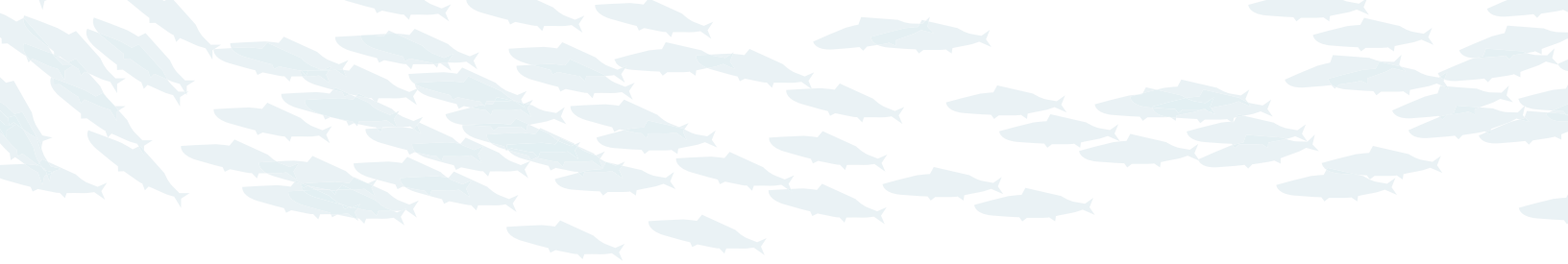


unos de otros a cientos de metros. Las focas anilladas son devoradas por osos polares, morsas, lobos y cuervos (NOAA 2009).

- **Oso polar**, son los miembros más grandes de la familia de los osos. Los osos polares machos miden 8-9 pies (2.4-2.6 m) de la nariz a la cola y pesan generalmente hasta 1.320 libras (600 kg), aunque pueden pesar hasta 1.760 libras (800 kg). Las hembras miden unos 6-7 pies (2 m) y pesan normalmente la mitad del peso de los machos. El alimento principal de los osos polares son las focas anilladas, aunque también cazan focas barbudas, morsas, ballenas beluga, y también comen carroña varada en la costa, tales como de ballena, morsa y foca (U.S. Fish and Wildlife Service 2009).
- **Narval**, son cetáceos que viven en las aguas profundas del Ártico cerca de hielo marino. Los narvales crecen hasta un largo de 13-15 pies (4 – 4.7 m) y pesan entre 1.984 y 3.527 libras (900-1.600 kg). Su característica más notoria es su largo colmillo. El colmillo izquierdo del narval macho crece en espiral (sentido contrario a las manecillas del reloj) y forma un colmillo largo, derecho, que puede alcanzar una longitud de 6 pies (3 m). Los científicos creen que el colmillo les sirve para atraer a las hembras y determina el estatus social del macho entre los otros narvales. Los narvales comen peces (tales como el bacalao ártico, halibut, salmón y arenque), calamar y otros moluscos. A los narvales se los comen las orcas, morsas, tiburones, osos polares y humanos (Drury, 2002).

Zona templada: Pacífico Noroeste

- **Plancton: Fitoplancton y Zooplancton** (descritos en Zona Polar)
- **Arenque**, son peces de color verdoso plateado que crecen normalmente unas 9 pulg. de largo. Comen zooplancton que filtran con sus grandes agallas. A los arenques se los comen peces de mayor tamaño (salmón) y muchos mamíferos marinos (focas, leones marinos y orcas). Los arenques viven en grandes cardúmenes, que pueden ser de hasta varios millones de peces. Son conocidos por su conducta de “centelleo”, cuando un pez gira rápidamente de lado. Cuando un humano o predador ve este rápido movimiento, aparece como un breve centelleo plateado.
- **Salmón**, son peces *anádromos*, lo que significa que viven en agua de mar mientras son adultos y se reproducen en agua dulce. Los salmones nacen en arroyos o ríos, y se desplazan río abajo a estuarios, donde sus cuerpos se ajustan al agua de mar. Ahí, entran al océano y se alimentan de plancton, incluyendo al krill y camarón, calamar, pequeños peces, y arenque. En el medioambiente marino, a los salmones se los comen peces más grandes, mamíferos (orcas y focas) y pájaros. Los salmones también proveen nutrientes a mamíferos terrestres, aves y plantas. Los salmones viven normalmente en el océano de uno a cuatro años, antes de regresar al agua dulce, donde comienzan una migración de regreso a sus lugares de nacimiento, para depositar sus propios huevos. Después de alcanzar finalmente sus lugares de desove, las hembras protegen sus huevos hasta que éstas mueren. Existen dos tipos de salmones en las Américas: Salmón del

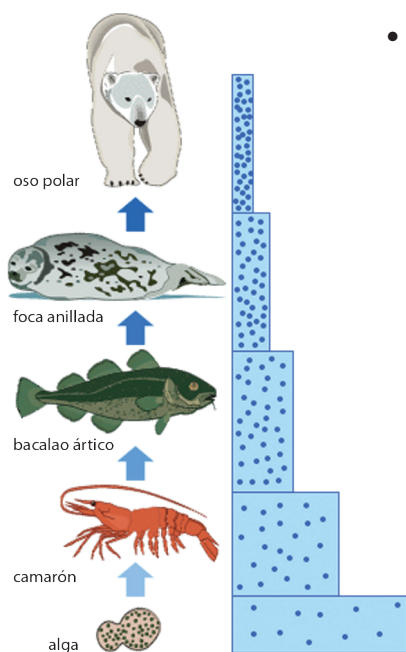


Pacífico y del Atlántico. El salmón del Atlántico pertenece al género *Salmo*; el salmón del Pacífico, *Onchorynchus*. Ellos han estado separados en diferentes hábitats por un tiempo suficientemente largo, por lo que estos grupos son muy diferentes uno del otro.

- **Foca de puerto**, miden normalmente de cinco a seis pies y pueden llegar a pesar 290-370 libras (132-168 kg). Las focas de puerto tienen un cuerpo moteado en forma de huso. Algunas focas tienen un color canela claro o plateado con manchas oscuras, otras son oscuras con manchas claras. Las focas de puerto comen una gran variedad de presas: peces, camarones, calamares y pulpos. A ellas se las comen mamíferos marinos de mayor tamaño, tales como orcas.
- **Ballena gris**, son ballenas de mediano tamaño, miden normalmente unos 35-50 pies (9-15 m) de largo y pesan 27-32 toneladas métricas. (Un autobús grande de escuela mide unos 40 pies (12 m) de largo y pesa unas 12-16 toneladas métricas). Las ballenas grises comen zooplancton. Son ballenas verdaderas — no tienen dientes, sino una cortina tupida de barbas que cuelgan de su mandíbula superior, y que filtran del agua el alimento. Las barbas se componen del mismo material que las uñas y el pelo humano. Las ballenas grises migran grandes distancias cada año, viajando normalmente 10.000 – 14.000 millas (16.000-23.000 km) ida y vuelta entre sus zonas de alimentación en las aguas septentrionales de Alaska y sus áreas de apareamiento y cría en Baja California, México.
- **Orca**, también llamadas “Orcas Asesinas” – originalmente se les dio este nombre debido a que comen otras ballenas. Las orcas son en su mayor parte negras con áreas blancas alrededor de los ojos, el abdomen y una mancha clara detrás de la aleta dorsal. Pueden llegar a medir hasta 30 pies (9 m) de longitud y pesar unas 7 toneladas métricas. Los científicos que estudian las orcas en las áreas de Washington, la Columbia Británica, y el Sureste de Alaska, han descubierto que hay diferentes tipos de orcas y que comen diferentes tipos de alimento. Las orcas “residentes” comen principalmente peces (salmón, arenque, y ocasionalmente rocote o cabrilla). Viven en grupos familiares y tienden a permanecer por mucho tiempo en áreas locales. Existen dos comunidades grandes de orcas residentes, una del norte y otra sureña. En cada comunidad, hay varias manadas o grupos de orcas. Las orcas “transeúntes” viajan regularmente cientos de millas, se alimentan en su mayor parte de focas, leones marinos, delfines, y otras ballenas (tales como la ballena gris). Viajan en grupos pequeños y por lo general no permanecen en la misma área por mucho tiempo. Un tercer tipo, las orcas “marítimas” viajan en grandes grupos a más de 30 millas (48 km) de la costa, y se cree que comen peces. Las orcas no sólo se encuentran en el Pacífico Noroeste. Aunque ellas prefieren aguas frías, las orcas también pueden encontrarse en los océanos alrededor del mundo (ACS 2009).

Zona Subtropical: Costa de Brasil

- **Plancton: Fitoplancton y Zooplancton** (descritos en Zona Polar)
- **Especies de Arenque** – (descritas en la Zona Templada), una especie que se encuentra a lo largo de la costa este de Brasil come pequeños arenques.



La bioacumulación ocurre en los organismos cuando los contaminantes se acumulan y se almacenan en sus cuerpos. La biomagnificación ocurre cuando la concentración de contaminantes aumenta en la cadena alimenticia a medida que los organismos se alimentan de otros organismos contaminados. Crédito: <http://www.ecokids.ca>

- **Macarela**, pertenecen a un grupo de peces que se desplazan rápidamente, distribuidos en mares templados y tropicales alrededor del mundo, están emparentados con los atunes. (**Nota: el atún puede sustituirse por la macarela**).

Las macarelas son redondeadas, con forma de torpedo, tienen una cola ahorquillada, y una hilera de pequeñas aletillas detrás de las aletas dorsal y anal. Las macarelas son plateadas con un dorso oscuro. Los patrones de manchas, rayas, y escamas identifican a cada especie. Son peces carnívoros y se alimentan de plancton, crustáceos, moluscos, huevos de peces, y peces pequeños. A las macarelas se las comen los delfines, tiburones y atunes (Florida Museum of Natural History: King Mackerel 2009).

- **Calamar** – El calamar de aleta corta, *Illex illecebrosus*, y otros calamares del mismo género se distribuyen en el océano Atlántico (otros tipos de calamar se encuentran en todas las cuencas oceánicas). Los pequeños calamares son devorados por peces medianos, y los peces pequeños son comidos por calamares grandes. Los calamares de aleta corta se encuentran frente a la costa este de Norteamérica y viven alrededor de un año. Se cree que las hembras migran

al sur antes de desovar, para que sus huevos se beneficien de la cálida Corriente del Golfo de México. Las hembras en desove producen masas gelatinosas de huevos de hasta 1 metro; estas masas de huevos pueden contener hasta 100.000 huevos (The Cephalopod Page 2009).

- **Delfín** – Tucuxi, delfines de aspecto similar al delfín nariz de botella, pero más pequeños (aproximadamente 5 pies o 1.5 m). Los delfines Tucuxi son de color gris claro azulado sobre su dorso y lados. La región ventral es mucho más pálida, a menudo rosada. La aleta dorsal tiene forma ligeramente de gancho. El hocico está bien definido y es de longitud moderada. Al igual que la mayoría de los delfines, los Tucuxi comen una gran variedad de peces y calamares. Los delfines Tucuxi viven en áreas marinas someras, estuarios y ríos (tales como el Amazonas y el Orinoco). Los científicos consideran que están más relacionados a los delfines marinos que a los de río (tales como el delfín rosado del río (Boto)) (Dolphins and Whales Window, 2009).
- **Tiburón**- Los tiburones toros tienen dorsos grises, vientres blancos y un hocico redondeado. Miden en promedio 7.3-7.8 pies (2.25-2.40 m) y pesan 209-285 libras (95-130 kg). Las hembras tienden a ser más grandes que los machos. Los tiburones toros prefieren vivir en aguas costeras someras, menos de 100 pies (30 m), aunque también se encuentran a profundidades que van desde 3 a 450 pies (1-150 m). Los tiburones toros recorren estuarios, bahías, puertos, lagunas, ríos y lagos

ya que toleran un rango amplio de salinidad, desde agua dulce hasta agua de mar hipersalina, de hasta 53 partes por mil. Los tiburones toros comen peces (tales como la macarela) y pequeños tiburones. Pueden comer también mamíferos marinos, aves, reptiles y crustáceos (Museo de Historia Natural de Florida; en inglés: Florida Museum of Natural History: Bull Shark 2009). **(Nota: Orca (como se describe en Templada) puede sustituirse. Las orcas tienen una distribución amplia en los océanos de aguas frías, o cerca de ellos (norte o sur; CMS, 2009).**

Bioacumulación:

Bioacumulación es la acumulación de contaminantes en el cuerpo de los organismos cuando ellos comen o beben. La concentración de contaminantes aumenta al subir en la cadena alimenticia. Por ejemplo, en el diagrama de la izquierda, el alga (un tipo de fitoplancton) tiene una concentración de contaminantes baja. Cuando el camarón se come al alga, los contaminantes en el cuerpo del alga pasan al camarón. Esta contaminación se agrega a los contaminantes que ya están en el cuerpo del camarón, aumentando

la concentración de contaminantes. Cuando el bacalao ártico se come al camarón, los contaminantes del alga y el camarón se agregan a los contaminantes en el cuerpo del bacalao, aumentando la concentración nuevamente. Los animales en la cima de la cadena alimenticia, tales como el oso polar o la orca, desarrollan concentraciones mayores de contaminantes en sus cuerpos.

Algunos contaminantes que se encuentran a menudo en los ecosistemas marinos incluyen al mercurio, cadmio y bifenilos policlorados (PCB por sus siglas en inglés). Los PCBs se usaron originalmente en transformadores eléctricos en Norteamérica, pero ya no se producen debido a riesgos medioambientales y de salud. Los PCBs y otras toxinas se almacenan en la grasa de los organismos. Las orcas son particularmente vulnerables a desarrollar altos niveles de bioacumulación de toxinas debido a su posición tope en la cadena alimenticia marina. Las orcas marinas pueden también transferir hasta 90% de su acumulación de PCB al primer cachorro. La bioacumulación de toxinas puede causar fracaso reproductivo, defectos congénitos, trastornos del sistema inmune, conductuales y de aprendizaje, o incluso la muerte.

SONIDO SUBMARINO

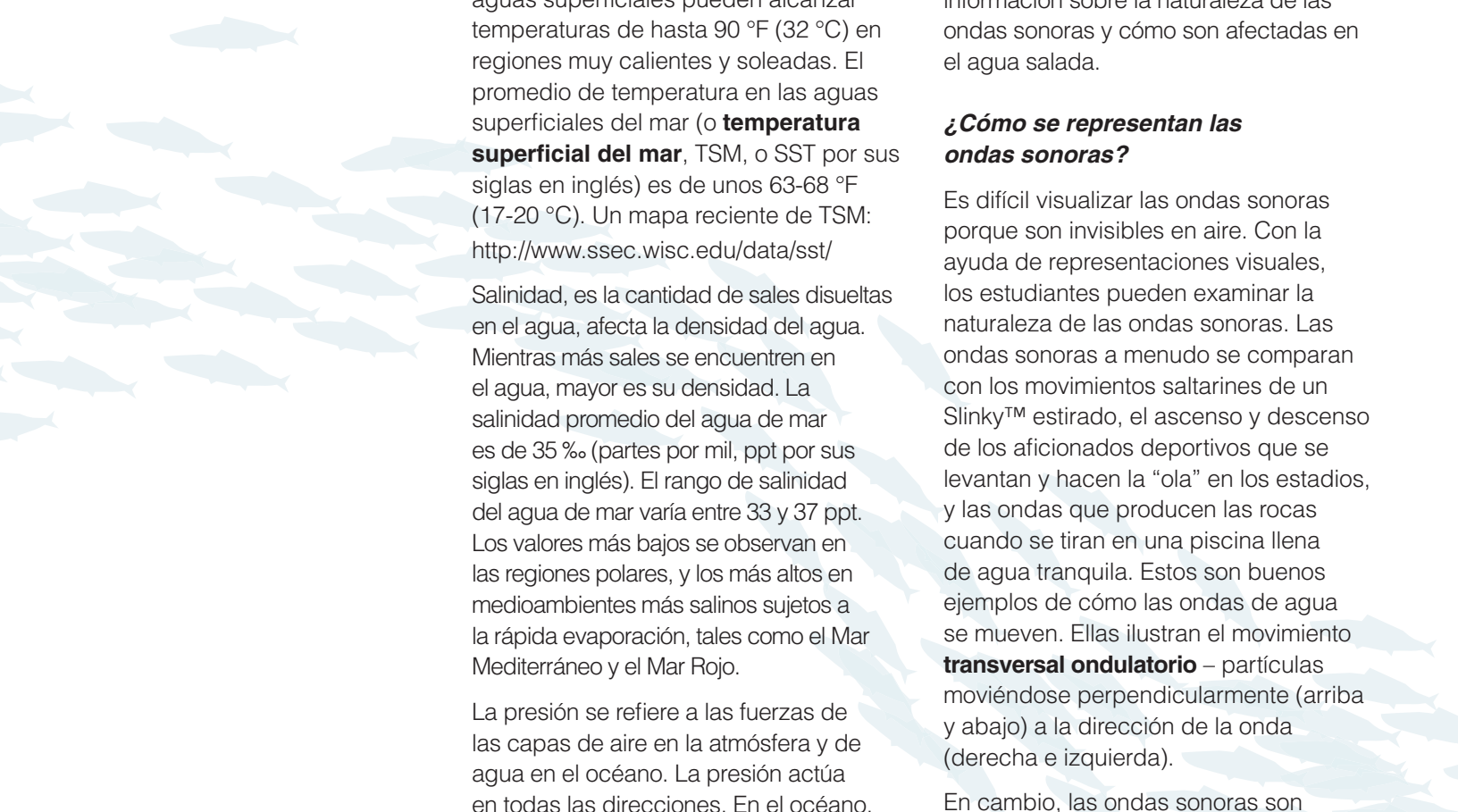
¿Qué es el sonido?

El sonido es una onda, pero no como las olas de la costa del mar. El sonido es una vibración que viaja a través de los gases, líquidos o sólidos. Las vibraciones se pasan de partícula a partícula.

Velocidad de las ondas de sonido en el agua

En el medio acuoso, propiedades tales como la temperatura, salinidad, y presión afectan la velocidad del sonido. *(Nota: la descripción siguiente es general. Existen excepciones en ciertas áreas del océano).*

La temperatura afecta la energía cinética de las moléculas (lo rápido



que se mueven unas en relación a otras). Las moléculas se mueven más rápido en agua tibia que en agua fría. En el océano, la temperatura disminuye por lo general a medida que aumenta la profundidad. El promedio de temperatura en el océano profundo es de unos 36 °F (2 °C), mientras que las aguas superficiales pueden alcanzar temperaturas de hasta 90 °F (32 °C) en regiones muy calientes y soleadas. El promedio de temperatura en las aguas superficiales del mar (o **temperatura superficial del mar**, TSM, o SST por sus siglas en inglés) es de unos 63-68 °F (17-20 °C). Un mapa reciente de TSM: <http://www.ssec.wisc.edu/data/sst/>

Salinidad, es la cantidad de sales disueltas en el agua, afecta la densidad del agua. Mientras más sales se encuentren en el agua, mayor es su densidad. La salinidad promedio del agua de mar es de 35 ‰ (partes por mil, ppt por sus siglas en inglés). El rango de salinidad del agua de mar varía entre 33 y 37 ppt. Los valores más bajos se observan en las regiones polares, y los más altos en medioambientes más salinos sujetos a la rápida evaporación, tales como el Mar Mediterráneo y el Mar Rojo.

La presión se refiere a las fuerzas de las capas de aire en la atmósfera y de agua en el océano. La presión actúa en todas las direcciones. En el océano, la presión aumenta linealmente con la profundidad, en donde la presión se incrementa en 1 atmósfera por cada 10 m de profundidad (e.g., en la superficie, la presión atmosférica es de 1 atm, mientras que a 500 m de profundidad, la presión es de 51 atm (= presión del agua + presión atmosférica). Los buzos recreativos están certificados hasta profundidades de 65

pies (casi 20 m), donde experimentan presiones de 2 atm.

En general, a medida que la profundidad de los océanos aumenta, la presión aumenta y el agua es más fría y salada.

Consulta los Antecedentes Suplementarios en donde encontrarás información sobre la naturaleza de las ondas sonoras y cómo son afectadas en el agua salada.

¿Cómo se representan las ondas sonoras?

Es difícil visualizar las ondas sonoras porque son invisibles en aire. Con la ayuda de representaciones visuales, los estudiantes pueden examinar la naturaleza de las ondas sonoras. Las ondas sonoras a menudo se comparan con los movimientos saltarines de un Slinky™ estirado, el ascenso y descenso de los aficionados deportivos que se levantan y hacen la “ola” en los estadios, y las ondas que producen las rocas cuando se tiran en una piscina llena de agua tranquila. Estos son buenos ejemplos de cómo las ondas de agua se mueven. Ellas ilustran el movimiento **transversal ondulatorio** – partículas moviéndose perpendicularmente (arriba y abajo) a la dirección de la onda (derecha e izquierda).

En cambio, las ondas sonoras son **ondas longitudinales** – las partículas se mueven paralelas a la dirección de la onda sonora. Una ilustración mejor de la naturaleza longitudinal de las ondas sonoras es el movimiento hacia atrás y hacia adelante (no hacia atrás y hacia adelante y hacia arriba y hacia abajo) de un Slinky™ estirado, una fila de gente susurrando mensajes en el

juego “Teléfono”, o una hilera de fichas de dominó cayendo y pegándole a la de enfrente. Cada uno de estos ejemplos ilustra la transferencia direccional de la energía cinética entre las partículas adyacentes que es característica de las ondas sonoras. Los ejemplos del Slinky™ y del “Teléfono” también capturan el movimiento entre partículas, y la compresión y expansión alternada del espacio entre ellas.

¿Cómo afectan el agua y el aire la velocidad de las ondas sonoras?

La velocidad de las ondas sonoras es afectada por el medio a través del cual viajan. En el caso de los gases (como el aire) y líquidos (como el agua) la energía se transfiere de molécula a molécula. Por lo tanto, la composición de las moléculas, lo cerca que están unas de otras, y qué tan libres son de moverse, influyen en la transmisión de las ondas.

Las ondas viajan más rápido en el agua que en el aire – unos 5.000 pies (1.530 metros) por segundo en agua vs 1.115 pies (340 metros) por segundo en el aire (Keeler, 1995). Dada esta información, ¿qué puede inferirse sobre las moléculas en ambos medios? El aire es una combinación de gases. Hay más espacio entre las moléculas. El agua es un líquido, en donde las moléculas están más cerca.

Reflexión y Refracción de las ondas sonoras en el océano

Uno de los retos para escuchar los sonidos submarinos es el efecto que las diferentes capas de agua tienen en la transmisión del sonido. Las ondas de sonido viajan en línea recta hasta que encuentran un objeto o región

del agua que cambia la velocidad de la onda. Cuando una onda de sonido entra en una región de agua que tiene una velocidad de sonido diferente, la onda sonora puede ser reflejada o refractada. Si la velocidad del sonido es significativamente más lenta que la velocidad original y la onda no puede ser transmitida, la onda es *reflejada* hacia su área original. Si la onda es capaz de penetrar la otra capa, la onda disminuye su velocidad considerablemente y es reflejada (desviada en un ángulo $>180^\circ$). Si la velocidad del sonido sólo es ligeramente más lenta, la onda sólo será alterada ligeramente.

El ángulo de las ondas de sonido puede ser desviado o cambiado, lo que puede cambiar la velocidad del sonido y el lugar de donde el sonido parece provenir.

Midiendo el sonido alrededor de las Américas

Los investigadores a bordo del *Ocean Watch* usarán un hidrófono para escuchar sonidos en aguas marinas someras (< 1.500 pies ó 500 m). Los científicos están explorando el uso del sonido para estudiar cambios en la temperatura del océano. La temperatura cambia la densidad del agua y por lo tanto la velocidad de las ondas sonoras. La temperatura también influye los niveles de actividad de los mamíferos marinos, peces e invertebrados, los cuales pueden aumentar la cantidad y duración de sus sonidos.