



FUNDARRECIFE

Fundación para la protección del  
Arrecife de Los Cóbanos

PROYECTO FUNDARRECIFE-FIAES  
PROTECCION, CONSERVACION Y RECUPERACION DE LOS RECURSOS  
COSTERO MARINO DE LA ZONA DEL ARRECIFE DE LOS COBANOS



“MONITOREO BIOLÓGICO DEL ALGA *Acanthophora spicifera*  
EN LA ZONA DEL ARRECIFE DE LOS COBANOS”



**TALLER: ECOLOGÍA MARINA**  
**TEMA: ASPECTOS ECOLÓGICOS Y AMBIENTALES EN EL OCÉANO**

**LOS CÓBANOS, 15 DE DICIEMBRE DE 2006**

## INTRODUCCIÓN

### FACTORES GEOLÓGICOS

La superficie terrestre que se encuentra bajo las aguas oceánicas ha sido dividida según sus características estructurales y topográficas, en regiones o provincias. Tal es el caso de los *márgenes continentales y de las cuencas oceánicas*, dos de las más importantes.

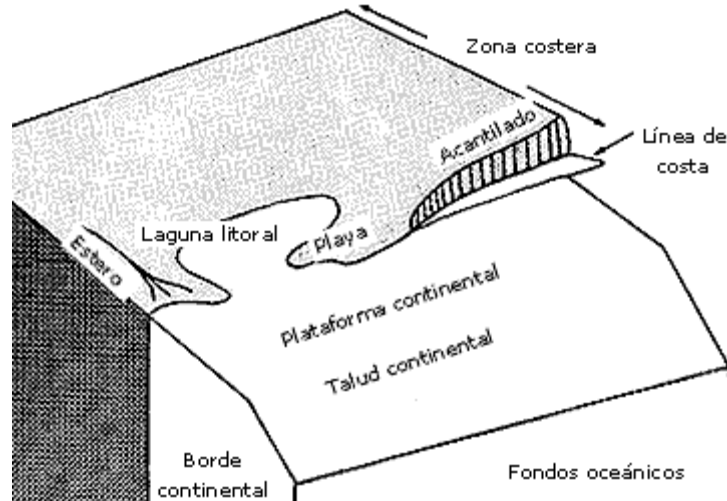
El mayor margen continental o precontinental incluye la zona donde los continentes y los océanos están en relación, es decir, corresponde a aquellos sectores de los fondos marinos que clásicamente se han denominado *plataforma y talud continental* y que hacen que el paso de los continentes a las profundidades oceánicas no sea repentino.

Cualquier perfil del borde precontinental aparece estructuralmente como una depresión de la corteza terrestre, que a través de los años cambia conforme se va rellenando de sedimentos. Su borde interno está constituido por la *zona costera*, que forma parte del dominio continental y contiene diversos detalles topográficos, como son las playas, las líneas de costa, los acantilados, las lagunas litorales y los esteros, entre otros. Su borde externo hace contacto con los fondos oceánicos; en esta área se pueden distinguir tres grandes provincias:

*Plataforma continental.* Es el sector más plano. Continúa el relieve del continente y se extiende a una profundidad de 200 metros.

*Talud continental.* Corresponde a una zona de pendientes más acentuada, por abajo de los 200 metros de profundidad. Su extensión varía en los diferentes mares.

*Borde continental.* Se sitúa al pie del talud. Forma el límite del precontinente y su unión con los grandes fondos oceánicos.



**Figura 1. Márgenes continentales.**

El conocimiento en torno al *fondo oceánico* es muy reciente. Por ejemplo, lo accidentado de la estructura de este fondo no se sospechaba antes de la segunda Guerra Mundial, pero con el desarrollo de la ecosonda de registro, —aparato que produce explosiones y calcula la profundidad por el tiempo que tardan los ecos en regresar a la superficie— los detalles de la topografía submarina fueron revelándose progresivamente.

A raíz de esos estudios se encontró que el fondo oceánico está dominado por cadenas montañosas volcánicas que forman los grandes dorsales o elevaciones, los cuales alcanzan miles de kilómetros de largo, con decenas de kilómetros de ancho y crestas que se levantan de dos a tres kilómetros por encima de las planicies abisales. Además se descubrieron otros tipos de formaciones topográficas, como fallas, fosas marginales, arcos insulares, trincheras, cañones submarinos, montañas, islas y el piso abisal.

Entre los grandes dorsales o elevaciones de cadenas montañosas volcánicas destaca el sistema que recorre al Atlántico en toda su extensión, formando una franja, alrededor de la Tierra, de 60 000 kilómetros de longitud y de 800 a 4 000 kilómetros de ancho. Este sistema se inicia en la cuenca euroasiática del Ártico,

pasa por Islandia y las Azores, en el Atlántico Sur; se dirige hacia el Este y da vuelta al sudeste de África hasta el Océano Índico; vuelve hacia el sur, para pasar por el sur de Australia, y cruza el Pacífico sur y el oriental hasta las Islas Galápagos y el Golfo de California, ascendiendo hacia el Norte.

Otro elemento topográfico predominante del fondo oceánico son las zonas de fractura o fallas, que consisten en cortes lineales que se presentan en los pisos y las llanuras abisales. El trazado de las fallas se mantiene constante y rectilíneo a lo largo de miles de kilómetros.

Generalmente, las fracturas están bordeadas por volcanes. Las cuatro mejor estudiadas son las que se extienden paralelamente entre sí, de Este a Oeste, a través de 6 000 kilómetros en el noroeste del Pacífico: la de Mendocina, Murray, Clarion y Clipperton, perpendiculares a la Gran Falla de San Andrés, que corre desde el Golfo de Alaska hasta Centroamérica. Esta falla, que es marina en su mayor parte, se adentra en California (Estados Unidos) y en Baja California (México). Estas fallas son regiones sísmicas activas que se forman por el movimiento de las capas tectónicas.

De las provincias de las márgenes continentales, la que mejor se ha estudiado es la zona costera, puesto que en ella se efectúa el más alto número de actividades humanas. Esta zona puede dividirse en cuatro unidades: la costa, la ribera, la línea de costa y la playa.

La zona costera ha cambiado durante la evolución del océano. Esto se explica porque los continentes se han elevado haciendo que la costa emerja y que la línea de costa se desplace hacia el mar. Este desplazamiento puede ser provocado por la actividad tectónica o por la acumulación de los materiales sedimentarios que son acarreados por el mar hacia la costa.

Las características actuales de las costas han sido determinadas por la acción que el mar ha ejercido desde épocas geológicas. El agua de los océanos ha sido, por la dinámica de sus movimientos —olas, corrientes y mareas— y en menor escala por su acción química, la principal responsable del modelado de las costas.

También otros factores contribuyen a esto, como los fenómenos atmosféricos, las aguas salvajes, la desembocadura de los ríos y los seres vivos.

En un principio, las costas debieron haber tenido un perfil homogéneo, y quizás después sufrieron una continua transformación originada por la influencia de **agentes externos e internos**.

### **Agentes externos**

Los agentes externos son los que pertenecen al medio ambiente y que actúan sobre el litoral, como **el oleaje, las corrientes, el viento, la acción del congelamiento y deshielo, los procesos químicos y la actividad de los seres vivos**.

El impacto del **oleaje** suele recaer sobre los materiales de la costa y transformarlos. La fuerza de las olas adquiere intensidades según la potencia del viento, la profundidad y características del fondo. Esta fuerza puede ser de 30 toneladas por metro cuadrado. Se ha calculado que a 70 metros de profundidad las olas ejercen todavía una acción.

Entre las **corrientes** que intervienen en la configuración de la costa destacan, a saber, las originadas por el ir y venir de las olas, que genera las corrientes de incidencia y de resaca, las cuales desgastan las rocas y transportan los materiales resultantes de este desgaste; en otro caso sobresalen las de marea, que pueden alcanzar fuerza cuando se desplazan por lugares estrechos, adquiriendo mayor velocidad; por último están las que descargan, originadas al ocurrir una invasión de agua dulce en el mar.

El **viento** es uno de los factores que ha hecho cambiar más la fisonomía de las costas. Así, al soplar desde mar adentro hacia tierra, y a la inversa, provoca alteraciones en el nivel del agua. El viento se fortalece en épocas de ciclones y tifones.

En los mares polares y subpolares, las rocas costeras sufren modificaciones a raíz de la acción continua del agua durante el ciclo de congelamiento y deshielo.

El **principal proceso químico** que se observa en las costas es el de disolución, o sea, el agua del mar es capaz en este caso de disolver las rocas, provocándoles oquedades o aislando fragmentos y confiriéndoles estructuras peculiares.

La influencia de los seres vivos en torno a la forma de la costa ha sido lenta y continua; por ejemplo, conforme crecen, las colonias que forman los arrecifes de coral van formando grandes barreras que modifican la costa.

### **Agentes internos**

Los agentes internos corresponden a las características propias de la estructura de las rocas de la costa, como la naturaleza y grado de dureza de las mismas, la abundancia y tamaño de los materiales sueltos, la profundidad del mar en las proximidades de la orilla.

### **Erosión**

La erosión de las costas rocosas provocada por las olas sucede lentamente, aun en los lugares donde las rocas son relativamente blandas. Los índices de erosión por año en los acantilados son de un metro, y representa aproximadamente el 5 por ciento del material de erosión que llega a las playas del mundo.

Los ríos y los vientos transportan los productos de la erosión desde el continente hasta la costa, donde las olas y las corrientes los distribuyen, además de cambiar la velocidad de erosión y la de depósito según la cantidad de energía que interviene en el proceso. Se considera que el flujo de energía de los océanos en las aguas costeras es de 5 000 millones de Kilowatts.

### **Sedimentación**

Las principales fuentes de los sedimentos de playas y orillas están representadas por los ríos, que transportan grandes cantidades de arena hasta el océano; los acantilados marinos de material no consolidado, que son desgastados por las olas, y los restos de origen biológico, como las conchas, los fragmentos de corales y otros esqueletos de pequeños organismos marinos. La arena arrastrada por el viento puede actuar como una fuente de sedimento en las orillas, aunque

los vientos, por lo general, son más eficaces quitando arena de las playas que depositándola.

Los de mayor dimensión, como los grandes trozos de roca, las piedras — llamadas cantos— de tamaño medio que el agua rueda, las piedras más pequeñas —gravas o gravillas— y las arenas gruesas o medianas permanecen cerca de la costa, los fangos y barros —constituidos principalmente por polvos, precoloides y coloides— son llevados mar adentro.

Las costas son caracterizadas por la acumulación de esos materiales. Cuando en ellas se deposita fundamentalmente arena, considerado como el sedimento más abundante en las costas del mundo, se forman las llamadas *playas*. Dichos materiales se establecen generalmente en lugares abrigados, como los fondos de ensenadas o bahías donde las corrientes marinas pierden fuerza. Los granos de arena son producto casi siempre de la desintegración de granitos —formados principalmente por cuarzo— cuyo tamaño varía de 2 milímetros a 50 micras.

**Tabla 1. Dimensiones de los sedimentos según clasificación de J. Boucart.**

<b>TIPO</b>	<b>TAMAÑO (mm)</b>
Fragmentos grandes	Más de 500
Cantos	500 - 250
Gravas	25 - 10
Gravillas	10 - 5
Gránulos	5 - 2
Arenas gruesas	2 - 0.2
Arenas medias	0.2 - 0.05
Polvos	0.005 - 0.002
Precoloides o suspensoides	0.002 - 0.0001
Coloides	0.0001

La morfología general y la evolución de la costa se ven influenciadas también por la dirección de las cordilleras, que se encargan de cambiar el curso de los vientos, así como por las variaciones del nivel del mar.

Las costas de los dos grandes océanos, el Atlántico y el Pacífico, tienen una estrecha relación con la dirección de las cordilleras de los continentes.

En la *costa atlántica* existe una multitud de entrantes y salientes, por lo que dicha costa parece encontrarse recortada formando ondas, debido a que los pliegues de la corteza —las cordilleras— son perpendiculares al litoral.

La *costa pacífica*, que es rectilínea, cuenta con islas largas separadas por estrechos brazos de mar, debido a que las montañas corren paralelas al litoral. Las costas, en función de las variaciones que sufren por los cambios del nivel del mar, se pueden distinguir en costas de emersión y de inmersión.

### **Costas de emersión**

Son aquellas en que el continente está o ha estado recientemente sujeto a un movimiento de elevación que incide en la existencia de costas bajas, monótonas, y de pendientes suaves; de abundantes playas, barras, albuferas, marismas, deltas y dunas. Por lo general ahí existen acantilados, así como otras formas situadas fuera del alcance del mar, a consecuencia del levantamiento continental, como las que se ven en la costa del Sahara.

### **Las costas de inmersión**

Su formación se debe al hundimiento del continente y sobre todo, a la reciente elevación del nivel del mar; es decir, cuando los hielos se hundieron durante la última glaciación. Por ello son tan comunes en la actualidad.

La morfología inicial de este tipo de costa depende de las características de la zona dadas por el mar. Al principio la costa es recortada, siguiendo las colinas y valles preexistentes que forman promontorios, islas y ensenadas. Conforme avanza la erosión costera se van estructurando acantilados en los promontorios, y depósitos de playas y barras en las ensenadas. Más tarde, al continuar el retroceso de la costa, ésta puede hacerse recta, predominando en ella los



acantilados. Por último, si la erosión actúa sobre materiales de diferente constitución, pueden volver a formarse salientes y entrantes.

En las costas de las regiones tropicales, una formación que puede considerarse como de inmersión son los **arrecifes coralinos**, contruidos por el crecimiento de colonias de corales, llamadas madréporas, cuyo esqueleto es de carbonato de calcio. También las algas calcáreas y los moluscos contribuyen a la creación de esos arrecifes.

Sobre la superficie del fondo oceánico también existen salientes que reciben el nombre común de montañas oceánicas las cuales se pueden diferenciar en tres tipos distintos: islas volcánicas y montañas marinas.

**Las islas volcánicas** son elevaciones aisladas generalmente alejadas de los continentes, y posiblemente originadas debido a la segmentación de las grandes cordilleras. Su parte más elevada sobresale de la superficie del mar, y se diferencian de las islas continentales por ser de menor tamaño.

**Las montañas marinas** son elevaciones que alcanzan más o menos un kilómetro de altitud, y se pueden encontrar aisladas o en grupos de 10 a 100. Son más abundantes en el Océano Pacífico que en el Atlántico. Algunos geólogos marinos estiman que existen 20 000 en todos los mares y que se originaron a raíz del hundimiento de volcanes provocado por movimientos de la corteza terrestre.

En la zona situada entre la costa de Nueva Inglaterra, donde se localiza el Banco de Georges y las Bermudas, se encuentra una de las mayores agrupaciones de montañas marinas.

Las regiones planas que se encuentran en el fondo del océano entre las formaciones topográficas representan al llamado **piso abisal**, que tiene una inclinación muy ligera, menor de un metro por cada 1 000 metros; se hallan en profundidades de 5 000 a 10 000 metros, como los planos abisales que se

localizan a los lados de los dorsales atlánticos. Su origen es muy discutido, y para determinados autores su formación se debió a la influencia de grandes volúmenes de lava solidificada que se escurrió sobre el lecho oceánico; para otros, son el resultado de un proceso de sedimentación continua.

En las últimas décadas han sido descubiertas en los fondos oceánicos unas salientes rocosas en forma de tubos con paredes de aspecto esponjoso, de color amarillento naranja, que lanzan por su boca una columna de humo negro-grisáceo que llegan a alcanzar hasta 50 metros de altura. Son las llamadas *chimeneas o fumarolas*. Fueron localizadas en varias regiones del océano. Las que se encontraron en las Islas Galápagos y en la falla Rivera-Tamayo a 21° Norte en la entrada del Golfo de California han sido muy estudiadas.

En las salidas o bocas de estas chimeneas se concentran temperaturas muy altas, que van de los 350 a 570° C, aunque la temperatura del agua en esa zona es de 2° C. La presión con que sale la columna de humo debe ser muy fuerte, pues logra vencer las 250 atmósferas que se tienen a 2 700 metros de profundidad.

El humo contiene sulfuros y metales como el zinc y el hierro, por lo que se piensa que pudieran ser fuentes futuras de estos minerales.

## FACTORES FÍSICOS

### PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA DE MAR

El agua del mar es una solución de sales, por lo que sus propiedades físicas son muy diferentes de las del agua dulce y varían de acuerdo con la cantidad de sales que contenga. Por la gran complejidad que presenta el agua del mar en su composición, y debido a su riqueza en seres vivos, sustancias inorgánicas en suspensión y gases disueltos, algunos autores la describen como "una sopa turbia de seres vivos."

Se pueden dividir en: **térmicas, mecánicas, eléctricas, acústicas, ópticas y radiactivas.**

### **Propiedades Térmicas**

Dependen del calor que absorbe de las radiaciones energéticas que recibe del Sol, así como de la cantidad de calor que posteriormente el mar regresa a la atmósfera. Por lo tanto, el balance térmico del océano se establece por la diferencia entre el calor ganado y el perdido, y este balance es casi estacionario en el océano en su conjunto, aunque puede variar en algunos mares en especial, según las diferentes latitudes donde se encuentran en el planeta: es mayor la absorción de calor en bajas latitudes y mayor la pérdida en las altas.

Las características térmicas del agua del mar influyen sobre otras de sus propiedades, y se puede destacar que la temperatura interviene directamente en el establecimiento de la distribución de las masas de agua en el océano, por cambios de la densidad, disponiéndose las menos densas y calientes arriba y las más densas y frías abajo.

También el conocimiento del balance térmico en el mar permite entender la distribución de las comunidades de organismos tanto en las aguas someras como en las profundidades. Los organismos pueden ser **euritermos** (los que pueden vivir dentro de unos límites amplios de temperatura) **estenotermos** (los que sólo pueden tolerar una variación muy limitada de temperatura).

### **Propiedades Mecánicas**

La **salinidad** está dada, principalmente, por los cloruros, sulfatos y carbonatos que se encuentran disueltos en el agua del mar, y su distribución no es uniforme ni constante, varía de un lugar a otro, tanto en dirección horizontal, como en vertical, e incluso sufre oscilaciones en un mismo punto del océano, con el transcurso del tiempo. El factor fundamental que determina las variaciones de salinidad en un área marítima concreta es la pérdida o ganancia de agua.

La **densidad** del agua del mar consiste en su peso derivado de la cantidad de masa de sales por unidad de volumen de agua, por lo que es directamente proporcional a su salinidad, ya que a mayor cantidad de sales, existe una masa superior por unidad de volumen de agua; en cambio, es inversamente proporcional a la temperatura siendo, a mayor temperatura, la densidad menor. La densidad también puede variar con la profundidad, por lo que se encuentra una estratificación del agua del mar, es decir, se presenta una separación horizontal de las capas de agua de diferente densidad. Si la densidad aumenta con la profundidad, la estratificación será estable debido a que las capas más pesadas quedan en el fondo; pero si disminuye con la profundidad, la estratificación será inestable, y puede cambiar totalmente por los movimientos del océano al hundirse las capas pesadas que están en la superficie.

La **presión** es producida por el peso de la columna de agua que gravita sobre una superficie situada a una determinada profundidad, más la presión atmosférica que actúa sobre la superficie del mar. La presión se mide en el mar mediante aparatos llamados nanómetros, que son de muy diversos tipos.

La relación entre estas dos propiedades físicas, densidad y presión, así como su distribución, tiene gran significado en oceanografía física, porque al combinarse con el movimiento de rotación de la Tierra determinan la configuración de las principales corrientes del océano.

### **Propiedades Eléctricas**

Consisten en que este medio es conductor de la electricidad, debido a que las moléculas de las sales se disocian en iones positivos y negativos, que al estar sometidos a un campo eléctrico se desplazan en sentido contrario produciendo corrientes. Esta propiedad sirve para medir, con mayor precisión, la salinidad del océano.

El estudio de las **características acústicas** del agua oceánica es de gran importancia, ya que las ondas sonoras y ultrasonoras penetran desde la superficie del mar hasta grandes profundidades, al contrario de la luz solar, que sólo lo hace a 200 metros de profundidad, y de las ondas de radio, que también

son absorbidas rápidamente; por lo tanto, la comunicación y el conocimiento submarino tienen que realizarse utilizando las propiedades acústicas del mar.

Con base en estos conocimientos se han diseñado métodos y aparatos muy diversos como los hidrófonos, aparatos simples que recogen los sonidos del mar producidos por los fenómenos físicos propios del agua, los organismos marinos que la habitan y las embarcaciones o artefactos utilizados por el hombre.

Otros aparatos acústicos son las sondas acústicas o ecosondas y el sonar, que registran las ondas sonoras y ultrasonoras, permitiendo conocer la profundidad del fondo, su naturaleza y configuración; también localizar los bancos de peces, medir su tamaño y calcular la posible captura; asimismo, situar a otros barcos en la superficie, a los submarinos y otros objetos sumergidos.

En el aire la velocidad media es de 333 metros por segundo, mientras que en el agua es mucho mayor: alcanza de 1400 a 1600 metros por segundo; el margen que se presenta en ese último caso lo originan las variaciones de salinidad, temperatura y presión del agua del mar, y por lo tanto, para calcular la velocidad del sonido en un lugar dado del océano, se tienen que medir también estas características.

### **Propiedades Ópticas**

Se producen debido a que el agua del mar presenta cierta transparencia, es decir, la posibilidad de dejar pasar la luz, transparencia que cambia conforme aumenta la profundidad, debido a que esta luz sufre fenómenos de reflexión y refracción.

La luz que penetra en el océano es indispensable para que tengan lugar los fenómenos de fotosíntesis en el interior de las aguas marinas, es decir, la captación de la energía solar para la elaboración de la sustancia orgánica que será el alimento de los vegetales, los animales y el hombre.

Las radiaciones que forman la luz son absorbidas por el agua del mar y le transmiten calor. Esta absorción es selectiva y depende de la longitud de onda de la radiación. Dentro del espectro visible, la absorción es máxima para el rojo y mínima para el azul-verde. La infrarroja transporta la mayor parte de la energía calorífica, y se absorbe prácticamente en el primer metro de agua.

El calor del mar depende de esta selectividad de sus aguas para absorber y dispersar la luz. Así el color azul intenso de algunas zonas oceánicas se debe a la ausencia de partículas en suspensión, mientras que en las aguas costeras predomina el color verde, por la abundancia de partículas nutritivas y de pequeños organismos que forman el plancton.

### **Propiedades radioactivas**

Se pueden diferenciar dos tipos: la que se produce de manera natural en ellos, y la que el hombre ha introducido a los océanos al usar la energía atómica.

Una radiactividad mayor que la existente en la masa líquida se encuentra en los sedimentos marinos, sobre todo en los de las cuencas oceánicas. Se cree que estas cuencas pueden ser grandes yacimientos de materiales radiactivos, ya que uno de los elementos más abundantes en sus sedimentos es el torio.

La radiactividad producida por el hombre se deriva fundamentalmente de subproductos de explosiones atómicas, desperdicios de los reactores nucleares y por los derrames del agua de enfriamiento de estos reactores. El hombre, por desgracia, ha pensado que la inmensidad del océano le permite usarlo como basurero; pero los desperdicios atómicos constituyen un peligro potencial para la flora y fauna marinas y mientras no se conozca a fondo la dinámica del océano, no debe hacerse este depósito porque se pondría en peligro el futuro de la humanidad al destruir una fuente de riqueza alimenticia como es el océano.

### **FACTORES QUÍMICOS**

#### *La salinidad*

Esta propiedad resulta de la combinación de las diferentes sales que se encuentran disueltas en el agua oceánica, siendo las principales los cloruros, carbonatos y sulfatos. Se puede decir que básicamente el mar es una solución acuosa de sales, característica que le confiere su sabor. De estas sales, el cloruro de sodio, conocido como sal común, destaca por su cantidad, ya que constituye por sí sola el 80 por ciento de las sales. El restante 20 por ciento corresponde a los otros componentes.

La salinidad varía en dirección tanto horizontal como vertical y aun en un mismo punto puede sufrir variaciones en las diferentes estaciones del año. Los factores que hacen cambiar la salinidad son, en primer lugar, la temperatura ya que si es elevada provoca una evaporación intensa y por lo tanto un incremento de salinidad resultante de la concentración de sales; en segundo lugar, los aportes de agua dulce, que por dilución, disminuye la salinidad.

**Relación temperatura / salinidad**

<i>Profundidad en metros</i>	<i>Temperatura 0° C</i>	<i>Salinidad</i>
0	26.44	37.45
50	18.21	36.02
100	13.44	35.34
500	9.46	35.11
1 000	6.17	34.90
1 500	5.25	34.05

En la zona costera, en las lagunas litorales y en las áreas donde los ríos se abren hacia el mar formando los esteros, la salinidad se presenta baja descendiendo desde la boca hasta su interior llegando a alcanzar concentraciones de cero partes por mil, sobre todo en aquellos lugares donde se deja de sentir el efecto de las mareas conociéndose sus aguas como salobres. En estas zonas estuarinas la salinidad presenta una variación estacional notable. Generalmente disminuye en la época de lluvias y aumenta en la de sequía, pero en las altas latitudes la variación estacional se invierte siendo en verano cuando se da el mínimo de salinidad, porque los ríos aumentan su caudal a consecuencia del deshielo.

Aunque generalmente las aguas estuarinas están más diluidas que las oceánicas, se localizan zonas cálidas en donde la evaporación es muy elevada, presentándose salinidades superiores a la del mar. Casos extremos se pueden encontrar en lagunas costeras con poca profundidad y con escasa comunicación

con el mar, como por ejemplo la Laguna Madre en México, que tiene salinidad de 65 partes por mil y el Sivash, en el Mar de Azof, que llega a 132 partes por mil. La salinidad interviene directamente sobre las características fsicoquímicas del agua del mar relacionándose con la temperatura, la densidad y el pH; caracteriza las masas de agua oceánicas e influye en la distribución de los seres vivos, ya que sus estructuras y funcionamiento están íntimamente ligados a las variaciones de la salinidad.

### **Sales Disueltas**

Las sales disueltas en el océano constituyen casi 50 billones de toneladas y están formadas por 10 elementos principales por encontrarse en mayores proporciones: cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, bromo, estroncio, boro y flúor.

<i>Toneladas milla<sup>3</sup> de agua de mar</i>	
Cloro	89 500 000
Sodio	49 500 000
Magnesio	6 400 000
Azufre	4 200 000
Calcio	1 900 000
Potasio	1 800 000
Bromo	306 000
Estroncio	38 000
Boro	23 000
Flúor	6 100

El *cloro* y el *sodio* son los constituyentes fundamentales del agua del mar y se encuentran en forma de *cloruro de sodio* que se conoce como la sal común. Representa el 80 por ciento de las sales en solución.



Esta cantidad y composición del cloro y el sodio en el agua del mar es muy semejante a la de los líquidos orgánicos como la sangre, los líquidos viscerales que forman el medio interno de los animales y que juegan un papel decisivo en la fisiología, es decir, en las funciones de estos seres vivos.

Después del cloro y el sodio, el *magnesio* es el elemento más abundante en el agua del mar, se encuentra en una relación constante respecto al cloro. Se combina con otros elementos formando cloruro de magnesio, sulfato de magnesio y bromuro de magnesio y está presente en el esqueleto de algunos organismos marinos. La extracción a escala industrial de estas sales apenas se inicia.

El *azufre* se encuentra en forma de *sulfatos*, compuestos cuya concentración varía poco, aunque pueden cambiar notablemente sus proporciones en las aguas próximas al litoral debido a la influencia de las aguas fluviales, más ricas en sulfatos que las marinas. En cuencas oceánicas más o menos cerradas, como el Mar Negro, existen bacterias que para respirar no necesitan oxígeno, reducen los sulfatos marinos y los hacen precipitarse al fondo en forma de sulfuros.

La cantidad de *calcio* que contienen las aguas oceánicas es menor que la de los elementos anteriores y su relación con el cloro permanece relativamente constante. Este calcio, combinándose con los carbonatos, constituye la estructura del esqueleto calizo, interior o exterior, de un gran número de organismos, como los foraminíferos, pequeños animales del plancton marino, los corales y las algas marinas que viven en el fondo del mar y que forman el bentos; también se encuentran en los caparazones de los crustáceos y en la concha de los moluscos. Al morir estos organismos sus esqueletos caen al fondo, en donde llegan a formar acumulaciones submarinas de calcio de gran extensión.

### **Acidez – Alcalinidad (pH)**

Es la relación entre la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) y oxhidrilos ( $OH^-$ ) que le confiere las características de alcalinidad o de acidez a una solución. El

agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos.

El valor del pH es un dato de importancia en la oceanografía química desde cualquier punto de vista que se considere, por lo que se ha hecho clásica la técnica de su registro en las naves científicas y en los laboratorios en tierra, a la vez que se toman otros datos de importancia, tales como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto etcétera, pudiéndolo medir por métodos colorimétricos casi ya no utilizados en la oceanografía química o por métodos eléctricos al aplicar el potenciómetro, resultando más precisos.