

## CAPITULO 7

# MORFOLOGÍA DEL FONDO OCEÁNICO Y CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE COSTA

Verónica Pineda

Morfología del fondo oceánico	135
1.1. Márgenes continentales	135
1.1.1. Plataforma continental	136
1.1.2. Talud continental	136
1.1.3. Pie del talud o elevación continental	136
1.1.4. Cañones submarinos	136
1.2. Cuencas oceánicas	137
1.2.1. Fosas oceánicas o trincheras	137
1.2.2. Llanuras abisales	137
1.2.3. Elevaciones volcánicas submarinas	138
1.2.3.1. Montes submarinos o abisales	138
1.2.3.2. "Seamounts"	138
1.2.3.3. "Guyots"	138
1.3. Dorsales oceánicas	138
2. Características de la línea de costa	139
3. Playas	139
4. Dinámica de la playa	140
5. Erosión de la línea de costa e intervención humana	141
6. Arrecifes de coral y atolones	141
7. Cambios del nivel del mar	142
8. Lecturas recomendadas	142



## CAPITULO 7

# MORFOLOGÍA DEL FONDO OCEÁNICO Y CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE COSTA

Verónica Pineda

### 1. Morfología del fondo oceánico

El fondo oceánico puede ser dividido en tres regiones principales: a) *los márgenes continentales*, que incluyen la plataforma continental, el talud continental, los cañones submarinos y en algunos casos también el pie del talud o elevación continental<sup>1</sup>; b) *las cuencas oceánicas* que están a su vez conformadas por las llanuras abisales, los montes submarinos, los *seamounts*<sup>2</sup> y en algunos océanos por la presencia de fosas oceánicas; y c) las *dorsales oceánicas*<sup>3</sup> que corresponden a amplias cordilleras submarinas.

#### 1.1. Márgenes continentales

Los márgenes continentales corresponden a las zonas de transición entre los continentes y los fondos oceánicos profundos y representan el 20% del área total de los océanos. Aunque los márgenes continentales varían considerablemente de una región a otra, hay dos formas principales: (a) *margen continental de tipo Atlántico*, llamado también margen pasivo o asísmico, que es aquel que no está asociado a un borde de placa<sup>3</sup> y por lo tanto es sísmicamente inactivo, está constituido por la plataforma continental, el talud continental y el pie del talud; (b) *margen continental de tipo Pacífico*, denominado también margen activo o sísmico, está asociado a un borde de placa donde la placa oceánica está siendo

---

<sup>1</sup> Traducción del término en inglés "Continental rise".

<sup>2</sup> "Seamounts" término en inglés para denominar a los volcanes submarinos no asociados a las dorsales oceánicas.

<sup>3</sup> Ver capítulo 6 "Tectónica de placas"

subductada debajo de la placa continental y por lo cual existe una gran actividad volcánica y sísmica asociada. Este último tipo de margen ha sido también subdividido en *tipo chileno*, caracterizado por una angosta plataforma continental y un talud continental que termina en una fosa oceánica, y *tipo mariana o de arco de isla* caracterizado por cuencas marginales poco profundas que separan el continente del arco de isla volcánico y de la fosa (como ocurre en el margen oeste del océano Pacífico).

#### 1.1.1. Plataforma continental

La plataforma continental corresponde a la zona sumergida de suave pendiente del margen continental, constituida por corteza continental y corresponde a una extensión inundada de los continentes. Se extiende desde la línea de costa hasta una profundidad media de 130 metros, en donde se inicia el talud continental. El ancho medio de la plataforma continental es de 80 kilómetros, sin embargo, esto puede variar de una región a otra presentando un desarrollo que puede ir desde pocos kilómetros hasta grandes extensiones, como en el Océano Ártico en donde alcanza 1.500 kilómetros.

En Chile la extensión de la plataforma continental es muy reducida. Al norte de Valparaíso (33° S) pocas veces excede los 5 kilómetros mientras que al sur de esta latitud presenta un ancho variable que va desde los 10 kilómetros al norte del río Mataquito (35° S), hasta valores promedios de entre 40 y 60 kilómetros hacia el sur. La excepción a esto se observa en la península de Arauco (37° 30' S) con un ancho de 12 kilómetros y también en el extremo austral (56° S) donde alcanza cerca de los 100 kilómetros. Una de las características de la plataforma continental corresponde a la acumulación de gran cantidad de sedimentos que son aportados por los ríos y luego son distribuidos por las corrientes marinas.

#### 1.1.2. Talud continental

Delimitando el borde de la plataforma continental en dirección al mar, se encuentra el talud continental. Este sector presenta una pendiente abrupta y desciende desde el borde de la plataforma continental (a unos 130 metros de profundidad) hasta el piso oceánico, alcanzando profundidades de entre 1.500 a 3.500 metros. El talud continental, relativamente angosto y con un ancho menor de 200 kilómetros, marca el límite entre la corteza continental y la corteza oceánica. Sin embargo, en las cercanías de Concepción (36° 45' S) tiene un ancho aproximado de 50 kilómetros y desciende desde los 145 metros (borde de la plataforma) hasta los 4.750 metros de profundidad.

#### 1.1.3. Pie del talud o elevación continental

En los márgenes pasivos, regiones donde no existen fosas oceánicas, a continuación del talud continental se reconoce una zona con una inclinación más gradual que es conocida como pie del talud o elevación continental, que mar adentro limita con la cuenca oceánica profunda. El pie del talud tiene un ancho entre 100 y 1.000 kilómetros y está formado por la acumulación de grandes cantidades de sedimentos que son desplazados pendiente abajo, desde la plataforma continental hacia los fondos oceánicos y que se acumulan formando el pie del talud.

#### 1.1.4. Cañones submarinos

Los cañones submarinos son valles sinuosos de paredes abruptas que presentan ancho, profundidad y longitud variables y que se distribuyen tanto en los márgenes pasivos como en los activos, aún cuando son más abundantes en este último sector. Los cañones submarinos cortan a la plataforma continental y al talud continental y constituyen las vías de transporte de sedimentos hacia las cuencas oceánicas. En los márgenes de tipo Pacífico estos cañones pueden extenderse desde escasos metros de la línea de costa hasta el área de la fosa oceánica.

Los cañones submarinos se forman por la erosión producida por corrientes de turbidez que corresponden a desplazamientos subacuáticos de agua mezclada con sedimentos en suspensión, que se mueven por efecto de la gravedad en zonas de pendiente y que se generan por deslizamientos de materiales inestables producidos bajo el agua. Como el agua cargada de sedimentos es más densa que el agua normal de mar, esta corriente fluye pendiente abajo a lo largo de los cañones, erosionando y trans-

**Cuadro 7.1.** *El Cañón del Bío-Bío corresponde a un valle submarino de paredes abruptas, cuya cabecera se ubica a 300 metros de la desembocadura del río Bío-Bío y se extiende hasta la cuenca oceánica donde alcanza una profundidad de 4.570 metros. El largo de este cañón es de 134 kilómetros. Como la mayoría de los cañones submarinos que se encuentran en un margen activo, el del Bío-Bío se encuentra en una fase de erosión, lo que significa que se está profundizando y su cabecera retrocediendo y acercándose cada vez más al continente. La playa Escuadrón (al sur de la desembocadura del río Bío-Bío) es alimentada por la arena que es transportada por el río Bío-Bío y distribuida hacia el sur por las corrientes costeras. A medida que la cabecera del cañón se aproxime a la desembocadura del río, el cañón actuará como trampa de los sedimentos que provienen de este cauce de agua, de tal manera que el aporte de sedimentos hacia la playa disminuirá y esto conducirá a un retroceso de la línea de costa. (Fig. 7.1.)*

portando grandes cantidades de sedimentos. Si estas corrientes llegan hasta la desembocadura del cañón y depositan el sedimento en el fondo oceánico relativamente plano, forman un depósito llamado abanico submarino. En el margen continental chileno y distribuidos entre La Serena y Chiloé, se han reconocido varios cañones submarinos, tales como: cañón (sin nombre) a la latitud de La Serena, y los cañones de San Antonio, Mataquito, Maule, Bío-Bío, Imperial, Toltén, Chaihuin, Río Bueno, Chacao y Cucao. Uno de los mejores estudiado es el del Bío-Bío, que se ubica al norte del golfo de Arauco (Cuadro 7.1.; Fig. 7.1.)

## 1.2. Cuencas oceánicas

Las cuencas oceánicas se ubican entre los márgenes continentales y las dorsales oceánicas. Incluyen a las fosas oceánicas, a las regiones relativamente planas conocidas como llanuras abisales y a las elevaciones volcánicas submarinas. La superficie que abarca esta región es aproximadamente el 30% de la superficie terrestre y su extensión horizontal varía entre 200 y 2.000 kilómetros.

### 1.2.1. Fosas oceánicas o trincheras

Las fosas oceánicas o trincheras corresponden a largas y estrechas depresiones del fondo oceánico que se ubican bordeando los márgenes continentales de tipo Pacífico y constituyen las partes más profundas del fondo oceánico. La fosa de las Marianas (ubicada al oeste del océano Pacífico) presenta una longitud de 2.550 kilómetros con una profundidad de 11.000 metros y un ancho medio de 70 kilómetros. La fosa Chile-Perú tiene una longitud de 5.900 kilómetros con un ancho promedio de 100 kilómetros y presenta una profundidad máxima de 8.063 metros frente a la península de Mejillones (a la latitud de los 23° 20' S). En el sector

norte hasta la altura de Valparaíso (33° S), la fosa se presenta con escaso relleno sedimentario, el cual aumenta hacia el sur a medida que incrementa el aporte de sedimentos desde el continente. Las fosas representan el lugar donde la placa oceánica en movimiento se hunden bajo otra placa. Además de los sismos generados cuando una placa desciende debajo de otra, también la actividad volcánica está asociada a estas regiones, y por lo tanto existen montañas volcánicas (Cordillera de los Andes) y arcos de islas volcánicas (islas Aleutianas ubicadas al norte del océano Pacífico) que se distribuyen paralelos a las fosas oceánicas.

### 1.2.2. Llanuras abisales

Las llanuras abisales corresponden a zonas planas del fondo oceánico, casi horizontales y que se encuentran en profundidades de 2.000 a 6.000 metros. Están ampliamente distribuidas en los océanos Atlántico e Índico donde existe un gran aporte de sedimentos desde los continentes, y también en mares marginales como en el oeste del mar Mediterráneo y en el mar Caribe. A través de métodos de prospección sísmica se ha podido determinar que la topografía relativamente plana de las llanuras abisales se debe a las grandes acumulaciones de sedimentos que han suavizado un fondo oceánico normalmente irregular. En el caso del Océano Pacífico este se presenta rodeado por un sistema de fosas oceánicas las cuales actúan de trampas de sedimentos provenientes de los continentes, razón por la cual las llanuras abisales presenta un escaso desarrollo en este océano.

### 1.2.3. Elevaciones volcánicas submarinas

La monótona topografía de las llanuras abisales está ocasionalmente interrumpida por estructuras volcánicas parcialmente enterradas, tales como los montes submarinos, "*seamounts*" y "*guyots*".

#### 1.2.3.1. Montes submarinos o abisales

Son pequeñas elevaciones submarinas de origen volcánico, de cimas aguzadas y de pendientes abruptas que pueden tener centenares de metros (< 1.000 metros) por encima del fondo de las cuencas oceánicas. Los montes submarinos están asociados a las dorsales oceánicas, que son regiones de expansión de los fondos oceánicos.

#### 1.2.3.2. "*Seamounts*"

Corresponden a volcanes que se ubican en las cuencas oceánicas y que no están asociados a las dorsales, sino que a los puntos calientes<sup>4</sup> que son regiones donde asciende material caliente fundido que proviene del manto y que forman volcanes. *Los seamounts* se elevan por más de 1.000 m sobre el fondo oceánico y se encuentran distribuidos al azar, en grupos o alineados, generando verdaderas cordilleras sumergidas. Cuando la cima sobresale la superficie del mar forman islas que bajo la acción de los agentes meteorológicos pueden ser erosionadas (por ejemplo, la cadena volcánica Hawaiana se formó por el movimiento de la placa del Pacífico sobre un punto caliente aparentemente estacionario y ubicado bajo la isla de Hawai). En áreas tropicales es frecuente que los corales se desarrollen formando arrecifes alrededor de los "*seamounts*"; los que posteriormente pueden formar atolones coralígenos si el nivel del mar asciende o se hunde el fondo oceánico.

#### 1.2.3.3. "*Guyots*"

Son montes sumergidos que tienen cimas planas y se ubican en la llanura abisal. Corresponden a elevaciones de origen volcánico cuyas cumbres se erosionaron por la acción de las olas y su actual posición se debe a la elevación del nivel del mar o al hundimiento del fondo oceánico.

### 1.3. Dorsales oceánicas

Corresponden a amplias cordilleras<sup>5</sup> sumergidas y que están constituidas por apilamiento de rocas volcánicas basálticas. Se extienden a través de todos los océanos con un largo total de 80.000 kilómetros y a una profundidad promedio de 2.500 metros. El ancho de esta cordillera es mayor a 1.000 kilómetros, pudiendo incluso alcanzar hasta 4.000 kilómetros. La altura sobre el fondo oceánico es de 2.000 a 3.000 metros y se ubican en la parte central de los océanos, excepto en el Pacífico Norte donde la dorsal está desplazada hacia el este, hasta interceptar Norteamérica. Las dorsales se encuentran segmentadas y dislocadas por fallas transcurrentes, que son fracturas de las placas que cortan perpendicularmente a las dorsales y a lo largo de las cuales las placas se desplazan una al lado de la otra. Estas zonas de fallas tienen un ancho de 10 a 100 kilómetros y un largo de 3.500 kilómetros y corresponden a zonas de topografía irregular, marcadas por depresiones, pendientes pronunciadas y montes submarinos. La parte central de la dorsal está ocupada por una gran depresión denominada valle de *rift*<sup>6</sup>, que presentará 1 a 2 kilómetros de profundidad y una pocas decenas de kilómetros de ancho. Los valles de *rift* corresponden a zonas de expansión de los fondos oceánicos donde continuamente asciende magma y se genera corteza oceánica.

---

<sup>4</sup> Conocidos más ampliamente por su denominación inglesa de "Hot Spots"

<sup>5</sup> Ver capítulo 6 "Tectónica de placas"

<sup>6</sup> Palabra que en inglés significa "espacio estrecho en la tierra o en la roca".

## 2. Características de la línea de costa

Si entendemos que la costa es la región que bordea un cuerpo de agua, ya sea marino o continental (lago), la línea de costa corresponde entonces al límite entre el continente y el cuerpo de agua, y sus características variarán dependiendo de factores como el tipo de rocas que se encuentran en el área costera, la intensidad de las olas y corrientes marinas, y de la estabilidad de la costa. Muchos geólogos clasifican las costas en función de los cambios que se han producido con respecto al nivel del mar y según esta clasificación, las costas se dividen en costas de emersión y de inmersión. Las costas de emersión se desarrollan cuando un área costera experimenta un levantamiento, o bien, como consecuencia de un descenso del nivel del mar. Las costas de inmersión se generan cuando el nivel del mar se eleva o cuando la tierra adyacente al mar se hunde. La costa es modelada por una combinación de procesos de erosión y depositación, en donde la *erosión* es el proceso de incorporación y transporte de material por un agente dinámico como el agua, el viento o el hielo, y la *depositación* es la acumulación del material una vez que cesa el transporte.

Las salientes del continente que se extienden en el mar son vigorosamente atacadas por las olas que erosionan selectivamente las rocas fracturadas y más blandas, generando morfologías tales como acantilados litorales, plataformas de abrasión, cuevas marinas, arcos y pilares litorales; en cambio, en las bahías la energía de la ola decrece favoreciendo la depositación de sedimentos y formación de playas. Los *acantilados litorales* se originan por la acción erosiva del oleaje contra la base del terreno costero y por el derrumbamiento de las rocas sobre el socavón excavado en la base del acantilado. A medida que la erosión progresa, el acantilado retrocede, dejando una superficie relativamente plana denominada *plataforma de abrasión*. En sectores costeros donde la roca está fracturada y es más blanda, el oleaje las socava más rápidamente dando origen, en un principio, a *cuevas marinas* y posteriormente, cuando la erosión progresa permitiendo que dos cuevas se encuentren, se forman los *arcos litorales* (Ej. Portada de Antofagasta). Si el arco se desmorona y queda un resto de roca aislado se llama *pilar litoral* (Fig. 7.2. y 7.3.)

Cuando están disponibles grandes cantidades de sedimentos, las corrientes costeras y las olas erosionan, transportan y depositan los sedimentos a lo largo de la costa, contribuyendo al desarrollo de las playas y otros depósitos costeros, tales como flechas, cordones litorales, tómbolos e islas barrera. Donde la costa presenta una curva a la entrada de una bahía o de un estuario, los sedimentos transportados por las corrientes costeras son acarreados más o menos en línea recta y se depositan formando un banco de arena que se conoce con el nombre de *flecha* y que se proyecta cerrando la entrada de la bahía o estuario. Los *cordones litorales* son barras de arena que atraviesan por completo una bahía, separándola de mar abierto, mientras que los *tómbolos* son depósitos de arena que se generan de una manera semejante a como se forma una flecha, y que conectan una isla con tierra firme o con otra isla (Fig. 7.2.). Las *islas barrera* son barras de arena que se ubican paralelas a las costa, a una distancia entre 3 y 30 kilómetros del litoral. La mayoría de ellas presentan un ancho entre 1 a 15 kilómetros y una longitud de 15 a 30 kilómetros, están separadas del continente por una laguna y pueden tener una altura de hasta 6 metros sobre el nivel del mar.

## 3. Playas

La playa es definida como un segmento dinámico, relativamente estrecho de una costa, constituida por sedimentos (arenas, gravas en menor proporción y fragmentos de conchas), donde el oleaje tiene acción directa (Cuadro 7.2.). El color de la arena de una playa depende de la composición mineralógica del sedimento, así playas de arena blanca están constituidas por granos de cuarzo, en cambio aquellas que presentan un color negro podrían estar compuestas por fragmentos de rocas volcánicas basálticas. Asociadas a las playas generalmente existen dunas costeras que se forman por la acción del viento que transporta y deposita la arena proveniente de la playa.

El oleaje generado por el viento es el agente que se encarga de transportar y de distribuir la arena a lo largo de la costa para formar las playas. Si las olas llegan a la playa perpendicularmente, la arena se moverá en un movimiento de vaivén, mientras que si las olas llegan a la playa oblicuamente, existirá además una corriente longitudinal, produciéndose un transporte de arena a lo largo de la playa. La depositación costera ocurre cuando el volumen de sedimentos excede la capacidad de transporte de las corrientes costeras. Si la cantidad de arena que se deposita en la playa es igual a la que se erosiona, decimos que la playa está en equilibrio. Si la cantidad de arena que se acumula es mayor a la que se erosiona, la playa está en crecimiento y en el caso contrario, la playa está en regresión.

La energía de la ola puede disminuir como respuesta a variaciones estacionales en la velocidad del viento, al aumento de la profundidad del agua, o también cuando una barrera natural o artificial impide que las olas alcancen el litoral.

#### 4. Dinámica de la playa

La energía de la ola es el principal factor que controla el desarrollo y los cambios de una playa. Cuando una ola se encuentra en una zona de aguas profundas no se ve afectada por el fondo, sin embargo, en la medida en que la ola se acerca a la costa, su velocidad basal comienza a disminuir debido al roce del agua con el sustrato y por consiguiente, aumenta la velocidad de la cresta de la ola, así como su altura.

Cuando la pendiente del frente se vuelve inestable, la ola se "rompe" generando la *zona de rompiente* y en el fondo se forma una barra de arena, la cual contribuye a la disminución de la profundidad del agua. De esta manera, una ola de oscilación<sup>8</sup> se convierte pasado la zona de rompiente en una ola de translación<sup>9</sup>, caracterizada por una masa de agua que se desplaza hacia la playa. Una vez que la ola rompe se genera la *zona de resaca* (o de "surf"<sup>10</sup>), en la cual las partículas de agua se mueven turbulentamente hacia la costa. El flujo de agua hacia el continente es balanceado por un flujo de retorno hacia el mar, que se desplaza por la parte inferior de esta zona o se concentra en las corrientes de resaca que se describen más adelante. La *zona de lavado* representa la zona donde el agua fluye hacia la costa como una delgada lámina de agua (Fig. 7.2.)

Las olas generan dos tipos de corrientes cerca de la costa (Fig. 7.5.): La *corriente de resaca* y la *deriva costera*. La primera es una corriente que fluye mar adentro casi perpendicular a la línea de costa, desde la zona de resaca. Nadadores que caen en fuertes corrientes de resaca con gran dificultad pueden nadar hacia la costa y para poder salir de ellas deben nadar en forma paralela a la playa (Cuadro 7.3.). Los

**Cuadro 7.2.** Una playa típica presenta tres zonas<sup>7</sup>:

*Trasplaya* es el sector de la playa que se extiende desde la línea de alta marea hasta un acantilado, duna o vegetación, la cual permanece normalmente seca, excepto bajo condiciones de marejadas. Es característico en esta zona pequeños escalones llamados *bermas*, producidos por los temporales.

*Playa propiamente dicha* es la parte comprendida entre la línea de alta y baja marea. La parte de mayor pendiente en el margen hacia el mar, la cual recibe el agua de la rompiente de la ola, se llama *frente de la playa*.

*Anteplaya* es la que se encuentra siempre bajo el agua, entre el nivel de baja marea y el punto donde el oleaje deja de ejercer una acción sobre el fondo.

**Cuadro 7.3.** Si un nadador no alcanza a "capiar" una ola y ésta revienta debe zambullirse lo más abajo posible para aprovechar que en la parte inferior de la zona de resaca, el agua fluye mar adentro y así no ser alcanzado por la zona superior, donde el agua se mueve turbulentamente mar afuera y por lo tanto sería arrastrado hacia la playa.

<sup>7</sup> Los términos trasplaya, playa y anteplaya, son comúnmente utilizados en geología por sus denominaciones en inglés que respectivamente corresponden a "Backshore", "Foreshore" e "Inshore".

<sup>8</sup> Onda que se desplaza en un medio líquido y que solo involucra transporte de energía a través del fluido.

<sup>9</sup> En este caso, la oscilación del medio líquido involucra transporte de energía conjuntamente con transporte de partículas del fluido.

<sup>10</sup> Del inglés "resaca"

surcadores de olas ó los *surfers*, en cambio, utilizan estas corrientes para lograr un retorno rápido y con poco esfuerzo hacia la zona de rompiente de la ola. Si las olas se aproximan a la costa con un cierto ángulo, se genera el otro tipo de corriente, la *deriva costera* que es una corriente casi paralela a la línea de costa en la zona de resaca, que se extiende longitudinalmente por decenas y a veces hasta centenas de metros y que termina en la corriente de resaca.

## 5. Erosión de la línea de costa e intervención humana

En la actualidad la zona costera es un lugar de gran actividad humana y las naturales fluctuaciones de la línea de costa no siempre son compatibles con dicha actividad. La mayoría de las personas consideran la costa como una plataforma estable sobre la cual se puede edificar estructuras con total seguridad, lo que no siempre es así y a veces puede constituir un riesgo para la actividad humana. En comparación con los peligros naturales, como los terremotos y las erupciones volcánicas, la erosión de la línea de costa suele percibirse como un proceso más continuo y predecible y que solo parece causar daños relativamente modestos en zonas limitadas. En realidad, la línea de costa es un lugar dinámico que puede cambiar rápidamente en respuesta a las fuerzas naturales, así por ejemplo, tormentas excepcionales son capaces de erosionar las playas y los acantilados de tal forma que producen cambios inmediatos y notorios en esta zona. Las corrientes litorales transportan grandes cantidades de sedimentos a lo largo de la costa que provienen tanto de la erosión del litoral por acción de las olas, como del aporte de los ríos que desembocan en el mar. Algunas estructuras hechas por el hombre pueden interferir en el transporte de estos sedimentos causando depositación y favoreciendo la formación de playas, o por el contrario, produciendo erosión y generando un retroceso o pérdida de ellas. Para mantener o ensanchar las playas que están perdiendo sedimentos a veces se construyen espigones, que son barreras que se disponen en ángulo recto a la línea de costa de tal manera que interrumpen el movimiento de la arena, causando sedimentación en el lado corriente arriba del espigón; sin embargo, a menudo también producen erosión corriente abajo de la estructura. En algunas áreas se pueden construir un rompeolas que es una barrera paralela y a una cierta distancia de la línea de costa y que tiene como finalidad crear una zona de agua tranquila entre la estructura y la playa. Sin embargo, la reducción de la actividad de las olas en este sector permitir la acumulación de arena, produciendo el embancamiento en el lugar, mientras que la playa corriente abajo del rompeolas se erosiona y retrocede. Otra forma de defender las construcciones que se encuentran cerca de la playa, de la fuerza de la ola, es mediante la construcción de diques que son simples barreras de rocas o de cemento y así evitar que las olas alcancen las áreas situadas detrás del muro. En este caso, las olas chocan violentamente contra el dique y erosiona su base, lo que puede conducir a su destrucción. Las estructuras protectoras de la línea de costa desvían de manera transitoria la energía del océano, pero normalmente reconcentran esa energía sobre las playas naturales adyacentes. Muchas estructuras interrumpen el flujo natural de arena en las corrientes costeras y generan el crecimiento de una playa, pero al mismo tiempo, pueden generar erosión en sectores adyacentes por sustracción de la arena que naturalmente era depositada en esa zona.

## 6. Arrecifes de coral y atolones

Los arrecifes de coral se cuentan entre las estructuras más pintorescas encontradas en los océanos tropicales y subtropicales. Se construyen fundamentalmente a partir de organismos que viven fijos al fondo y que tienen la habilidad de formar esqueletos pétreos de carbonato de calcio. Cuando los animales constructores de arrecifes mueren, nuevas colonias crecen en los remanentes de corales antiguos, de tal manera que solamente en la parte externa y superior del arrecife se encuentran los organismos vivos (Cuadro 7.4). Los arrecifes de coral se ubican en aguas claras, iluminadas y cálidas de los océanos Pacífico e Índico. Los corales que forman arrecifes crecen mejor en aguas cuya temperatura media anual es de 24° C y la profundidad límite a la cual pueden desarrollarse los corales es de 45

metros. Los arrecifes de coral pueden ser clasificados en tres tipos: arrecifes marginales, atolones o islas de coral y barreras de arrecifes. Los *arrecifes marginales* son aquellos que se ubican adyacentes a la costa, los *atolones o islas de coral* consisten en un anillo casi continuo de arrecife de coral que generan una laguna central, y las *barreras de arrecifes* se sitúan a una cierta distancia de la costa, separadas del continente por una laguna de profundidad variable. Un ejemplo de este último tipo es la Gran Barrera de Coral que se extiende a lo largo de la costa de Australia por 2.000 kilómetros y a 240 kilómetros costa afuera.

## 7. Cambios del nivel del mar

La elevación global del nivel del mar ha sido de 10 a 15 cm durante los últimos 100 años y las investigaciones actuales prevén una subida significativamente mayor en los años venideros, de alrededor de 25 a 75 cm para el año 2100. Esta elevación se ha debido en parte a la fusión de los glaciares y en parte a la expansión termal de los océanos, debido al calentamiento mundial de la atmósfera. Aunque un cambio vertical de este tipo parece ser pequeño, cualquier elevación del nivel del mar a lo largo de una costa provocaría una modificación de la línea de costa. En zonas costeras con pendientes fuertes, esta elevación produciría solo pequeñas modificaciones, en cambio, esta misma elevación del mar en una costa de suave pendiente causaría un significativo retroceso de la línea de costa que podría afectar fuertemente a puertos, ciudades costeras, balnearios y asentamientos humanos en el litoral.

La idea que el nivel del mar continuará elevándose en los próximos decenios está vinculada a los resultados de los estudios climáticos que predicen una tendencia hacia el calentamiento global. Estas predicciones se basan en el hecho de que el contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de invernadero en la atmósfera, han estado aumentando a un ritmo acelerado durante el último siglo, principalmente como producto de la quema de combustibles fósiles asociado al desarrollo industrial. El CO<sub>2</sub> es un gas que retiene calor y que además se mantiene próximo a la superficie terrestre, por lo que tiende a aumentar la temperatura del planeta. Las temperaturas más elevadas pueden hacer que el hielo de los glaciares se derrita y así provocar un aumento del nivel del mar, esto último se acentúa debido a que al elevarse la temperatura de las capas superiores del océano estas se expanden.

## 8. Lecturas recomendadas

Chong, G., 2001. Enseñando Geología a los niños. Programa EXPLORA – CONICYT. Universidad Católica del Norte.

**Cuadro 7.4.** Uno de los resultados de la expedición del naturalista Charles Darwin<sup>11</sup>, que duró 5 años y que circunnavegó el planeta, fue el desarrollo de una hipótesis sobre la formación de las islas de coral o atolones. Darwin explicaba como los corales, que necesitan para vivir agua cálida, somera e iluminada por el sol, pueden construir un arrecife que alcanzan millares de metros de profundidad. Darwin argumentaba que donde actualmente existen atolones, cuya base se encuentra a gran profundidad, originalmente debía existir una profundidad no mayor a los 45 metros y que los arrecifes se habían formado sobre los flancos de islas volcánicas en hundimiento (debido al hundimiento del fondo oceánico). A medida que la isla se sumerge lentamente, los corales siguen construyendo el complejo arrecifal hacia arriba.

<sup>11</sup> Ver capítulo 1 "La búsqueda del conocimiento y la ciencia en occidente"

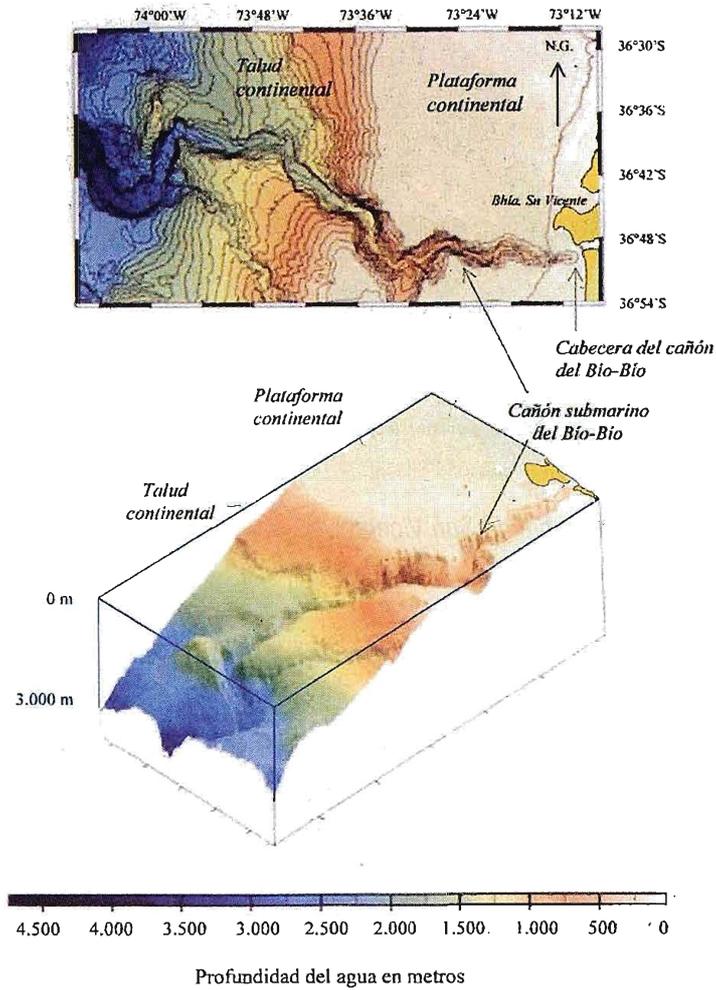


Figura 7.1. Cañón submarino del Bío-Bío. Proyección en dos (superior) y tres dimensiones (inferior). N.G. = Norte geográfico. Imagen procesada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

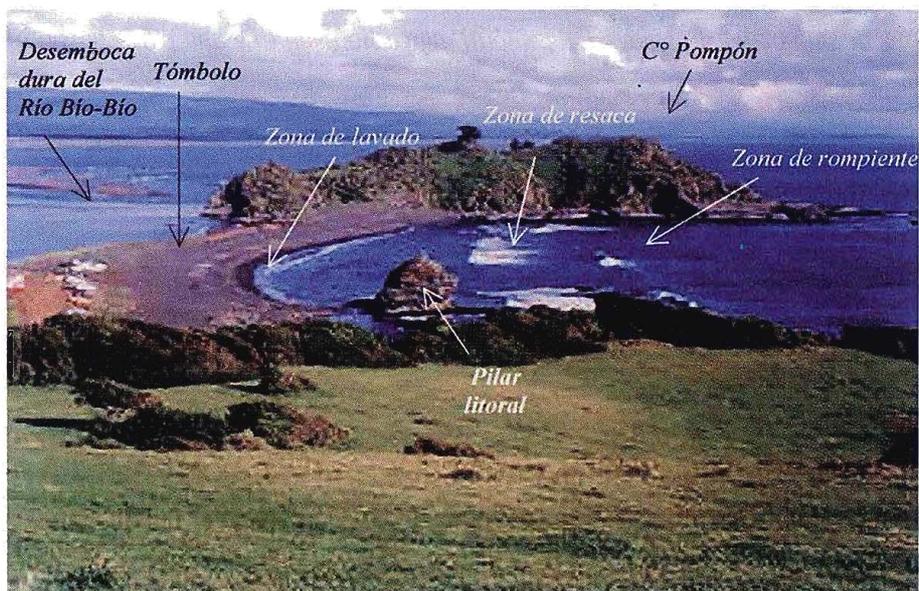


Figura 7.2. Zonas de una playa, morfologías costeras esquematizadas en la Desembocadura del río Bío-Bío.

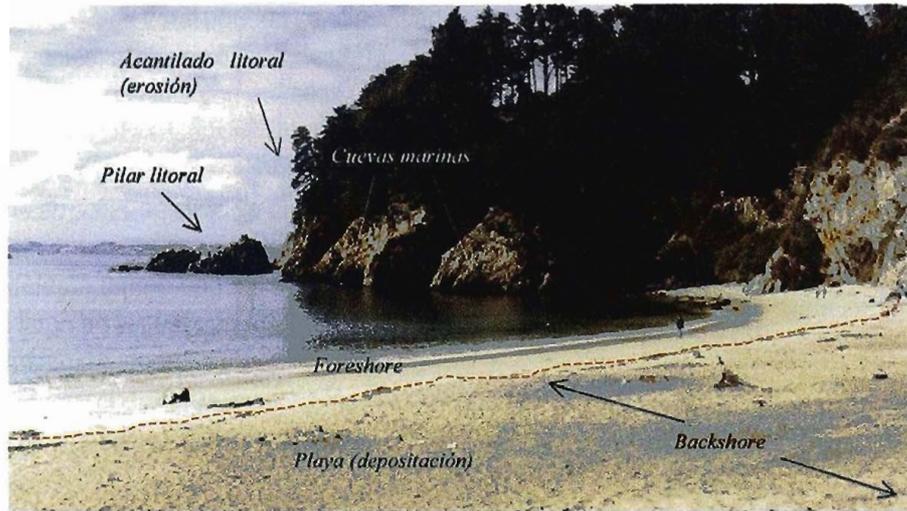


Figura 7.3. Caleta Ramuntcho, en Bahía de San Vicente.

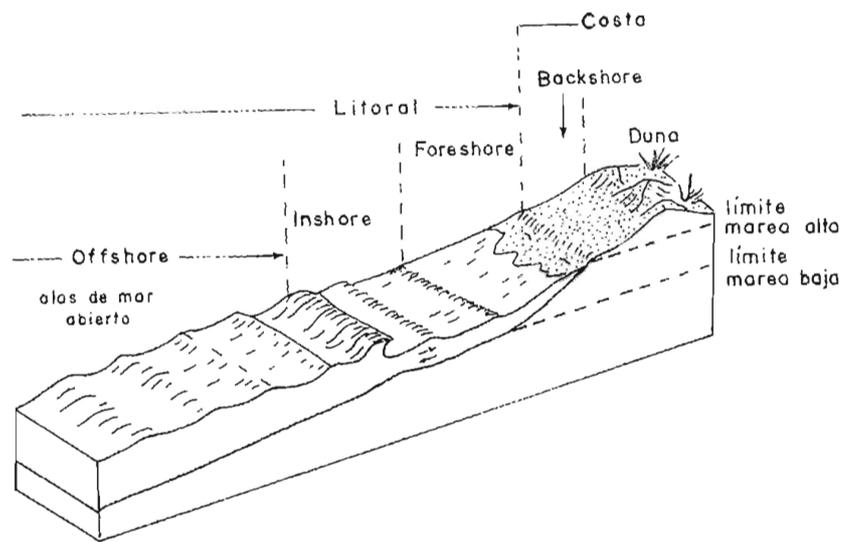


Figura 7.4. Zonas de una playa: Trasplaya (backshore), playa (foreshore) y anteplaya (inshore).

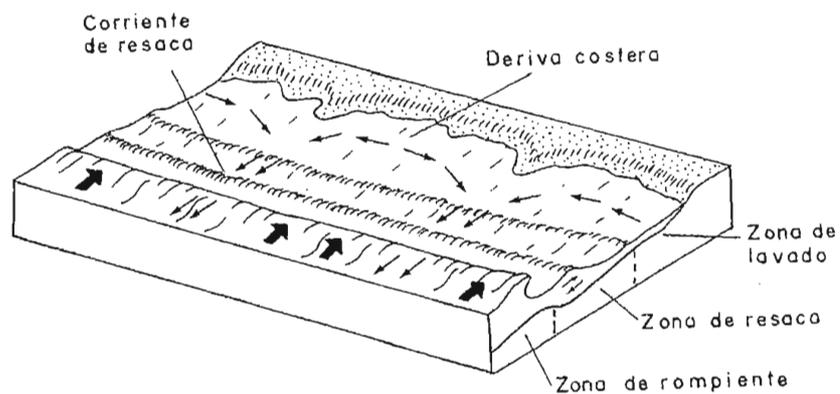


Figura 7.5. Corrientes marinas generadas por efecto de oleaje.