



HIDROSFERA

TEMA 8. LOS OCÉANOS. 8.1 Características generales de las aguas oceánicas: composición química; características físicas (distribución de la luz y de la temperatura). 8.2. Circulación oceánica general: circulación termohalina; corrientes superficiales; zonas de afloramiento.

Conceptos básicos: salinidad, zona fótica, zona nerítica, zona pelágica, termoclina, corriente de deriva, efecto Coriolis, corrientes profundas, fenómeno de "El Niño".

8.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS AGUAS OCEÁNICAS.

El 71 % de la superficie terrestre está ocupada por océanos que, actualmente, presentan mayor extensión en el hemisferio sur que en el norte. El agua salada constituye algo más del **97% del volumen total de la hidrosfera**, frente a menos del 3%, ya comentado, de agua dulce (el agua en estado de vapor se considera a veces como integrante de la atmósfera y otras de la hidrosfera. En cualquier caso, su proporción con respecto al agua total es pequeña). La profundidad media de los océanos es de 3.800 m alcanzando sus máximos valores en las fosas oceánicas donde se llegan a superar los 10.000m Las zonas próximas a los continentes, las plataformas continentales, no llegan a los 200 m de profundidad.

Composición química. El agua del mar posee una salinidad media del 3,5 % (35‰), lo que significa que obtendríamos 35g de precipitado salino por cada kilogramo de agua marina evaporada. Las sales se encuentran disueltas en el agua, es decir, en forma de iones, de los cuales los más abundantes son el Cl⁻ y el Na⁺, constituyentes de la sal común. El ion cloruro (55.29%), y el ion sodio (30,75%), junto con los iones sulfato (7,75%), magnesio (3,70%), Calcio (1,18%) y Potasio (1,14%) constituyen el 99% del total de componentes disueltos. La mayoría proceden de la alteración, por hidrólisis o disolución, de las rocas superficiales y otras provienen de emisiones volcánicas submarinas. Existen, además, una serie de elementos menos abundantes o "secundarios" como el Br, Al, Li, I, Rb Sr, B, F y Fe (casi toda la tabla periódica se encuentra representada aunque de muchos elementos sólo hay trazas) cuyas concentraciones son prácticamente constantes, y otros, cuya concentración en el agua marina depende de procesos biológicos, son: el *fósforo* y el *nitrógeno* en forma de fosfatos y nitratos (los veremos en otros temas al estudiar los ciclos biogeoquímicos) y el *silicio*, utilizado por las algas diatomeas. Parece ser que la concentración de sales se mantiene constante de forma general y a lo largo de grandes periodos de tiempo, compensándose los aportes de nuevas sales a los océanos con la retirada de las mismas en los procesos de sedimentación. En zonas restringidas, las salinidades pueden estar modificadas por distintas razones: mares cerrados con una fuerte evaporación, como el Mediterráneo, presentan concentraciones por encima de la media; mares cerrados con muchos y grandes ríos emisarios como el Báltico (en este caso además con muy poca evaporación debido al frío clima) pueden ser casi "dulces"; mares con alta actividad volcánica, como el Mar Rojo, sobrepasan los valores medios (la gran temperatura del fondo calienta el agua y ésta disuelve una mayor cantidad de sales de las rocas) etc.

También existen gases disueltos, principalmente los atmosféricos O₂, N₂ y CO₂, cuyas concentraciones en el agua del mar se encuentran en equilibrio con sus presiones parciales en la atmósfera. Debido a que el oxígeno es más soluble que el nitrógeno, la relación O₂/N₂ es mayor en el agua que en el aire. A diferencia de muchos sólidos, los gases son más solubles en aguas frías, por lo que sus concentraciones serán mayores en aguas profundas que superficiales (Importante para explicar el porqué de la riqueza pesquera de ciertas zonas. La trucha es un pez propio de aguas frías y limpias: aguas bien oxigenadas).

Características físicas del agua: temperatura, distribución de la luz.

La **temperatura del agua oceánica** varía desde la superficie y hasta el fondo. Las gráficas de temperatura/profundidad también cambian según la latitud a la que nos encontremos. Incluso, estacionalmente podemos hallar diferencias en un mismo lugar. (Ver esquema).



En superficie, la temperatura del agua oceánica es un reflejo de la temperatura de la atmósfera en contacto con ella. Por ello su distribución es latitudinal, según la zonación climática (el agua más caliente se encuentra en la zona ecuatorial y la más fría en los polos).

Las variaciones en vertical se deben a que las radiaciones solares son absorbidas en los primeros tramos, por lo que la temperatura disminuye con la profundidad.

En los **océanos de latitudes bajas y medias** (desde el ecuador a las zonas templadas), se pueden distinguir tres capas superpuestas:

- **Capa superficial:** es una zona afectada por la temperatura exterior y sometida a una intensa radiación solar, que actúa todo el año en latitudes bajas (proximidades del ecuador) y en verano en latitudes medias. Esta capa cálida presenta un grosor de 200-500 m, con una temperatura que puede variar de 12 a 30°C según sea la latitud. La temperatura, dentro del espesor de la capa, es más o menos constante.
- **Termoclina:** recibe este nombre una capa, situada inmediatamente debajo de la capa cálida, en la que el descenso de temperatura con la profundidad es muy abrupto (elevado gradiente térmico). Sus límites son extremadamente variables, según la latitud y la estación del año, pudiendo alcanzar hasta 1.000 m de grosor.
- **Agua profunda:** se trata de un nivel frío en el que la temperatura sigue descendiendo con la profundidad, pero muy lentamente (bajo gradiente térmico). Su temperatura se aproxima a cero grados.

En latitudes árticas y antárticas, la temperatura del agua superficial es cercana a los 0°C variando muy poco con la profundidad de tal modo que no hay diferentes capas (no existe termoclina).

La **densidad del agua marina** es algo mayor que la del agua pura, variando en proporción directa con la salinidad y en proporción inversa con la temperatura. De estos dos factores, tiene una mayor incidencia la temperatura, por lo que el agua más densa es la de los mares polares.

La distinta densidad de las masas de agua provoca su desplazamiento en vertical, de manera que las más densas se colocan por debajo de las más ligeras, que tienden a ascender, creándose auténticas corrientes de convección semejantes, en cuanto a su funcionamiento, a las estudiadas en la atmósfera. Así, las variaciones de densidad constituyen un factor determinante de la dinámica oceánica.

Otra característica física, fundamental, pues de ella depende la abundancia e incluso existencia de ecosistemas acuáticos, es la iluminación: la luz del Sol penetra en el agua, que es transparente, pero es absorbida por la propia masa de agua, de modo que nunca llega más allá de los 200 metros, en el mejor de los casos. Y no sólo va debilitándose su intensidad con la profundidad, sino que además las distintas radiaciones que componen la luz blanca (rojo, naranja, violeta) van siendo absorbidas con distinta intensidad, de modo que las radiaciones de mayor longitud de onda (rojo, naranja...) se pierden antes, llegando a mayor profundidad sólo las radiaciones azules y violetas. Es un hecho llamativo que hay distintos tipos de algas, que viven ancladas al fondo, estando sus pigmentos fotosintéticos diseñados para captar diferentes longitudes de onda: las algas verdes, se sitúan cerca de la superficie y sus clorofilas son semejantes a las de las plantas terrestres; las algas pardas viven a más profundidad y captan el tipo de luz que llega; por último, las algas rojas alcanzan mayores profundidades y son capaces de aprovechar la luz azul.

A la capa de agua a la que llega la luz se la denomina **zona fótica**, por contraposición a la zona de más profundidad, a la que no alcanza y que llamamos **zona afótica**. Es variable en función de la latitud y, además, en latitudes intermedias y altas varía estacionalmente.

Según la proximidad a la costa y según su profundidad se hace una división del océano en diferentes zonas: **zona nerítica** es la que comprende las aguas situadas sobre la plataforma continental; el resto puede considerarse el **mar abierto**. Este comprende las dos terceras partes del agua oceánica del planeta y se establecen tres capas que son la **zona pelágica**, que comprende



desde la superficie hasta unos 200 metros de profundidad. Viene a coincidir con la zona fótica y también con la capa de agua más caliente. De 200 metros hasta unos 2.000 metros de profundidad, se denomina **zona batial** y, por debajo de ésta, hasta el fondo, encontramos la **zona abisal**.

8.2. CIRCULACIÓN OCEÁNICA GENERAL.

El agua del mar no es una simple masa estática que ocupa las cuencas oceánicas: además de las variaciones que sufre a causa de la evaporación y de los aportes continentales, posee movimientos debidos a fenómenos tectónicos y volcánicos que provocan maremotos que al llegar a las costas se manifiestan como temibles tsunamis (no hace falta explicar los efectos que pueden causar sobre los seres humanos y sus bienes). La atracción lunar y el viento también dan lugar a movimientos y así mismo las diferencias de temperatura y salinidad entre masas de agua. La dinámica oceánica, por lo tanto, es el resultado de los efectos continuos y superpuestos producidos por las mareas lunares, los vientos y las diferencias de temperatura y salinidad, que producen un continuo **movimiento de convección** del agua oceánica a escala planetaria. Terremotos y volcanes producen sus efectos, pero de un modo esporádico (y en ocasiones dramático).

MOVIMIENTOS DEL AGUA OCEÁNICA.

En los mares y océanos se producen continuamente movimientos de las masas de agua, que pueden ser de varios tipos, destacando las **corrientes**, las **olas** y las **mareas**.

Corrientes oceánicas:

Las corrientes son traslaciones de masas de agua dentro del mar. Son de gran magnitud y, en conjunto, mantienen en movimiento a todos los océanos y mares abiertos del globo. Distinguimos entre corrientes profundas y corrientes superficiales.

Corrientes profundas. Son movimientos que tanto en su origen como en su final presentan un importante componente vertical, y el resto del recorrido se desplazan horizontalmente sobre el fondo marino. Se generan por **diferencias de densidad**, consecuencia de las diferencias de *temperatura y salinidad* que presentan dos masas de agua en contacto. Por ello a este tipo de movimiento se le da el nombre de **corrientes termohalinas**. Discurren por debajo de la termoclina y están fuertemente condicionadas por la topografía del fondo oceánico, especialmente por la posición de las dorsales y del talud continental y de los propios continentes (se ven obligadas a sortear obstáculos). Además, estos movimientos están muy influidos por la rotación de la Tierra, sufriendo el **efecto de Coriolis** (que como ya se comentó en un tema de la atmósfera, afecta a cualquier fluido que se mueva hacia el norte o hacia el sur).

La principal corriente a escala planetaria se origina en el **Atlántico norte**, donde el agua muy fría de la superficie (hay muy poca insolación en esas latitudes) y densa se sumerge. La escasa evaporación del agua superficial concentra algo más las sales del agua que permanece, aumentando su densidad. Pero un mayor efecto en la concentración se produce al formarse hielo –banquisa– durante el invierno: al congelarse el agua pura, deja un agua más salada bajo él. Este agua especialmente fría y densa se hunde profundamente hasta el fondo oceánico y desde allí continúa su movimiento desplazándose hacia el sur (recuerda que, como en las masas de aire, el nuevo aflujo de agua superficial fría empuja sin cesar a la masa que se sumergió anteriormente). Este “río” bajo el mar, afectado por las fuerzas de Coriolis y otros factores, se subdivide en dos corrientes que se dirigen, rodeando África, hacia el océano Índico y hacia el Pacífico, recorriéndolo en su totalidad, y donde estas aguas profundas ascienden hacia la superficie (luego se verá el porqué), y ya recalentadas, se continúan como corrientes superficiales (movidas por los vientos dominantes) que retornan finalmente al Atlántico norte completando el circuito y transportando agua caliente (relativamente caliente ya que procede de zonas tropicales) a los que, de otra forma, serían mares fríos. (Se trata de una especie de corriente de convección a escala planetaria). Estas grandes corrientes profundas, presentan multitud de ramas o brazos que constituyen corrientes locales en las que el efecto de Coriolis y la disposición de las masas continentales marcan la trayectoria.



Las grandes **corrientes superficiales marinas**, se originan por la acción de vientos dominantes que soplan en determinadas regiones sobre los océanos. El agua superficial es empujada produciendo **olas** y la rotación de la Tierra también influye en las trayectorias adoptadas por estas corrientes, con la formación de flujos circulares dentro de cada una de las grandes cuencas oceánicas, que en el hemisferio norte giran en sentido horario, y en el hemisferio sur en sentido antihorario. [Aunque podríamos hablar de corrientes profundas “de ida” y corrientes superficiales “de vuelta”, no se trata de trayectos idénticos superpuestos, uno superficial y otro profundo: unas y otras corrientes presentan múltiples recovecos diferentes en cada caso]. Para que se produzcan estas corrientes no basta que un viento sople unos pocos días, y tampoco se logran si la región afectada no es grande. Pero vientos muy constantes, como los alisios, por ejemplo, sí pueden poner en marcha estos “ríos” dentro del mar.

Efectos de las corrientes superficiales:

Las corrientes superficiales que discurren por las proximidades de las costas **influyen notablemente en el clima** de esas regiones. Baste como ejemplo recordar que Lisboa se encuentra a la misma latitud que Nueva York y sin embargo el clima que soporta esta última ciudad es mucho más frío (nieva con abundancia todos los inviernos) que el que tiene la capital portuguesa: por la costa norte de Norteamérica pasa la fría **corriente del Labrador**, procedente del océano Ártico en dirección sur, haciendo el clima más frío de lo que cabría esperar por su latitud; por el contrario, la **corriente del Golfo** o Gulf stream, procedente del golfo de México en Centroamérica, de aguas cálidas circula frente a las costas europeas hacia el norte, suavizando las temperaturas de países como Gran Bretaña, Francia e incluso Alemania. Las corrientes superficiales transportan pequeños organismos que viven suspendidos en la capa superior del océano, así como diversas clases de sedimentos finos que pueden llegar a grandes distancias de su lugar de procedencia en tierra (Por eso, muchas especies de organismos marinos se encuentran distribuidas por todos los océanos y en el caso de las especies fósiles pueden constituir unos buenos fósiles-guía imprescindibles para la datación geológica: algunos ammonites de Valdepeñas se pueden encontrar también en rocas de Australia y América).[fósil-guía→]

Otro efecto de las corrientes superficiales, muy importante desde el punto de vista biológico, es el denominado **afloramiento**: en las costas orientadas al oeste de latitudes ecuatoriales y tropicales de océanos como el Atlántico y de manera notable el Pacífico, debido a la acción de los vientos Alisios que soplan de modo continuo hacia el oeste, se producen corrientes superficiales en esa dirección, que arrastrando las aguas las separan del continente y crean un vacío que obliga a ascender a las aguas profundas. Estas aguas que afloran o asoman desde el interior, al proceder de zonas donde no llega la luz solar y haber pocos organismos y por recibir todo tipo de materiales que decantan desde la superficie, son muy ricas en nutrientes (no han sido consumidos) y también en oxígeno (recuerda que este gas se disuelve con mucha facilidad si el agua está fría y a presión,) sirviendo de base para el desarrollo de una gran cantidad de organismos, cuya base en estos ecosistemas acuáticos son el **fitoplancton** y **zooplancton** (organismos de muy pequeño tamaño de vida flotante, productores y consumidores primarios respectivamente), y que sirven de alimento a peces y aves. Este es el origen de algunos de los caladeros o pesquerías más importantes del mundo. Puede destacarse el de Perú (el país con más capturas de pesca del mundo, y cuyos peces, básicamente *arenques* (familia del boquerón y de la sardina), se emplean para elaborar harina de pescado), y el de Angola, en la costa atlántica de África y en donde faenan muchos pesqueros de altura españoles. Las velocidades de las corrientes superficiales son relativamente bajas, pero como se trata de masas de agua extensas en anchura y espesor, movilizan enormes volúmenes. [Así por ejemplo la corriente del Golfo, cuya anchura media es de unos 240 Km. y su profundidad sobrepasa los mil metros, efectúa un transporte de ¡75 a 90 millones de m³ de agua por segundo! Como comparación, podemos señalar que el río Mississippi, uno de los más caudalosos, mantiene un caudal de agua de unos 20.000 m³ por segundo].

Aunque los ejemplos más llamativos de afloramientos tienen lugar en los océanos mencionados y en zonas próximas al ecuador, hay otros muchos lugares en los que también aparecen: siempre que una corriente superficial “barra” el agua de una zona y “obligue” a ascender



aguas profundas y ricas en nutrientes como en el sur de Irlanda (Gran Sol). [Puedes fabricar un afloramiento y en realidad todo un sistema de corrientes superficiales y profundas de ida y vuelta en tu propia bañera →].

Olas:

Son movimientos ondulatorios de la superficie marina provocados por la fricción del viento; éste transmite energía al agua, cuyas partículas superficiales describen un movimiento aproximadamente circular. La masa de agua no se desplaza, pues cada partícula vuelve a su punto de partida al término de cada oscilación. La amplitud vertical de esta oscilación determina la altura de la ola, que normalmente varía entre uno y cuatro metros, pero en los temporales puede llegar a los 10m. Un caso especial es el de los tsunamis, que pueden rebasar los 100m de altura. Como es lógico pensar, cada partícula de agua en movimiento empuja a las de su alrededor, oscilando en torno a su posición de equilibrio, pero a diferencia de las ondas sísmicas, que pueden recorrer todo el interior de la Tierra, las ondas marinas se debilitan bajo la superficie, a pocos metros de profundidad.

Como el agua es un fluido viscoso, cada partícula sufre la acción de la situada encima (el viento empuja a las superficiales), con lo que el movimiento se va transmitiendo hasta una cierta profundidad llamada nivel de base del oleaje. Cuando este nivel de base llega a tocar el fondo, en las proximidades de la línea de costa, el movimiento cíclico de las partículas de agua más bajas queda frenado por ese fondo, y afecta a las superiores, por lo que la cresta de la ola avanza más deprisa que la base, hasta desplomarse; la ola rompe y su movimiento ondulatorio se transforma en traslación hacia el continente, con socavación del fondo y transporte de sedimentos. Tras esta llegada de agua a la orilla, la pendiente de la playa la hace volver por gravedad retirándose y arrastrando con ella a partículas de tamaño adecuado a su energía (Ver esquema).

Cuando las olas llegan oblicuamente a la costa, lo que es muy frecuente, dejan el agua en lo alto de la playa. Inmediatamente, ésta se retira, pero ahora lo hace por gravedad siguiendo la línea de máxima pendiente, por lo que no vuelve exactamente hacia donde vino. Sucesivamente las siguientes olas producen el mismo efecto de llevar un agua que se irá trasladando paralelamente a la línea de playa produciéndose un movimiento de agua costero llamado **corriente de deriva litoral** (el efecto de nadar en la playa y sin darte cuenta alejarte de la sombrilla y la toalla es consecuencia de la deriva litoral) [Esta explicación debe descartar la falsa idea de que ha sido la sombrilla y la familia las que han cambiado de lugar. Esquemas]. La corriente de deriva es la responsable de traer o de llevarse la arena de unas playas y de depositarla en otras. Por eso, las actividades humanas que alteren estas corrientes pueden provocar efectos inesperados en la dinámica costera. [Paradoja aparente: en la playa el viento puede soplar en dirección al mar y sin embargo, las olas siempre van hacia la tierra →] [interferencias entre ondas→ las olas que nos llegan son el resultado de la acción de vientos de distintas direcciones que soplan a lo largo de cientos y hasta miles de kilómetros de la costa].

Mareas:

Son variaciones periódicas del nivel del mar causadas por la fuerza de atracción de la Luna y el Sol. Debido a su menor distancia, la atracción lunar es mucho más intensa que la solar (la fuerza de la gravedad es directamente proporcional al producto de las masas que se atraen e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias). La marea lunar tiene un período de 12 h 30 m, que es el tiempo que transcurre entre dos estados consecutivos de máximo nivel (pleamar) o de mínimo nivel (bajamar). La diferencia de altura entre estos dos niveles, o **amplitud de la marea**, suele oscilar entre dos y tres metros en los océanos y mares abiertos como por ejemplo el Cantábrico; en cambio en mares cerrados, como el Mediterráneo, es casi imperceptible. La máxima elevación se produce en el punto de la hidrosfera más próximo a la Luna, donde la atracción es máxima, y en el diametralmente opuesto, donde la atracción es mínima (por ser la parte más alejada). Este aumento de nivel en dichos puntos se compensa con el descenso en los intermedios. Al girar la Tierra, un



punto sobre ella pasará alternativamente por una zona alta, otra baja (a los 90°), nuevamente alta (a los 180°), nuevamente baja (270°) hasta volver a la posición inicial (360°). (No es el mar el que sube y baja, sino que el punto de la costa considerado, al girar el planeta, pasa por la zona en la que el nivel del mar es mayor o menor. Esquemas). Sin embargo, este fenómeno no se culmina exactamente en 24 horas que es lo que se tarda nuestra Tierra en dar una vuelta completa, ya que la Luna en ese tiempo se ha ido moviendo de su posición –movimiento de traslación-, lo que lleva a un “retraso” de las mareas de aproximadamente una hora diaria (explicar en clase). [Mareas especiales→ En ausencia de continentes el efecto es simple, pero los obstáculos modifican la dinámica de las mareas].

Cuando el Sol se encuentra en línea recta con la Tierra y la Luna, su acción se suma a la de esta última, y se producen las **mareas vivas** de máxima amplitud (amplitud= altura entre pleamar y bajamar), mientras que si los dos astros se hallan en ángulo recto respecto a la Tierra, sus efectos se contrarrestan y se forman unas mareas de escasa amplitud llamadas **mareas muertas**. Las máximas pleamares ocurren en luna llena y luna nueva mientras que en cuarto creciente y en cuarto menguante tienen lugar las mareas muertas. Al ascender la marea, y hasta alcanzar el nivel de la pleamar, se produce una corriente hacia el continente (flujo), mientras que al descender la marea, y hasta la bajamar, la corriente se dirige hacia el mar (reflujo). (Esquemas). [Existen tablas de mareas, en las que la amplitud vendrá dada por un coeficiente diario (un número entre 0 y 1). Estas tablas, cuya elaboración se basaba en años de observaciones han sido y son de gran importancia para los marinos ya que de ellas depende una navegación segura (la marea baja puede dejar al descubierto rocas peligrosas o simplemente no se puede entrar o salir de un puerto: en tiempos de la navegación a vela eran de vital importancia)].

Nota: de olas y mareas sólo deben conocerse las causas y relacionarlas con el sistema litoral, incluido en el tema de sistemas geodinámicos.

[¿Te suena eso de que la Luna tiene una cara oculta?: si la Luna gira sobre sí misma, al igual que lo hacen el resto de los astros, es raro no verla por todos lados ¿o no?].

EL FENÓMENO DE “EL NIÑO” (ENSO u oscilación meridional) [El Niño Shouthern Oscillation]

Desde hace más de un siglo los pescadores peruanos llaman «El Niño» a una *corriente cálida* que aparece cada año en las costas de Ecuador y norte de Perú en fechas próximas a Navidad, coincidiendo con la llegada del “niño Jesús”. Los pescadores de la zona habían aprendido a convivir con este hecho y se pensaba que se trataba de una perturbación local que afectaba únicamente a aquellas costas. Recientes investigaciones han demostrado que, lejos de tratarse de un fenómeno local, El Niño está asociado a cambios en todo el Pacífico subtropical y que incluso afecta al tiempo atmosférico de Europa. Las bases que rigen este fenómeno son sumamente complejas.

A escala local, la corriente cálida (la temperatura de las aguas se eleva varios grados) que aparece en Navidad en las costas peruanas supone una disminución en nutrientes y, en consecuencia, produce una escasez de pesca. Esta situación anómala acostumbra a durar uno o dos meses. (Tradicionalmente los pescadores han aprovechado esta época del año para hacer las necesarias reparaciones en sus barcos y utensilios de pesca). Sin embargo, algunos años se produce un recrudecimiento del fenómeno, con la llegada de aguas anormalmente cálidas y con una duración mayor de lo habitual. Actualmente, la expresión «El Niño» se reserva a episodios intensos, excluyendo el calentamiento anual y bastante suave de las aguas (entre uno y dos grados) que periódicamente aparece en la costa.

Para comprender el origen de El Niño es necesario analizar el sistema de vientos en el Pacífico subtropical. El Sol calienta las regiones ecuatoriales con mayor intensidad que el resto del globo, por lo que el aire tiende a elevarse y a ser reemplazado por aire de latitudes más altas, produciéndose una circulación del norte (a nivel del suelo o del mar) en el hemisferio norte y del sur en el hemisferio sur (recuerda el esquema de circulación general de la atmósfera). El efecto de



Coriolis desvía estos flujos hacia su derecha en el hemisferio norte y hacia su izquierda en el sur, resultando en ambos casos un flujo neto de aire hacia el Ecuador y hacia el oeste: son los **vientos Alisios**. En el océano, estos vientos empujan el agua superficial hacia el oeste, provocando que el nivel del mar en Indonesia esté más alto que en las costas de Sudamérica (como el experimento que hiciste en tu bañera). El desplazamiento de agua superficial en las costas de Perú y Ecuador debe ser compensado con un afloramiento de agua fría de las profundidades. El agua de las capas más profundas es muy rica en nutrientes y oxígeno y es básica para el fito-plancton. Éste, a su vez, favorece el desarrollo de importantes bancos pesqueros, lo que justifica que una proporción importante de la población humana base su economía en la pesca (la mayor flota pesquera del mundo la posee Perú). En el otro extremo del océano Pacífico, sobre las islas que forman Indonesia hay un gran centro de bajas presiones la mayor parte del año, por lo que el aire de los vientos Alisios asciende y desencadena intensas lluvias (Indonesia cuenta con inmensas junglas con tanta o más diversidad que las amazónicas –y como éstas, cada vez más esquiladas por los humanos). En altura, el aire se mueve hacia el este y desciende en el Pacífico central, oriental, e incluso sobre el continente americano, donde el tiempo es seco (aire que baja = alta presión = estabilidad).

En una situación típica de El Niño se produce una relajación de este flujo atmosférico. Usualmente la presión en la costa americana es superior a la de Indonesia (zonas de alta presión y de baja presión relativas respectivamente), pero cuando esta tendencia se invierte, porque los vientos alisios se debilitan, cambian las características del clima y se producen lluvias torrenciales en Ecuador y Perú y tiempo seco en Indonesia, es decir, lo contrario de lo normal (sobre Sudamérica se instalan bajas presiones y sobre Indonesia un anticiclón). Esta anomalía llega a provocar sequía y la consiguiente aparición de incendios forestales en Indonesia y Australia e inundaciones en Perú y Ecuador. Incluso la elevada temperatura del agua de mar en las costas centroamericanas puede provocar la aparición de huracanes intensos que llegan a afectar a lugares tan remotos como Hawai. Este tipo de fenómenos anómalos están caracterizados por una dinámica temporal poco predecible, pero acostumbran a tener una duración de aproximadamente un año y se repiten, de manera irregular, cada 3-8 años.

Normalmente, los periodos con *anomalías térmicas positivas* en la costa oeste americana (años de El Niño) tienden a alternarse con años anormalmente fríos (vientos Alisios muy fuertes que producen un afloramiento muy intenso que hace asomar un mayor volumen de aguas profundas y frías) que se conocen como años de **La Niña** que, lamentablemente, producen también notables efectos negativos. La Niña, pues, constituye la contrapartida fría a El Niño, es el otro extremo de la oscilación que estamos estudiando y en ella se producen inundaciones excepcionales en las costas asiáticas y sequías extremas en las costas suramericanas.

Actualmente se sabe que la energía que se pone en juego en el fenómeno de El Niño es tan importante que sin duda puede afectar no sólo a las regiones de América e Indonesia, sino a lugares tan alejados como la India, la península Arábiga o el continente Africano. En estas localizaciones, los años en los que aparece El Niño, se producen sequías intensas y muy duraderas que vienen a agravar la difícil situación de la población de estos países. La anterior sequía que afectó a nuestro país hace algo más de quince años coincidió con varios fenómenos seguidos de El Niño, en los que se dieron grandes inundaciones en Centroamérica y espectaculares huracanes en el Caribe. A pesar de que se han dedicado esfuerzos importantes a la comprensión de este fenómeno y que se han hecho avances muy destacados hay que señalar que, hoy por hoy, aún nos encontramos lejos de una comprensión global de este efecto y, en consecuencia, nos resulta difícil hacer predicciones ajustadas sobre su evolución.

CONSECUENCIAS ECOLÓGICAS Y ECONÓMICAS DE EL NIÑO.

Como ya se ha dicho al comentar el fenómeno, El Niño supone un calentamiento excesivo de las aguas oceánicas del Pacífico frente a Perú y una disminución del afloramiento de aguas frías y profundas cargadas de nutrientes y oxígeno (en esta zona las corrientes profundas oceánicas dan la vuelta para cerrar el circuito que realizan). Al faltar nutrientes, los productores de los ecosistemas



acuáticos no proliferan como debieran y esto supone, como sabemos, que el resto de los niveles tróficos de la cadena tampoco lo hagan. Puesto que el último de estos eslabones lo ocupan los humanos, pescadores peruanos y ecuatorianos, El Niño afecta al propio ecosistema marino y también a la economía de países muy pobres como Perú y Ecuador que basan una parte importante de su economía en la pesca. No acaban aquí las desgracias, ya que un año con el fenómeno de El Niño intenso supone, además, graves inundaciones con el consiguiente gasto económico y social (viviendas e infraestructuras destruidas, epidemias, falta de agua potable, en muchos casos muertos, etc.: gran peligrosidad, exposición alta y vulnerabilidad muy elevada suelen ir juntas). Pero esto es sólo en una zona del mundo; en las costas tropicales del oeste del Pacífico (Indonesia y norte de Australia) nos encontramos con grandes sequías que afectan económicamente a la agricultura y esta misma sequedad favorece la aparición de impresionantes incendios forestales.

Nota: hay que conocer de modo sencillo el porqué del fenómeno y las consecuencias económicas, dada su importancia para muchos países. Este último punto está relacionado con el apartado de recursos de la biosfera, que se estudiará en el último trimestre. Saber realizar el esquema puede resultar de gran utilidad.