



GUÍA TÉCNICA PARA EL ESTUDIANTE DE ACUICULTURA:

Parámetros ambientales, biología de los organismos, tecnología de cultivos y principios para la adaptación al cambio climático



Editor

Bernardo R. Broitman

Colaboradores

María Valladares

Manuel Núñez

Pilar Molina

Alejandra Gallegos

Victor Aguilera

Paul Watt

María de los Ángeles Gallardo

Marcel Ramos

Macarena Contreras

Camila Cisternas

Pola Videla

Laura Ramajo

Antonio Cuevas

Diego Narváez

Diseño y diagramación

Janina Guerrero

Fotografías

Andrés Zurita

Bernardo R. Broitman

John Largier

Camila Cisternas

Jorge Ramírez



Índice

Introducción	06
UNIDAD I:	
ENTENDIENDO NUESTRO OCÉANO Y CLIMA: PROCESOS CLIMÁTICOS Y OCEANOGRÁFICOS PLANETARIOS	13
1. Capítulo I: Procesos climáticos: Interacción océano-atmósfera ¿cómo se modula el clima del planeta?	14
a. Circulación general de la atmósfera.	15
i. Balance radiativo.	15
ii. Celdas de circulación.	17
b. Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur.	21
c. Efectos del sol en el mar.	24
i. Radiación.	24
ii. Radiación en el mar.	24
d. Movimiento de las masas de agua.	34
i. Los grandes giros oceánicos	34
ii. Circulación termohalina.	37
iii. Variabilidad oceanográfica.	42
1. El Niño – Oscilación del Sur (ENOS).	42
a. El Niño.	43
b. La Niña.	44
c. Efectos del ENOS en Chile	46
2. Surgencia costera.	51

Capítulo II: El estudio de los océanos: parámetros ambientales y distribución de las especie	59
a. Procesos Físicos en el oceano	60
i. Tectónica de placas y relieve submarino.	60
1. Relieve submarino	66
a. Cuencas oceánica submarina.	66
b. Fosas oceánicas.	66
c. Plataforma continental.	69
i. Zonas Económicas.	69
d. Talud continental.	76
e. Formas del litoral chileno	76
ii. Circulación, corrientes y mareas: como se mueve el mar	79
1. Circulacion general de los oceanos.	79
2. Corrientes que afectan la costa chilena.	81
a. Corriente de la deriva del oeste.	81
b. Corriente del Cabo de Hornos.	81
c. Corriente de Humboldt.	82
d. Contracorriente Perú-Chile.	83
iii. Olas y mar de fondo.	85
iv. Las mareas.	91
1. Mareas según altura de nivel del mar y la fase lunar.	91
2. Las mareas en Chile.	96
b. Procesos químicos en el oceano	102
i. Procesos químicos que ocurren en los océanos.	104
1. Propiedades del agua.	105
a. Estado sólido.	105
b. Estado líquido.	106
c. Estado gaseoso.	106
d. Cambios de estado	106
ii. Parámetros ambientales	114
1. Temperatura superficial del mar.	118
a. Promedios de temperaturas en el Océano Pacífico.	120
2. pH	123

3. Turbidez	130
4. Salinidad	131
a. Cambios en la salinidad a lo largo de Chile.	134
5. Densidad.	142
6. Gases disueltos en el mar.	150
a. Dióxido de Carbono (CO ₂)	150
b. Oxígeno (O ₂)	160
iii. Instrumentos de medición de parámetros oceanográficos.	164
c. Procesos biológicos y la vida marina	172
i. Ecosistemas marinos	174
ii. Organismos pelágicos	174
1. Pláncton	175
2. Nécton	175
iii. Organismos bentónicos	176
1. Organismos móviles	177
2. Organismos sésiles	177
iv. Participación de los organismos marinos en ciclos de los nutrientes	185
Capítulo III: Adaptación al Cambio Climático en la Pesca y la Acuicultura	190
a. Cambios en procesos oceanográficos	191
1. Surgencia	192
2. El Niño / ENOS	193
b. Cambio climático	194
1. Acidificación	195
2. Desoxigenación	196
3. Cambios en la temperatura	199
4. Marejadas	201
Glosario	205
Bibliografía	217

Introducción

En la tierra ocurren una serie de procesos que permitieron el origen y desarrollo de la vida, la mayoría de esos procesos que afectan al planeta ocurren fundamentalmente en el océano y en la interfase océano-atmósfera. En este contexto, los océanos tienen la capacidad de modular el clima del planeta, distribuir calor y nutrientes por todo el globo, tomar y liberar gases (intercambio gaseoso) como el CO_2 desde y hacia la atmósfera, entre otras tantas funciones vitales para los procesos evolutivos del planeta.

Es tan relevante comprender los procesos oceánicos, que, durante décadas, grandes expediciones científicas han intentado dar respuestas a las interrogantes sobre las condiciones ambientales que lo afectan, así como también conocer vida que alberga en sus profundidades. En esa línea, son varias las disciplinas que buscan explicar los procesos que ocurren en el mar. Así, las tres ramas de la Oceanografía: física, química y biológica, a través de constantes mediciones de variables ambientales, procuran entender dichos procesos naturales y cómo estos influyen en la distribución de las especies marinas y en las actividades económicas ligadas a la industria acuícola y pesquera.

Actualmente, el conocimiento generado por los científicos a raíz de la comprensión de la dinámica de los océanos, permite promover la vinculación ciencia empresa, logrando que la industria acuícola pueda incorporar conocimientos científicos y rigurosos en la cadena de producción de organismos de gran importancia comercial, agregando un componente de innovación tecnológica y eficiencia en sus procesos productivos de gran escala. En este sentido, es indispensable conocer las condiciones ambientales naturales (T° , Salinidad, Oxígeno, pH, entre otras) que rodean a los organismos y determinar cuáles son los equilibrios necesarios para el desarrollo óptimo de cada especie en cultivo. A su vez, este conocimiento y/o monitoreo oceanográfico, proporciona una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que permite a la empresa reaccionar de manera anticipada, tomando medidas precautorias cuando las condiciones naturales son adversas. De esta forma, es posible trabajar en forma cohesionada y así evitar grandes pérdidas en la producción.

Este documento ha sido formulado y dirigido en base a los contenidos mínimos de aprendizaje que propone el Ministerio de Educación en sus planes y programas para el área técnico profesional con mención en Acuicultura. Por consiguiente, este manuscrito tiene como objetivo ser un documento de apoyo y consulta frecuente para docentes y estudiantes del área técnico Acuícola de nivel medio, en donde encontrarán conceptos y definiciones básicas importantes para su proceso de formación, tales como las principales variables oceanográficas que afectan a los cultivos, la biología de los organismos bivalvos, tecnologías de cultivos y procesos de postcosecha y principios para la adaptación de la acuicultura a escenarios de cambio

climático. Todos los términos son definidos básicamente con el propósito de facilitar la transferencia de conocimientos por parte del profesor, aportando además con material complementario de apoyo como guías de trabajo para el estudiante y lecturas complementarias que facilitarán la comprensión de los procesos básicos y necesarios para el desarrollo de la Acuicultura por parte de los estudiantes en formación.

¿Qué necesito saber?

Conceptos básicos de ciencias

Ciclos biogeoquímicos.

Identificación de parámetros ambientales.

Características de los océanos y su vinculación con la diversidad de flora y fauna marina.

Variables climáticas.

Conocer las actividades económicas de la industria acuícola.

Reconocer las variables de estudio.

Comunicar las ideas con claridad y pertinencia de manera oral y escrita.

¿Qué voy a aprender?

Procesos climáticos: Circulación general de la atmósfera, Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur, Efectos del sol en el mar y Movimientos de masas de agua.

Estudio del océano: Oceanografía Física, Oceanografía Química y Oceanografía Biológica.

Aplicar los contenidos de la unidad a actividades productivas de la industria acuícola.

Realizar las tareas de manera sistemática y ordenada, de acuerdo a procedimientos establecidos.

Respetar tiempo de ejecución de actividades y estándares de calidad.

Detectar a tiempo y prevé situaciones anómalas en procesos de cultivos acuícolas.

¿Para qué voy a aprender?

Acondicionar reproductores según criterios y estándares de tipo biológico y productivo.

Medir y registrar periódicamente los parámetros biológicos de la especie, de acuerdo al plan de manejo.

Informar situaciones anómalas resultantes de la medición de parámetros ambientales, de acuerdo a procedimientos establecidos.

Comprobar y registrar el estado de salud de las especies en cultivo, siguiendo estándares de calidad.

Administrar tratamiento a los reproductores según dosis determinadas en el plan de manejo.

Adaptar los procesos de la industria acuícola a escenarios de cambio climático.

Manejar tecnologías para obtener y procesar información pertinente al trabajo.

Adaptar e incorporar tecnologías de innovación.

Desarrollar capacidades profesionales e inversiones productivas.

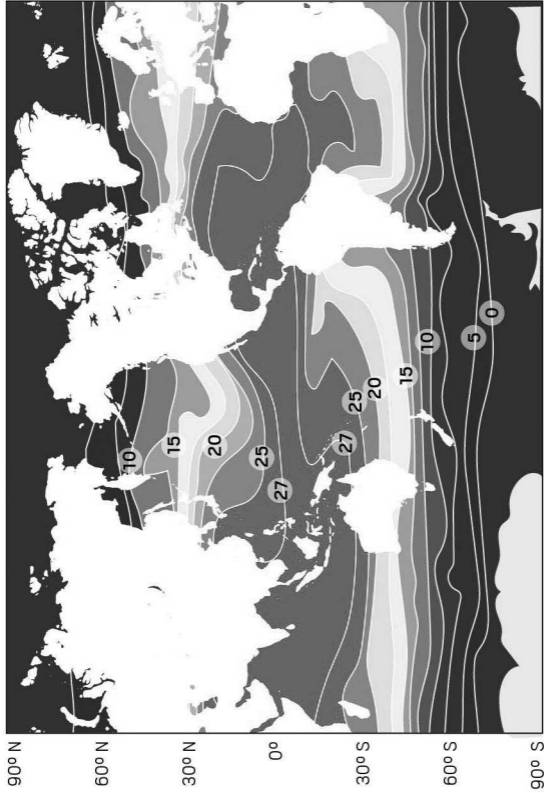
Contexto de la Unidad

La acuicultura es el conjunto de actividades, técnicas y/o conocimientos que se ejecutan en el cultivo y reproducción de peces, moluscos y algas de agua dulce o salada. Es el tercer sector productivo de nuestro país, el cual emplea a 45.000 profesionales y técnicos del área, además mueve alrededor de \$4.500 millones de dólares al año.

Activación de contenidos

De acuerdo a lo que leíste en la introducción de la unidad, pudiste comprender que el comportamiento del océano determina la distribución de especies marinas y las actividades productivas ligadas a la industria acuícola. Lo mencionado, depende del monitoreo constante de las variables ambientales, una de estas es la temperatura del mar:

Temperatura del mar, los números indican las temperaturas a lo largo de cada línea (isoterma).



90° N
60° N
30° N
0°
30° S
60° S
90° S

30° E 60° E 90° E 120° E 150° E 180° E 150° W 120° W 90° W 60° W 30° W 0° 30° E



0 2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25 27.5 30 32.5

De acuerdo a la imagen, explica:

1. ¿Qué sucedería con las especies marinas del océano pacífico si las temperaturas medias del mar se elevarán en al menos 1°C?

2. Como consecuencia de las alzas de temperatura a nivel mundial, los polos han perdido su capacidad de retener agua en fase sólida. Por tal motivo, es muy probable que en ciertos lugares del mundo las concentraciones de sal disminuyan en el mar, ¿Cuál crees tú que serán los lugares más afectados debido a este fenómeno? Averigua ¿Qué especies podrían aparecer en estos lugares?

3. Si fueras un empresario de la industria acuícola ¿Cómo te adaptarías a estas condiciones?

Unidad 1:

Entendiendo nuestro océano y clima:
Procesos climáticos y oceanográficos
planetarios



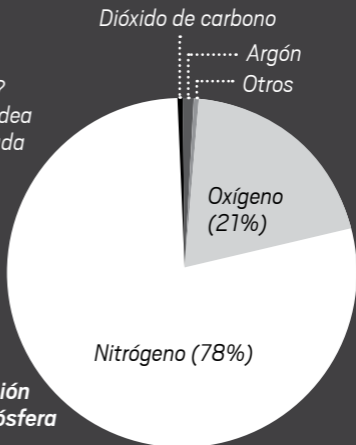
Capítulo 1:

Procesos climáticos: Interacción océano-atmósfera
¿cómo se modula el clima del planeta?

Para recordar ...

¿Qué es la atmósfera?
Masa de gases que rodea
la tierra, está organizada
en capas y permite el
desarrollo de la vida.

**Composición
de la atmósfera**



Circulación general de la atmósfera:

La circulación general de la atmósfera es el movimiento de grandes masas de aire en la atmósfera de nuestro planeta, las que se mueven tanto en dirección vertical (hacia arriba o hacia abajo) como horizontal (alrededor del planeta) . En este sentido, el balance radiativo y las celdas de circulación juegan un rol fundamental para la vida en el planeta estabilizando los procesos atmosféricos necesarios para mantener la vida en la Tierra.

a) Balance radiativo

El principio básico de la circulación general de la atmósfera nace a partir de que la Tierra recibe mayor energía solar de manera diferente en sus distintas zonas, recibiendo más energía y calor del Sol en las zonas tropicales o bajas latitudes, en donde se genera un superávit o exceso de energía, mientras que en las regiones polares o altas latitudes llega menos energía y calor, produciéndose déficit de dichas variables (figura 1).

El balance energético del planeta es mantenido por las celdas de circulación en la atmósfera, las encargadas de transportar energía.

Averigua: *¿Cuál es la temperatura promedio en el Ecuador y la Antártica? ¿A qué se debe esta diferencia?*

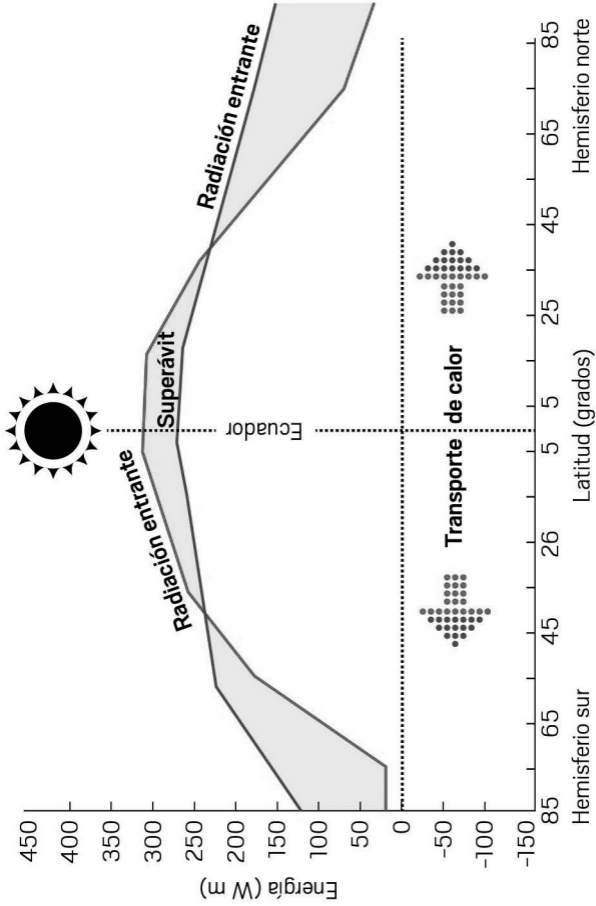


Figura 7: Balance radiativo anual. La mayor incidencia de luz solar en el ecuador genera una diferencia en la distribución de calor y energía sobre el planeta.

Actividad: Observa la figura 1, el gráfico representa el balance radiactivo anual del planeta tierra. En el eje X se representa los paralelos (latitud) y en el eje y se identifica la radiación (W/m_2).

1. ¿Entre que paralelos la energía absorbida es mayor que la radiada al espacio?

2. Explica que sucede con el balance radiativo en los paralelos 75° latitud S y 75° latitud N. ¿qué sector del planeta se encuentra en los paralelos citados?

a) Celdas de circulación

Las celdas de circulación modulan el balance energético en la atmósfera del planeta redistribuyendo calor, humedad y energía en la atmósfera. Actualmente entendemos un sistema de circulación general compuesto por tres celdas repartidas entre los hemisferios: la celda de Hadley, las celda de Ferrel y las celda Polar (figura 2).

La celda de Hadley se extiende entre los dos hemisferios y se ubica entre el Ecuador y aproximadamente los 30° de latitud norte y sur. Esta celda se comporta de dos formas (figura 3):

- 1) Con Bajas presiones, con vientos del este, también llamados vientos alisios. Estos vientos provocan zonas de aire ascendente en el Ecuador por procesos de confluencia y convección.
- 2) Con Altas presiones, vientos del oeste y aire descendente en los 30° de latitud norte y sur. En este último lugar, es donde se ubican las Altas Presiones Subtropicales.

En cada hemisferio, estos vientos se desvían hacia el oeste por el efecto de Coriolis, es decir, en el hemisferio Sur los vientos alisios soplan desde el sureste y en el hemisferio norte desde el noreste, impulsando la circulación de Hadley.

Las celdas de Ferrel (o celdas de latitudes medias) se ubica entre los paralelos 30° y 60° latitud norte y sur (o entre la celda de Hadley y la Polar) y están asociadas a los vientos del oeste (figura 2). En esta área se ubican los sistemas frontales y las altas presiones frías migratorias.

Finalmente, las celdas Polares están ubicadas entre los polos y los 60° de latitud norte y sur. En los polos es en donde se ubican las altas presiones y el aire descendente, mientras que en torno a los 60° de latitud se ubican las bajas presiones que favorecen un activo intercambio de calor entre latitudes medias y altas, conocido como “Cinturón de Bajas Migratorias”.

Para profundizar ...**Vientos Alisios**

Los vientos alisios son vientos que soplan entre los trópicos (figura 3), desde zonas subtropicales (30° latitud norte y sur) de alta presión hacia la zona ecuatorial de baja presión.

¿Qué es el efecto Coriolis?

Cuando nuestro planeta rota, los puntos que se encuentran sobre y cercanos al Ecuador se mueven a mayor velocidad que los puntos que se encuentran en latitudes más lejanas. Así, se determina el sistema de circulación de vientos según la latitud y el hemisferio. Los vientos se desplazan a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el sur.

➔ Dirección de rotación

**Identifica:**

¿A qué tipo de celdas está asociada tu localidad?

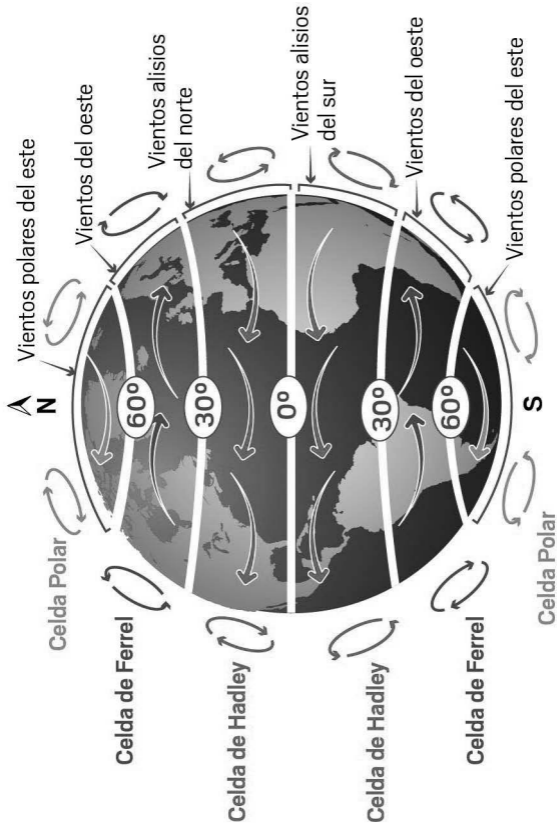


Figura 2: Circulación general de la atmósfera y las celdas de circulación.

Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur

El Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (ASPS), más conocido como el Anticiclón del Pacífico es un sistema de alta presión que se ubica en el sector oceánico frente a las costas Chile y gira en sentido antihorario (en contra de las manecillas del reloj). Estos giros presentan movimientos verticales y horizontales que cumplen un rol indispensable en el control de la interacción océano-atmósfera, proceso de gran importancia para la comprensión de la circulación oceánica general y la variabilidad climática a diferentes escalas de tiempo que se definen a continuación:

a) Variabilidad sinóptica: Significa que los eventos están asociados a eventos discretos dentro de las estaciones, por ejemplo las tormentas o las olas de calor .

b) Variabilidad estacional: Significa que los eventos ambientales se observan todos los años en la misma época o estación, por ejemplo la lluvia en invierno.

c) Variabilidad interanual: Significa que las diferencias ambientales ocurren separadas (o persisten) entre uno o mas años, por ejemplo las sequías.

d) Variabilidad Decadal: Significa que las diferencias ambientales observadas alrededor de 10 o más años, aproximadamente.

A escala estacional el ASPS se desplaza hacia el sur durante el verano (aprox. 35°S) y se intensifica, manteniendo a los sistemas frontales en el sur de Chile. Mientras que en invierno el ASPS

migra hacia el norte de Chile (aprox. 30°S) siendo su efecto más intenso en las costas de la Región de Coquimbo (figura 3). Cuando el ASPS se fortalece se incrementa la magnitud de los vientos que soplan desde el sur, provocando eventos de surgencia. Por el contrario, al debilitarse el ASPS los vientos provenientes del sur decrecen en magnitud, debilitando el transporte de Ekman (movimiento de las masas de agua producto del viento y la rotación de la tierra) y por lo tanto la surgencia costera.

A escala interanual, durante la fase cálida de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), la ASPS se debilita, y en el Pacífico sudeste, el proceso de surgencia trae a la superficie aguas menos frías debido a que la termoclina se profundiza. Ambos mecanismos tienden a calentar las aguas superficiales costeras. Por otro lado, durante la fase fría de la Niña, la intensidad del ASPS aumenta y ocurren condiciones oceanográficas opuestas a El Niño.

A nivel decadal, hay un fenómeno conocido como la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), Oscilación Interdecadal del Pacífico, o variabilidad parecida al ENOS. Esta oscilación inicialmente se refería a una variabilidad climática océano-atmósfera centrada sobre las latitudes medias de la cuenca del Pacífico Norte, pero se ha descrito su extensión hacia el Pacífico Sur.

Dato curioso: La corriente marina fría de Humboldt y el anticiclón del Pacífico son esenciales para mantener un clima seco y cielos despejados en altura, esto hace que los mejores observatorios del mundo se encuentren ubicados en el norte de nuestro país.

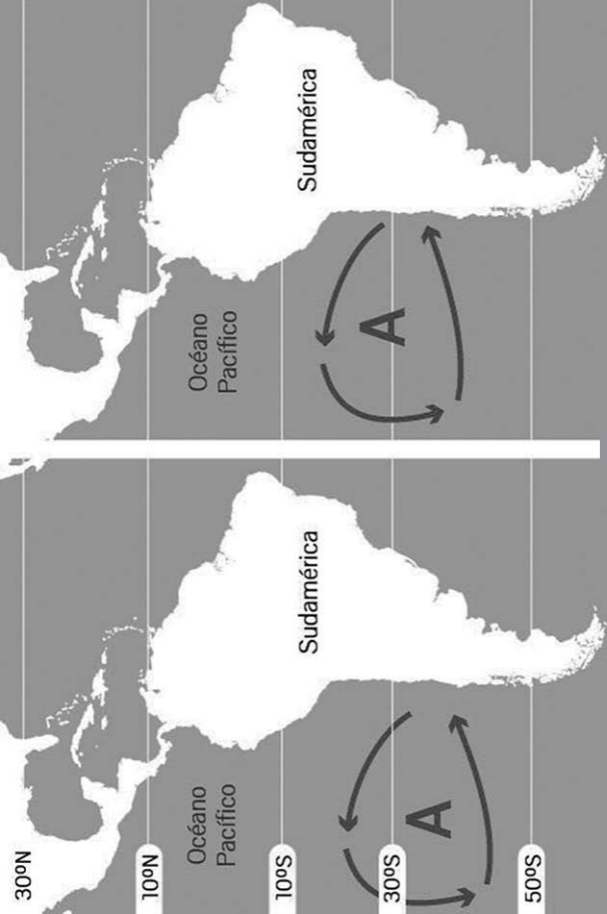


Figura 3: Promedio de la presión al nivel del mar, donde se puede observar que el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur está más al sur y fortalecido en verano (izquierda) que en invierno (derecha).

Efectos del sol en el mar

Radiación

La radiación es la propagación de la energía proveniente del sol, la que define en gran parte las variaciones de temperatura en la superficie del planeta. La presencia de nubes modula la radiación que incide en la superficie del planeta. Eventos esporádicos, como las tormentas solares, también pueden influir en la cantidad de radiación que llega a la tierra.

Al ingresar la radiación solar a la parte superior de la atmósfera (Mesósfera) debe cruzar una zona con una alta concentración del gas ozono. Este gas reduce la energía de la radiación al bloquear el paso de los rayos Ultra Violeta (UV). La energía restante, en parte, es absorbida por diferentes zonas de la superficie del planeta, tales como glaciares, cuerpos de agua, bosques y el océano, entre otros. Lo que no se absorbe, es reflejado de vuelta hacia el espacio.

Radiación en el mar

Sólo la capa superficial del océano recibe la luz solar de forma directa. Parte de esa radiación es absorbida por el agua, aumentando su temperatura (calentamiento radiativo), mientras que la otra parte es dispersada por moléculas en suspensión dentro del agua, tales como sales, partículas en suspensión o microorganismos.

La radiación solar interactúa con el agua mediante la reflexión, refracción y extinción:

Para comprender...

Propagación de energía solar por las capas de la atmósfera.

Para profundizar ...

Del 100% de luz que penetra el océano: el 73% alcanza 1 cm de profundidad; 44,5% alcanza 1 metro de profundidad; 22,2% alcanza 10 metros de profundidad; 0,53% alcanza 100 metros de profundidad y 0,0062% alcanza 200 metros de profundidad.

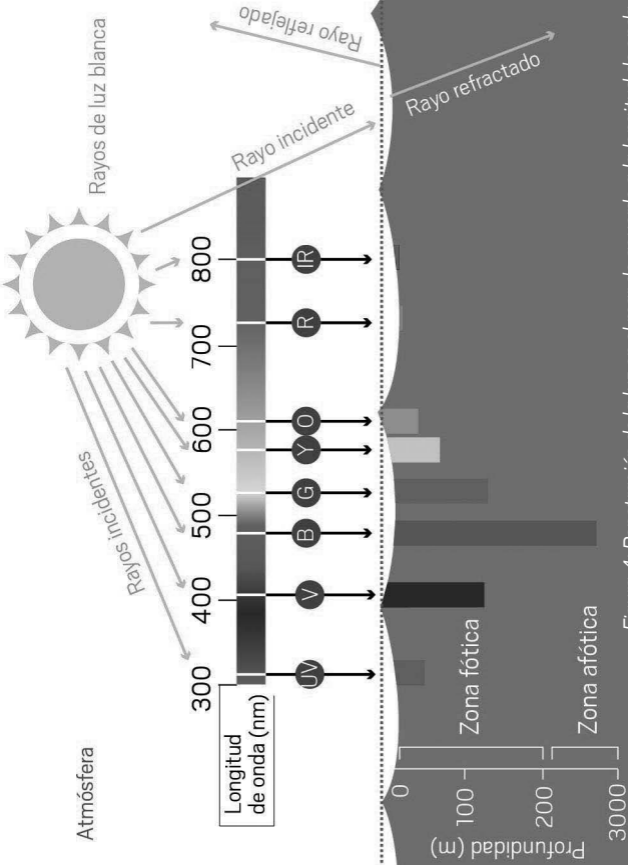


Figura 4: Penetración de la luz en el mar de acuerdo a la longitud de onda.

a) Reflexión: Es el proceso por el que la superficie del agua de mar devuelve a la atmósfera una cantidad de radiación solar que incide sobre ella (figura 4).

b) Refracción: Es el cambio de dirección que sufre la radiación solar al entrar a un medio de diferente densidad (figura 4).

c) Extinción: Es el grado en que disminuye la radiación solar a medida que aumenta la profundidad (figura 4).

La radiación solar emite una pluralidad de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de 300.000 km/s (aproximadamente) y su vector es el fotón. Dichas ondas electromagnéticas se extienden desde la radiación de menor longitud de onda hasta las de mayor longitud de onda tales como rayos X, rayos ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas, entre otras (figura 4), constituyendo de esa forma el espectro visible, también conocido como arcoíris (colores).

Esto explica por qué las ondas electromagnéticas (ilustradas en el espectro electromagnético) son absorbidas de manera distinta en el agua de mar. Por ejemplo, las radiaciones emitidas en la región del Rojo, que son ondas largas del espectro electromagnético, son absorbidas rápidamente mientras que las verdes y azules, ondas de menor longitud y las últimas en extinguirse en el agua, poseen una mayor capacidad de penetración, dándoles de esta manera el color característico al océano.

La cantidad de luz que penetra la columna de agua depende de la

luz que incide y de la luz que se refleja. Sin embargo, elementos en la superficie marina tales como, algas flotantes, espuma, hielo, basura y materia orgánica en suspensión, entre otros, actúan reflejando y sombreando la luz, es decir, provocando que no ingrese el rayo.

El índice de refracción en el mar es modificado por parámetros ambientales como salinidad y temperatura, siendo mayor el cambio de dirección de la luz cuando se incrementa la concentración de sales y también cuando disminuye la temperatura. Como veremos más adelante, estas propiedades ópticas son utilizadas para medir diversos parámetros ambientales.

Cuando el mar contiene pocas sustancias en suspensión o pocos organismos, es posible encontrar un espectro de luz azul a mayor profundidad (hasta 400 m aproximadamente). En aguas eutróficas o altamente productivas, es decir, con más partículas u organismos flotando en la columna de agua, se puede encontrar principalmente radiación verde y amarilla, posible de percibir hasta los 200 y 100 m respectivamente, mientras que la luz roja, naranja y violeta no alcanza a llegar a los 30 m de profundidad.

El grado de extinción de la luz en el mar es una característica muy estable del océano, lo que que determina la distribución vertical de muchas especies marinas, de este modo, podemos encontrar organismos más comunes de ver en la zona superficial, o zona fótica, y organismos menos conocidos que habitan las profundidades de la zona afótica (Figura 5).

Zona Fótica: Es la capa de agua que se encuentra entre la superficie del mar hasta la profundidad en donde llega el 1% de la radiación fotosintéticamente activa o luz PAR (0 - 200 m aprox., dependiendo del cuerpo de agua). En esta zona de la columna de agua, viven todos los organismos que necesitan hacer fotosíntesis y que corresponden a la base de la mayoría de las cadenas tróficas marinas.

Zona Afótica: Es la zona que no recibe luz suficiente como para que organismos puedan realizar fotosíntesis (figura 5), sin embargo, hay otros tipos de organismos que han logrado adaptarse a la ausencia de luz y que se alimentan principalmente de materia orgánica asociada a la zona bentónica o en suspensión.

Para complementar...

Zona Abisal

La palabra abisal procede de abismo, lugar profundo y oscuro. Esta región se caracteriza por un ambiente frío, presión hidrostática extremadamente elevada, escasez de nutrientes y ausencia total de luz.

La penetración de la luz ha llegado hasta altas profundidades, registrándose claridad hasta los 700 metros en el Océano Atlántico, a 800 metros en el Mar Mediterráneo y hasta a 950 metros en el Mar Caribe, aun cuando el promedio de la penetración de la luz se ha calculado en 200 metros.

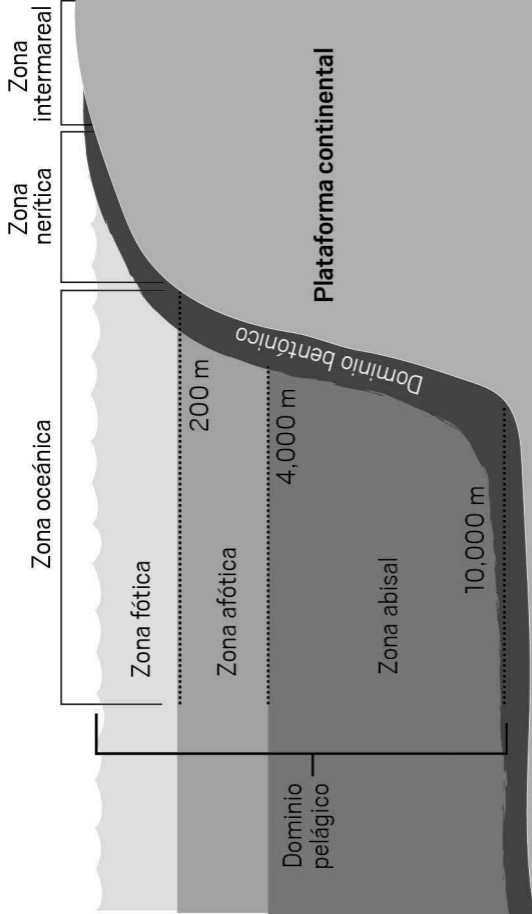
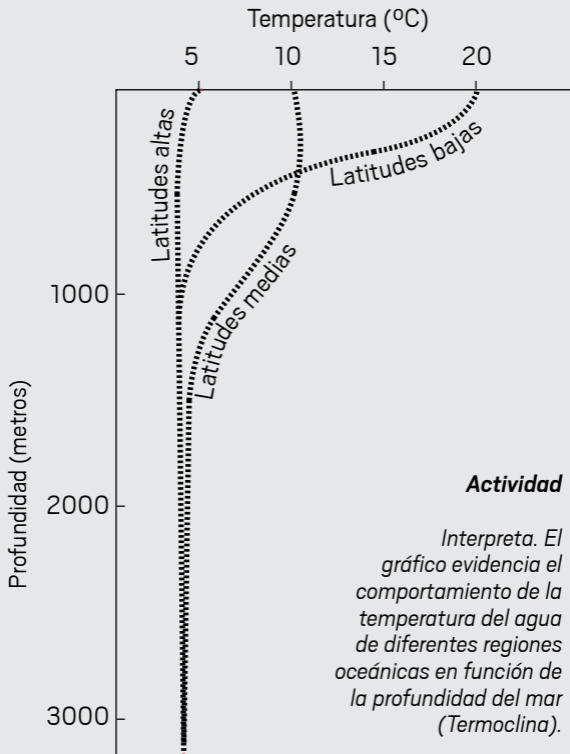


Figura 5: Descripción gráfica de la ubicación de las zonas fótica/afótica como distribución de la luz en el océano.



Analiza. *Temperatura v/s profundidad*

1. ¿Cómo es la relación entre la profundidad y la temperatura del mar entre los 0 y 1000 m? ¿A qué se debe?

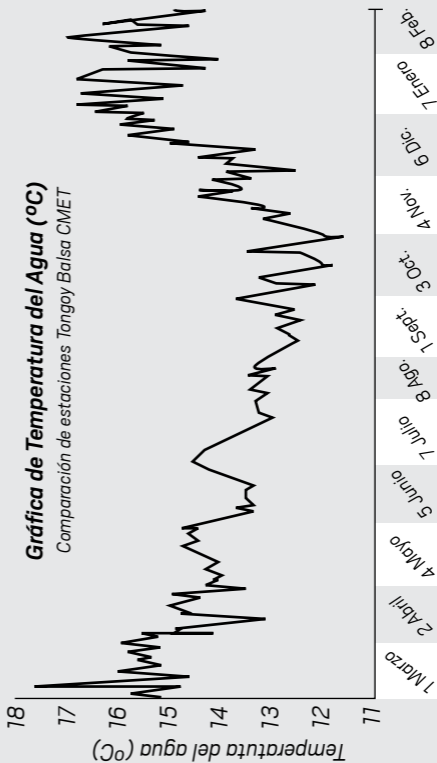
2. ¿Qué relación existe entre la incidencia de radiación solar y la temperatura del mar?

3. ¿Cómo varía la intensidad de la radiación solar con la profundidad del océano?

Explica. *Especialidad.*

¿Es importante el factor temperatura en el crecimiento de ostiones?

El gráfico representa la temperatura del mar en la bahía de Tongoy, entre los periodos de marzo 2017 a marzo 2018, ¿Cuál es el periodo de tiempo de mayor productividad para dar inicio a la temporada de cultivo de ostiones? Fundamenta tu respuesta. Datos extraídos de www.ceazamet.cl



Se ha logrado evidenciar en algunos experimentos naturales, que el ostión del norte en condiciones de eventos de El Niño la velocidad de crecimiento se puede hasta duplicar al ser comparada con periodos de su ausencia (Pérez & Arancibia, 2016). ¿A qué se debe esta situación? Explica.

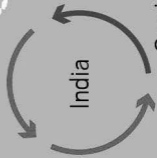
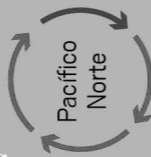
Movimientos de masas de agua

El océano cumple un rol en la regulación del clima en nuestro planeta. Podemos entender el océano descomponiéndolo en 3 partes: regiones de giros oceanográficos, circulación termohalina y episodios esporádicos como las surgencias o el fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS).

Giros oceanográficos

Los giros oceanográficos se ubican en el centro de los océanos de cada hemisferio, y son producidos por la acción de los vientos (Figura 6). Estos giran en el sentido de las manecillas del reloj (horario) en el hemisferio norte, y en sentido contrario (antihorario) en el hemisferio sur, debido a la posición de los continentes y la rotación de la tierra, que hace que las masas de agua deriven hacia el oeste y se junten en el ecuador (efecto Coriolis).

Corriente fría →
Corriente cálida →



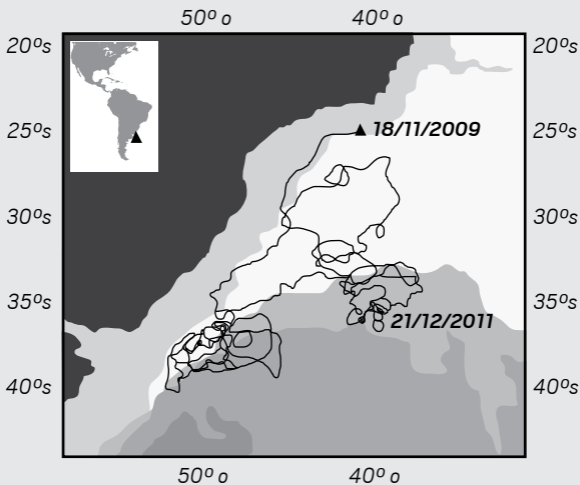
Corriente Antártica Circumpolar

Figura 6: Grandes giros oceánicos.

Los giros son importantes porque ayudan a que aguas superficiales frías cercanas a los polos, circulen hacia el ecuador y vuelvan cálidas hacia los polos.

Observa y analiza.

A continuación, se muestra una gráfica de la trayectoria de una boya lanzada el 18/11/2009 (triángulo negro) hasta el 21/12/2011



¿En qué dirección se desplaza la corriente del mar?

Circulación termohalina

La circulación termohalina corresponde a la corriente de agua que regula el clima en el planeta (figura 7) mediante la generación de un patrón de movimiento que transporta masas de agua. Esta circulación mueve masas de agua profundas y frías desde los polos y masas de agua superficiales y cálidas hacia los polos, girando alrededor del globo en función de los cambios de densidad entre las masas de agua de la siguiente manera:

El agua superficial del Océano Atlántico es cálida y salada cerca del ecuador. Cuando estas aguas llegan al polo norte, cerca de Groenlandia, el agua se enfría, aumentando su densidad, lo provoca su hundimiento en el mar. Cuando estas aguas llegan al polo norte, cerca de Groenlandia, la capa de mezcla resultante es más fría que cuando comenzó su viaje, la masa de agua continúa el recorrido por el fondo de la cuenca del Atlántico hasta el océano Glacial Antártico, donde asciende de nuevo, y se enfría hasta el punto de congelación, hundiéndose nuevamente (el agua que no se congeló) con mayor salinidad (o sea más densa). Luego de pasar por ahí se divide en dos ramas, una hacia el océano Índico y la otra continuando por la Antártica hacia el océano Pacífico.

Cada rama de la corriente fría y profunda es calentada ya sea en el océano Índico o el Pacífico. A pesar de que el agua contiene la misma salinidad, está menos densa que las masas de agua contiguas, debido a su temperatura. Como resultado, se mueve hacia arriba volviéndose una corriente superficial.

Las cálidas aguas superficiales se mueven hacia el Oeste, desde el Océano Pacífico y el Índico hacia el Océano Atlántico.

Aquí se vuelven a unir las masas de agua, donde se calientan y mueven hacia el polo norte, comenzando nuevamente el patrón de circulación.

Para profundizar:

La gran corriente termohalina oceánica, mueve entre 13 y 17 millones de metros cúbicos por segundo, es decir, transporta más agua que todos los ríos del planeta juntos. El agua fría es más densa que el agua cálida y el agua salada es más densa que el agua dulce. Así, las masas de agua en el fondo de las cuencas oceánicas son frías, presentando un valor promedio de 4°C, mientras que la temperatura superficial media del océano es de aproximadamente 18°C, con un valor máximo de 36°C en el Mar Rojo y un mínimo que ronda los 0°C en promedio en la Antártida.

Si la corriente termohalina se interrumpiera, la temperatura del Atlántico Norte y de Europa caería bruscamente a los 5°C aproximadamente.

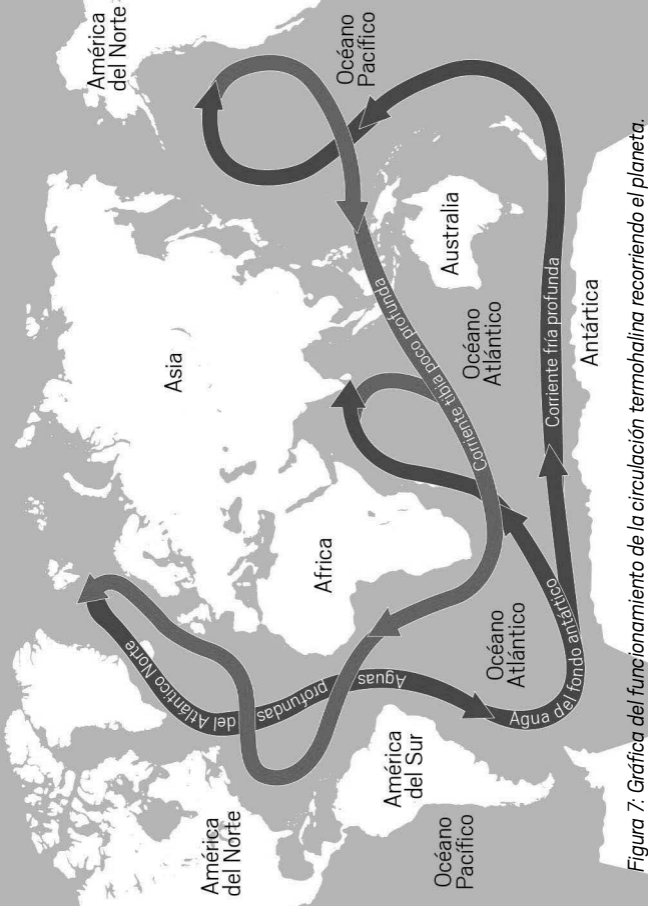
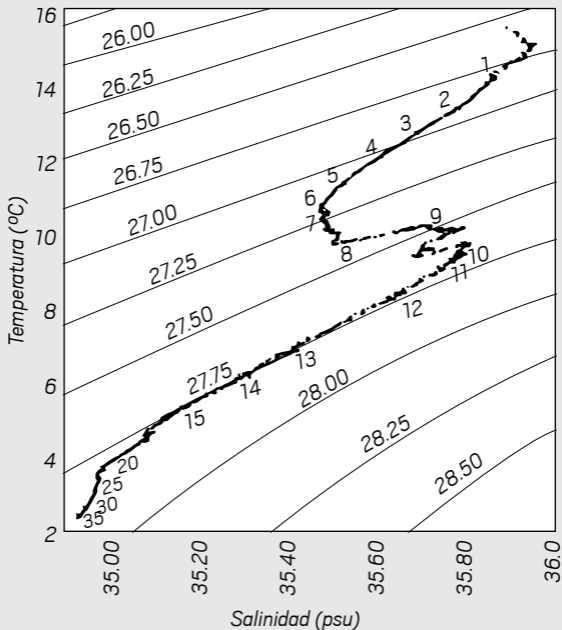


Figura 7: Gráfica del funcionamiento de la circulación termohalina recorriendo el planeta.

Interpreta: Una técnica descriptiva muy usada en oceanografía es graficar las variaciones de temperatura (T) y salinidad (S) medidas para una columna de agua en función de la profundidad, tal como se muestra a continuación:



La figura representa un diagrama T-S para una estación hidrográfica. En el eje y se representa la temperatura del mar ($^{\circ}$) y en el eje x se representa la salinidad (psu). Así también, puedes observar la profundidad de la columna de agua (en unidades de 100m) que están marcadas a lo largo de la curva, de igual modo se describe la densidad constante de cada estratificación.

¿Qué información proporciona los datos graficados?

¿Cómo cambia la densidad potencial por debajo de los 1000 m?

¿Cuál es el grado de estratificación en los primeros 1000 m?

Según tu experiencia y los parámetros ambientales especificados en el gráfico (T, S, D), ¿En qué estrato es más factible la producción de bivalvos?

Variabilidad Oceanográfica

La variabilidad oceanográfica son las fluctuaciones en la magnitud de variables como temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, presión atmosférica, entre otros. La fluctuación de los parámetros ambientales puede tomar un patrón en periodos de tiempo similares, descritos anteriormente (variabilidad sinóptica, estacional, interanual, decadal).

En Chile ocurren dos tipos de eventos oceanográficos de gran importancia: (1) El Niño, Oscilación del Sur (ENOS), que representa los extremos en un patrón de variabilidad ambiental interanual en el Océano Pacífico y (2) los eventos de surgencias costeras, que son eventos principalmente estacionales.

(1) El Niño - Oscilación del Sur (ENOS)

El fenómeno de El Niño es un fenómeno oceanográfico que se repite cada 3 a 7 años aproximadamente, siendo posible observar 3 fases, una fase cálida conocida como “El Niño”, una fase fría conocida como “La Niña” y una intermedia, conocida como fase “Neutra”. Para determinar la existencia de una de estas 3 fases es que se analizan diferentes índices de la anomalía de la temperatura, presión o vientos en la zona ecuatorial, como el Índice Oceánico El Niño (Oceanic Niño Index, ONI).

La Oscilación del Sur (OS) es una oscilación atmosférica que está asociada a cambios en los sistemas de presión en el Pacífico occidental y central. En el Pacífico occidental se ubican las bajas presiones superficiales y en el Pacífico central las altas presiones, asociadas al ASPS.

Para conocer la intensidad de la OS se utiliza el Índice de Oscilación del Sur (IOS), el cual es calculado a través de la diferencia normalizada del promedio mensual de presión entre la estación de Papeete (Tahiti) y Darwin (Australia). Ambas localidades están ubicadas más al sur de las zonas de estudio de El Niño, pero debido a que están en tierra, han servido para mantener estaciones meteorológicas donde se registra la presión atmosférica desde hace más de un siglo, ayudando a entender la fluctuación conjunta del océano y atmósfera sobre los trópicos y su efecto en el clima del planeta.

El Fenómeno de El Niño y la OS (ENOS) están muy relacionados, ya que cuando se está bajo los efectos del fenómeno de El Niño la OS se encuentra en su fase negativa, mientras que durante el fenómeno de La Niña la OS se encuentra en su fase positiva.

El Niño

Es la fase cálida de ENOS que se reconoce por el calentamiento superficial del este del océano Pacífico ecuatorial. Cuando el índice ONI muestra valores mayores o iguales a $0,5^{\circ}\text{C}$, es decir el océano está más caliente que su promedio histórico, lo que disminuye la diferencia de presión entre la atmósfera ecuatorial sobre la zona central del Pacífico tropical (Tahiti) y la región más al oeste (Darwin), debilitando los vientos alisios, que habitualmente soplan con intensidad de este a oeste (figura 8, diagrama superior).

El debilitamiento de los vientos alisios genera un desplazamiento de las aguas tropicales hacia el este, produciendo un aumento de la temperatura superficial del mar (TSM) en conjunto con la

disminución en el ascenso de aguas más frías frente a la costa de América del sur. Estos cambios en la distribución de las aguas superficiales genera una baja en la disponibilidad de nutrientes y provoca cambios en las comunidades de organismos marinos durante “El Niño”. Por esto, es posible encontrar especies tropicales, que no viven en las costas de Chile, con mayor frecuencia durante los periodos de El Niño, mientras que las especies nativas migran hacia el sur o hacia mayor profundidad. Hay que considerar que el cambio de las condiciones ambientales también causa grandes mortandades, sobre todo de aquellas especies que no pueden movilizarse para migrar o poseen baja tolerancia a dichas condiciones. Los moluscos, específicamente, tienen pocas posibilidades de desplazarse grandes distancias para buscar condiciones favorables.

La Niña

Es la fase fría de ENOS, que consiste en el enfriamiento en la zona este del océano Pacífico ecuatorial (figura 8, diagrama inferior), en donde el índice ONI muestra valores menores o iguales a $-0,5^{\circ}\text{C}$, afectando a la atmósfera ecuatorial, intensificando los vientos alisios y aumentando la presión superficial.

Los vientos alisios anormalmente intensos ejercen un mayor efecto de arrastre sobre la superficie del océano, aumentando la diferencia de nivel del mar entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial. Con ello el nivel del mar disminuye en las costas de Colombia, Ecuador, Perú y norte de Chile y aumenta en Oceanía. Durante los eventos de La Niña las aguas calientes en el Pacífico ecuatorial se concentran en el sector de Indonesia en el Pacífico occidental y es sobre esta región donde se desarrolla más

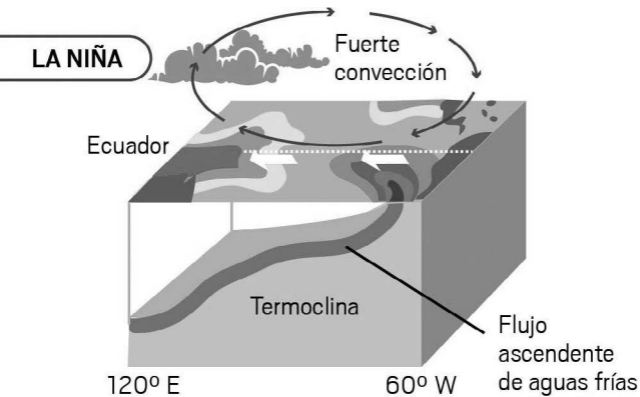
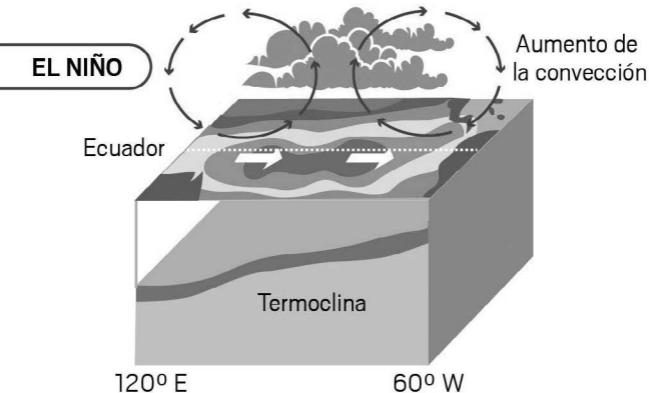


Figura 8: Diagramas de los cambios oceanográficos en el océano Pacífico durante los periodos de El Niño y La Niña.

nubosidad y lluvias más intensas. Todos estos fenómenos ocurren de manera opuesta durante la fase cálida, concentrándose en el Pacífico central y oriental.

Efectos del ENOS en Chile

Durante el fenómeno de La Niña, el ASPS se desplaza más al sur de lo habitual, lo que bloquea el ingreso de los sistemas frontales desde el sur del Pacífico hacia gran parte de Chile, concentrándose en la zona austral de Chile, permitiendo que el otoño, el invierno y la primavera sean más fríos y secos de lo normal desde (aproximadamente) la Región de La Araucanía al norte, y más cálido y lluvioso en la Región de Magallanes. El altiplano y Magallanes experimentan veranos más lluviosos, además desde la Región de Coquimbo al norte se suelen observar veranos más fríos.

Por otra parte, cuando está presente El Niño, el ASPS se debilita y se mantiene más al norte de lo normal durante otoño, invierno y primavera, a la vez, en torno a la península Antártica, se forman anticiclones de bloqueo, situación que permite que los sistemas frontales lleguen más frecuentemente a gran parte de Chile, experimentando inviernos más cálidos y lluviosos, mientras que la Región de Magallanes experimenta inviernos más fríos y secos. Por su parte, durante el verano el altiplano chileno experimenta tiempo más seco y cálido, también Magallanes tiene tiempo más seco, y desde la Región de Coquimbo al norte se suelen observar veranos más cálidos.

Las figuras 9-a y 9-b se puede observar los efectos en las temperaturas y precipitaciones de los períodos La Niña, Neutro y El Niño en la Región de Coquimbo.

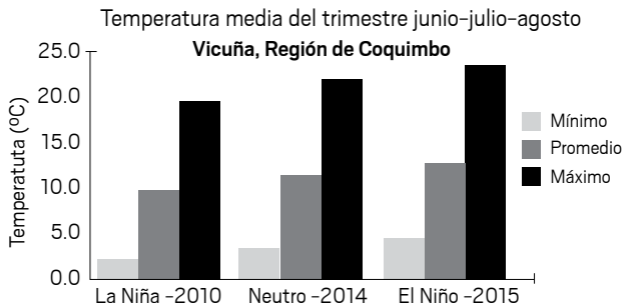


Figura 9-a: Temperatura media del trimestre junio-julio-agosto en Vicuña de invierno influenciados por eventos La Niña, Neutro y El Niño (fuente: CEAZA-Met).

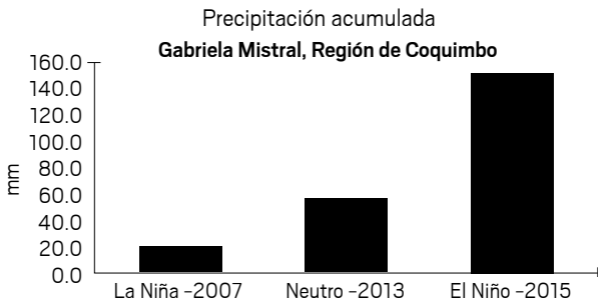


Figura 9-b: Precipitación acumulada en Gabriela Mistral en años influenciados por eventos La Niña, Neutro y El Niño (fuente: CEAZA-Met).

Analiza. *La acuicultura en Chile, desde los años 90, ha ganado paulatinamente importancia dentro de la valoración de la actividad pesquera nacional y es actualmente el sector con mayor crecimiento, dado que nuestro país posee características ambientales óptimas para el cultivo de moluscos bivalvos, algas y peces, entre otros.”*

Las condiciones geográficas y ambientales son científicamente importantes para poder determinar las circunstancias que determinan la sobrevivencia y rendimiento en la producción de las especies. Por esta y otras investigaciones, el Centro Científico CEAZA monitorea los parámetros atmosféricos (Temperatura, Velocidad del viento, presión atmosférica, otros) y oceanográficos (TSM, O₂ disuelto, Salinidad, pH, entre otros) en la Región de Coquimbo. La información está disponible gratis y en tiempo real en el sitio web: www.ceazamet.cl.

En este contexto, ingresar a la página web para recoger datos de la temperatura del mar y relacionarlos con periodos esporádicos de interacción océano-atmósfera.

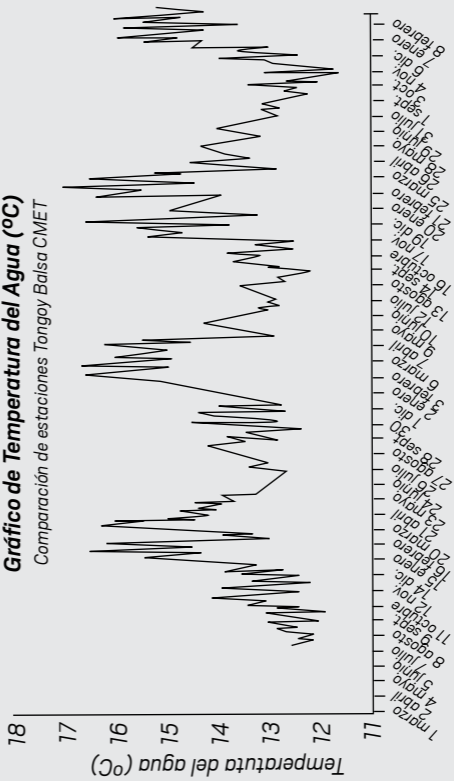
1. Ingresa a la página www.ceazamet.cl
2. Ingresa a la sección gráficos



3. Genera un gráfico con los datos de temperatura del agua de la Bahía de Tongoy, en un periodo de 4 años, con la información monitoreada por la red. Así como en el ejemplo:

Gráfico de Temperatura del Agua (°C)

Comparación de estaciones Tongoy Balsa CMET



4. Responde las preguntas:

4.1. *¿En qué periodos de tiempo el comportamiento de la temperatura del agua es bajo el promedio? ¿Cómo se llama este fenómeno?*

4.2 *De acuerdo a los periodos máximos de temperatura, ¿llamarías a esto un fenómeno esporádico? Justifica tu respuesta.*

4.3 *Averigua cómo fue la producción acuícola en la bahía de Tongoy en los periodos de tiempo con temperaturas máximas del mar.*

¿Cómo usarías la plataforma del ceazamet para predecir eventos anómalos futuros?

(2) Surgencia costera:

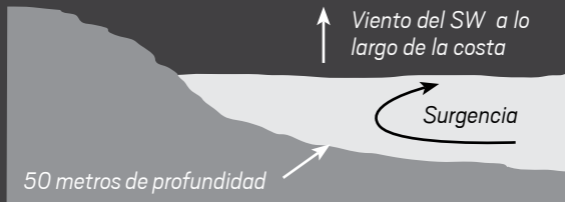
La Surgencia es un evento que consiste en el afloramiento de masas de agua profunda, que suben a la superficie por acción de la rotación de la tierra y los vientos que empujan la superficie del oceano, y que además, se magnifica por los accidentes litorales que se proyectan mar adentro, por ejemplo puntas o penínsulas (figura 10).

Para complementar ...

¿Qué provoca la surgencia?

Los vientos mueven el mar en distinta dirección en la que soplan. Por acción de la rotación del planeta, la dirección del movimiento de las aguas es en ángulo recto respecto a la dirección que sopla el viento, es decir, si el viento sopla desde el sur, el movimiento de las aguas superficiales costeras será hacia el oeste (mar adentro).

El desplazamiento horizontal del agua superficial trae como consecuencia que el agua de la zona costera costera es reemplazada por aguas frías y profundas, las que se desplazan de forma vertical (surgencia).



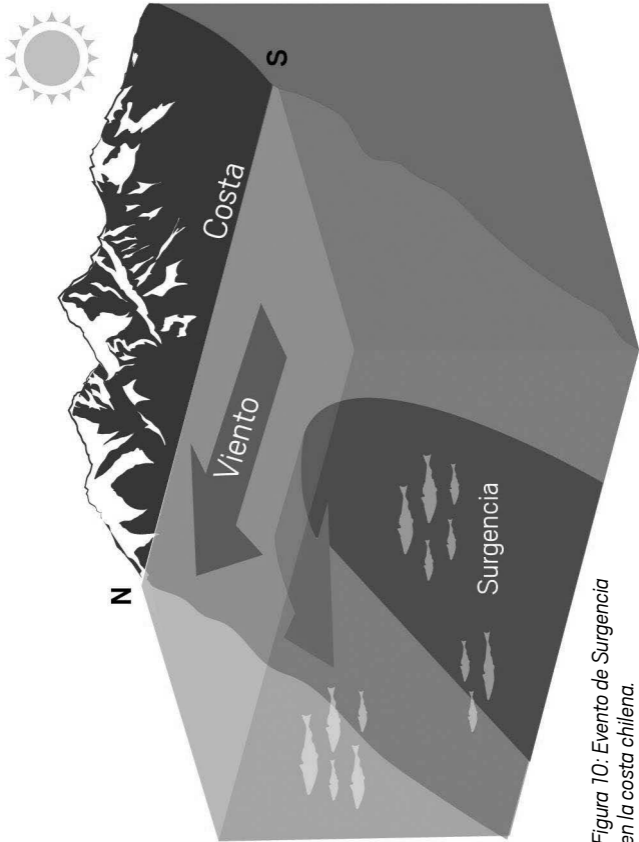


Figura 10: Evento de Surgencia en la costa chilena.

Este tipo de circulación influye sobre el medio marino, pues permite que aguas de propiedades diferentes a las aguas superficiales influyan sobre el clima de áreas costeras. La figura 11 muestra los efectos de la surgencia en la costa de la Región de Coquimbo (Punta Lengua de Vaca). La imagen muestra como los vientos del sur se intensifican al acercarse a la costa, provocando una disminución en la temperatura del mar debido al afloramiento del agua que se encuentra a mas profundidad.

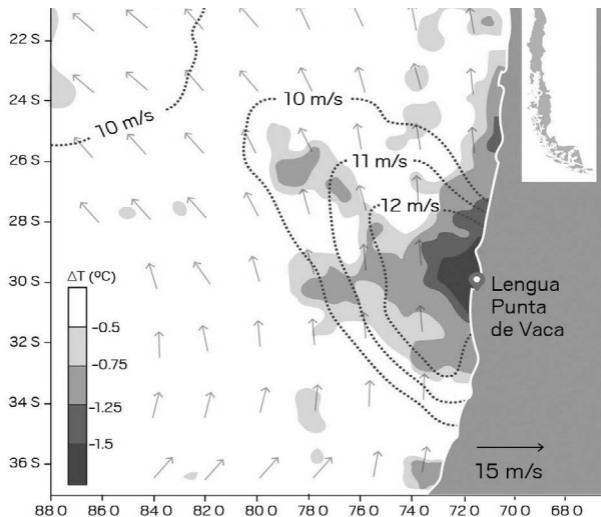


Figura 11: Evento de surgencia frente a la costa de la Región de Coquimbo.

La surgencia transporta nutrientes desde las profundidades hacia la superficie, facilitando el crecimiento de las microalgas marinas, el fitoplancton, lo cual contribuye a alimentar toda la trama trófica marina en el sector costero.

Los efectos que la surgencia genera se pueden apreciar tanto en el mar como en la atmósfera:

Efectos atmosféricos:

Intensificación de la brisa marina como resultado de la diferencia de presión existente entre el mar y el ambiente, ello debido a lo frío de las aguas de la surgencia.

Aumento de la Neblina costera, se produce por el aumento de la humedad relativa de la atmósfera adyacente al mar, pues la temperatura superficial del mar es menor que la atmosférica, produciendo como resultado que el aire, y la humedad en este, se enfríe y condense.

Efectos en el mar:

Disminución del oxígeno disuelto en el mar y del pH de estas aguas, por la llegada de aguas subsuperficiales con bajo contenido de oxígeno y grandes cantidades de CO_2 disuelto.

Descenso de la temperatura superficial de aguas costeras aledañas a los focos de surgencia.

Aumento de nutrientes en la zona de surgencia (principalmente nitratos), lo que promueve la gran abundancia de fitoplancton y zooplancton, por ende, hay mayor cantidad de peces cerca de los focos de surgencia.

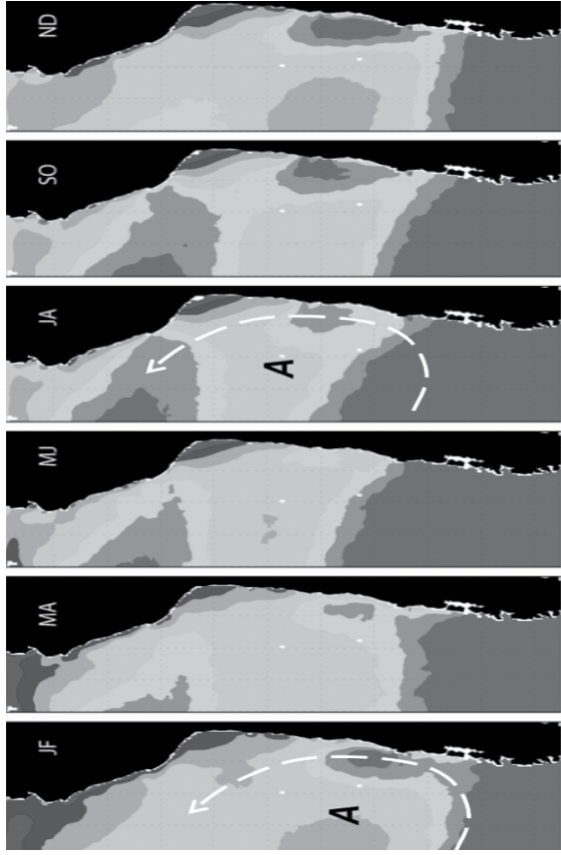


Figura 12: Climatología bimensual de la velocidad del viento (m/s^{-1}) en el océano.

La figura 12 es una imagen que presenta la evolución anual (cada 2 meses) de la intensidad del viento durante el año. En este sentido, en la figura se puede observar la activación del foco de surgencia ubicado en el extremo sur de la bahía de Tongoy (Punta lengua de vaca) a medida que se intensifican los vientos durante el año.

Un ejemplo de la importancia de la surgencia lo constituye el hecho que en las costas de Perú y Chile –ambas zonas de intensa surgencia costera– existan condiciones favorables para la pesca industrial y artesanal. En efecto, esta productividad biológica ha superado en ciertos períodos, 1/5 de la captura anual mundial de peces. Esto ocurre en una zona que corresponde sólo a un 0,02% de la superficie total de los océanos del mundo.

Articulando contenidos:

El ENOS tiene implicancias en el proceso de surgencia ya que además de modificar los patrones de los vientos, influye en las características de las masas de agua que afloran durante el proceso de surgencia. Así, los años de la fase de La Niña se caracterizan por ser muy fríos, es decir con intensa surgencia de aguas profundas, tanto ecuatoriales profundas como subantárticas, que son muy heladas y saladas, ricas en nutrientes, de bajo pH y pobres en oxígeno, mientras que durante la fase de El Niño afloran aguas subtropicales, que son menos frías y saladas, no tan ricas en nutrientes, de pH más neutro y mejor oxigenadas.

Cuando el ASPS se fortalece, se incrementa la magnitud de los vientos provenientes del sur y, por tanto, hay un mayor

transporte de aguas del polo y más eventos de surgencia. Por el contrario, al debilitarse el ASPS, los vientos provenientes del sur decrecen en magnitud y la importancia del transporte de Ekman es menor.

Sistematiza: El Centro Científico CEAZA, está monitoreando las condiciones ambientales de la bahía de Tongoy a través de una balsa oceanográfica, que permite conocer el comportamiento de variables como viento, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, turbidez, entre otras, las cuales indican el desarrollo de un evento de surgencia. Con esta información, el CEAZA genera una visualización de las condiciones de la bahía en tiempo real, lo que permite usar la información como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones de distintos sectores productivos que dependen del mar (pesca, acuicultura y turismo).

Ingresa a la página web (www.ceazamet.cl), busca en el sensor Balsa Tongoy CMET las variables temperatura del mar, oxígeno disuelto y viento. Compara los meses de enero y septiembre, luego registra los datos en la bitácora:

Temperatura		OD		Viento	
Enero	Septiembre	Enero	Septiembre	Enero	Septiembre

¿En qué mes es más probable la activación de un foco de surgencia costera? ¿Por qué?

¿Cómo utilizarías esta plataforma para obtener y procesar información pertinente al trabajo?

¿Cómo afecta este fenómeno (surgencia) en la producción de la industria acuícola?

Capítulo 11:

El estudio de los océanos: parámetros ambientales y distribución de especies.



La oceanografía es un campo de la ciencia que estudia los mares, océanos y todo lo que se relaciona con ellos, es decir, la estructura geológica de los fondos oceánicos, su composición química y las dinámicas de circulación de dichos cuerpos de agua. Involucra el estudio de los procesos físicos, como las corrientes y las mareas, procesos químicos como el monitoreo de las variables ambientales y componentes biológicos.

Actividad de formación

El conocimiento de la oceanografía aplicada a la salmonicultura tiene importantes beneficios productivos para el sector. Por ejemplo, saber de qué manera influyen los vientos o las corrientes marinas sobre los regímenes de alimentación de los peces puede producir importantes mejoras en el factor de conversión del alimento. (Extracto recuperado de <http://www.aqua.cl>)

¿Cómo crees que influye el conocimiento aplicado de esta área en tus actividades productivas?

a) Procesos físicos en el oceano**1. Tectónica de placas y relieve submarino**

La teoría geológica sobre la tectónica de placas nos permite comprender una serie de fenómenos relacionados con la estructura y evolución de los suelos oceánicos y la posición de los continentes, es decir, la manera en que se crea, destruye y evoluciona la superficie terrestre y el fondo marino (Figura 14). La

geografía del fondo marino incluye grandes cadenas montañosas bajo el océano (las dorsales), así como fosas, llanuras abisales e islas, entre otros relieves.

DATO: Se sabe que las placas poseen un espesor aproximado de 100 kilómetros.

Hasta el momento se han detectado 15 placas donde en torno a Chile se encuentran la Sudamericana, la de Nazca y la Antártica (figura 14)

Para profundizar ...

La placa de Nazca se desplaza hacia la placa continental 9 cm por año, introduciéndose bajo ella en un plano inclinado. Estas fuerzas tectónicas generan el plegamiento de la placa sudamericana formando la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes.

Debido a la actividad de las placas tectónicas el fondo del mar posee un relieve submarino compuesto por las dorsales, los volcanes submarinos y otras formas que se describen a continuación.

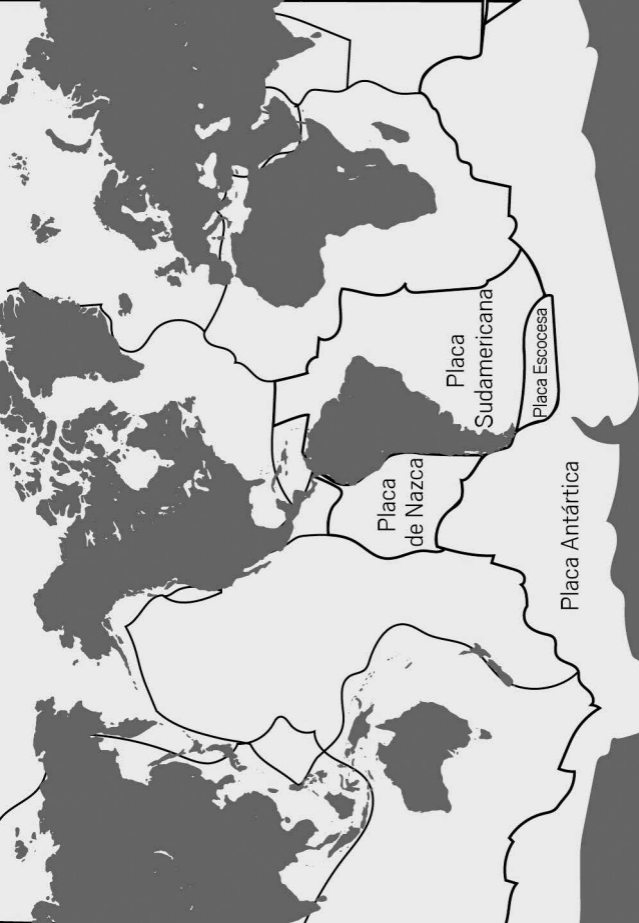


Figura 13: Ubicación geográfica de las placas tectónicas.

La placa de Nazca se ubica frente a Chile y es generada por el surgimiento de magma que crea nuevo fondo marino desde la cordillera Mesodorsal del Pacífico. La formación de nuevo fondo marino a lo largo de esta cordillera submarina provoca el desplazamiento de la placa de Nazca contra la placa Sudamericana, produciéndose el fenómeno de subducción (Nazca enterrándose bajo Sudamérica), lo que da origen a la vez, a los grandes sismos que periódicamente estremecen la costa Pacífica de Sudamérica. Debido a la actividad de las placas tectónicas el fondo del mar frente a Chile posee una de las fosas abisales más profundas del planeta y un relieve submarino compuesto por las dorsales, los volcanes submarinos y otras formas que se describen a continuación.

Actividad:*Gestión del riesgo ante tsunami*

- 1. Formen equipos de 3 estudiantes y deleguen funciones para cada uno.*
- 2. Observen las siguientes fotografías que muestran las consecuencias del tsunami que afectó a la Región de Coquimbo, el 16 de septiembre de 2015:*



Fotos: Andrés Zurita

3. *Identifiquen las necesidades a corto y largo plazo en el sector acuícola, después de un tsunami.*

4. *Elaboren un listado con las consecuencias para la acuicultura.*

5. *Realicen una reflexión sobre lo ocurrido en el terremoto y tsunami acontecido el año 2015 en la Región de Coquimbo.*

6. *Investiguen y respondan las siguientes preguntas para compartir la información sobre el desastre:*

¿Cuáles son las causas del desastre?, ¿Cuáles son las características de este desastre?, ¿Dónde fue su epicentro y cómo afectó al resto de la región?, ¿Cómo se propaga un tsunami?, ¿Cómo explicarías la energía propagada por las olas?, ¿Cuáles fueron las consecuencias en el sector social y económico?, ¿Qué medidas de prevención aplicarías en la industria acuícola?

7. *Elaboren un mural en conjunto con todo el grupo curso.*

a) Relieve submarino

El relieve submarino es la geomorfología del fondo del mar que cuenta con diversos tipos de formas, entre ellas destaca la plataforma continental, el talud continental, las dorsales oceánicas, las cuencas oceánicas, las fosas abisales, entre otras formaciones que ocurren en otros océanos del mundo.

a. Cuenca oceánica submarina:

La cuenca oceánica es el fondo del mar presenta relieves rocosos como algunos cordones montañosos o cordilleras submarinas, depresiones intermedias, fosas abisales, entre otros tipos de relieves.

Entre las cordilleras y los cordones, existen algunas depresiones o cuencas llamadas también Planicies Abisales. Las dos cuencas más significativas son:

- **La cuenca Austral:** También llamada cuenca de Baker o cuenca de Bellinghausen, está ubicada entre la Antártida y la Dorsal Occidental de Chile.

- **La cuenca de Chile:** Está localizada entre la Dorsal Occidental de Chile y la Dorsal de Nazca. La cuenca de Chile presenta una fosa profunda cercana a la costa, mientras que la cuenca Austral no presenta relieves importantes.

A continuación, se describen los principales tipos de relieves que podemos encontrar en Chile:

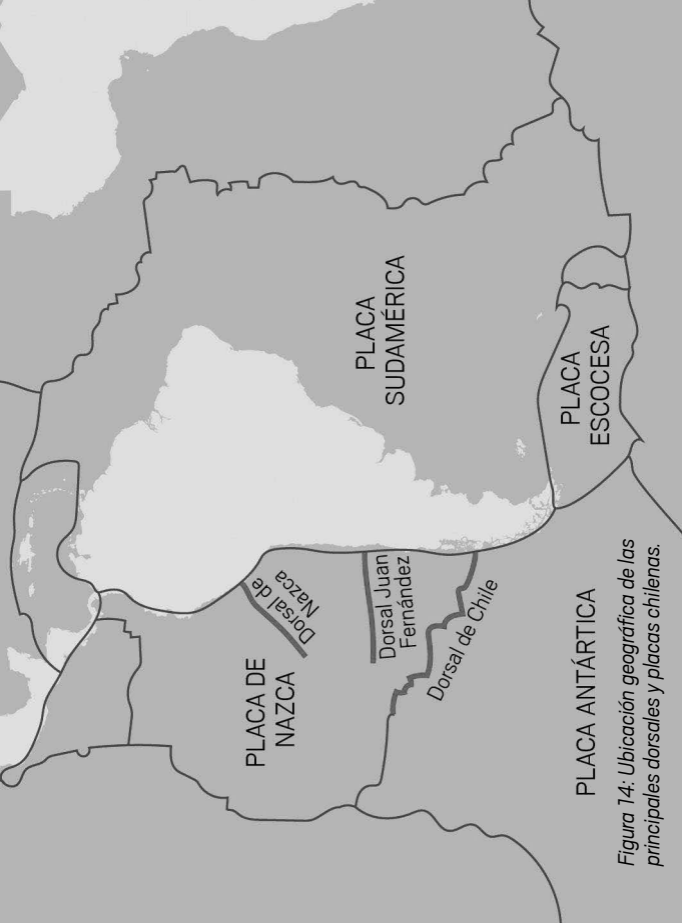
b. Fosas oceánicas:

Las fosas oceánicas son grietas submarinas en donde la

profundidad aumenta abruptamente, pudiendo llegar hasta unos 11 kilómetros bajo el nivel del mar. En Chile existe la fosa de Perú – Chile, también llamada fosa de Atacama que alcanza una profundidad de 8.065 metros, profundidad en la cual se topan la placa de Nazca y la placa sudamericana (figura 14).

Para complementar ...

Entre ambas dorsales descritas anteriormente, existen relieves con actividad volcánica submarina. En estos sitios, es posible encontrar diversos tipos de organismos adaptados a vivir solamente en esas condiciones y con parámetros ambientales distintos a los conocidos para la vida en el mar en las capas más superficiales de él.



PLACA SUDAMÉRICA

PLACA ESCOCESA

PLACA DE NAZCA

Dorsal de Nazca

Dorsal Juan Fernández

Dorsal de Chile

PLACA ANTÁRTICA

Figura 14: Ubicación geográfica de las principales dorsales y placas chilenas.

c. Plataforma continental:

La plataforma continental es el fondo submarino próximo a la costa con profundidades inferiores a 200 m (figura 16). En Chile, encontramos la plataforma continental paralela a la costa, que es donde ocurre la mayor parte de la actividad económica de este país. Tiene una amplitud variable entre los 3 y los 60 km, mientras que puede llegar hasta los 200 m de profundidad.

Es en esta área y el oceano abierto donde se han delimitado distintas zonas económicas que involucran jurisdicciones y derechos de uso, dependiendo de la cercanía a la costa, que pueden depender del país local o internacional.

Zonas Económicas:

En los países que poseen zona marina, existen disposiciones internacionales que delimitan zonas de acceso de acuerdo a la proximidad a la costa.

Estas zonas se desglosan en tres sectores: Mar territorial, Zona Contigua y Zona Económica Exclusiva (figura 15).

Mar territorial:

Corresponde a las primeras 12 millas marinas desde la línea de baja marea hacia mar adentro. Es donde existen derechos exclusivos de exploración y explotación.

Zona contigua:

Es la zona adyacente al mar territorial. Se extiende hasta 24 millas marinas, desde el inicio del mar territorial. El Estado puede fiscalizar para prevenir y sancionar las infracciones de leyes,

reglamentos aduaneros, fiscales, de inmigración y sanitarios generados en el mar territorial o en el territorio nacional.

Zona Económica Exclusiva:

Se sitúa más allá del mar territorial, llegando hasta las 200 millas marinas desde el inicio del mar territorial.

En esta zona el país posee:

- Derechos de explotación y exploración, conservación y administración de los recursos vivos y no vivos. Así también de las agua y sedimentos del sector, además de actividad como producción energética del agua, las corrientes y los vientos.
- Jurisdicción con respecto al establecimiento y uso de islas artificiales, instalaciones y estructuras; la investigación marina y la protección del medio marino.

En Chile la plataforma continental entre Arica y Valparaíso presenta un ancho que oscila entre 4 y 8 km, con fondos muy accidentados y escasas planicies de arena. De Valparaíso al sur se va ensanchando hasta lograr 65 km aproximadamente, justo frente a la Península de Tumbes y la desembocadura del río Biobío, en Concepción. Se angosta hacia el Golfo de Arauco y frente a Chiloé llega a medir 40 km. Hacia el extremo austral se estrecha y su superficie se torna irregular. En general en Chile la plataforma es muy angosta, por lo que la zona costera se encuentra expuesta a la presencia de aguas profundas producto de procesos oceanográficos que generan movimiento vertical y horizontal, como por ejemplo la surgencia. Las zonas más anchas de la plataforma continental en general se encuentran frente

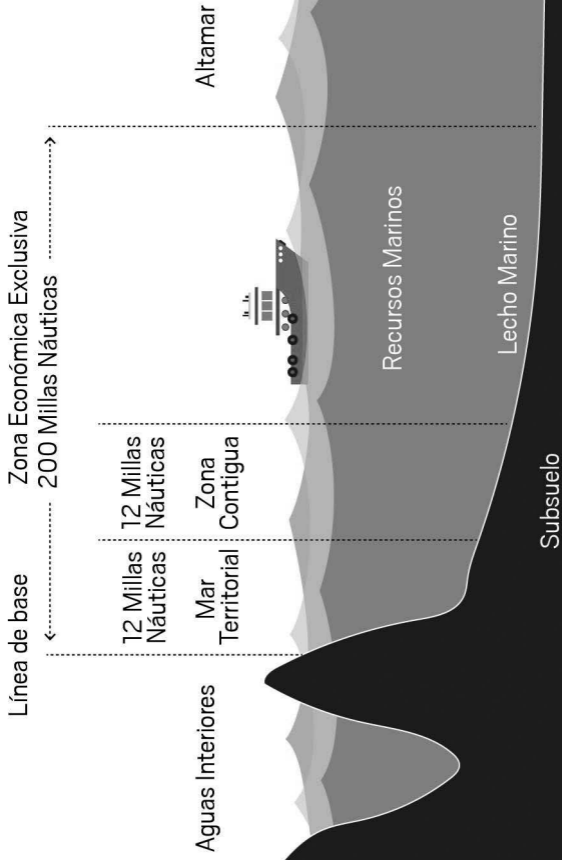


Figura 15: Plataforma continental y uso económico en la costa chilena.

a las desembocaduras de grandes ríos, producto del arrastre y acumulación de sedimentos a través de millones de años de erosión del continente. Otras zonas someras, extendidas, como la bahía de Tongoy en Coquimbo, se han originado tectónicamente producto de grandes sismos ocurridos hace miles de años. Estas zonas someras son áreas altamente productivas ya que retienen sobre ellas las aguas profundas y enriquecidas con nutrientes, promoviendo así la presencia simultánea de múltiples niveles tróficos.


En la parte austral y antártica, la plataforma continental presenta acumulaciones sedimentarias de hasta 2 km de espesor, producto del desgaste de los continentes por las lluvias y los procesos glaciares.

Actividad: *Explotación de recursos marinos*


Las algas pardas representan el 60% de los recursos algales extraídos en Chile, ya que de estas especies se extraen alginatos y polisacáridos, importantes sustancias para la elaboración de productos alimentarios, farmacéuticos, agrícolas, entre otros.

*La *Durvillaea antarctica* (cochayuyo) ha sido sobrexplotado en un 400% en la última década, por lo que investigadores de la zona sur de nuestro país, están buscando la manera de optimizar el cultivo de esta especie para su repoblamiento.*


Lee a continuación un extracto del cómic “Los Cochayuyos del Futuro” desarrollado por el Proyecto Asociativo Regional EXPLORA de CONICYT Los Lagos, año 2017.



HOLA,
PERDÓN LA
PREGUNTA...
¿PERO QUÉ
HACE UD. AQUÍ?




HOLA,
SOY INVESTIGADORA
DEL CENTRO INMAR DE
LA UNIVERSIDAD DE
LOS LAGOS



ESTAMOS DESARROLLANDO
LA TECNOLOGÍA DE CULTIVO DE
COCHAYUYO EN AMBIENTE CON-
TROLADO Y LA EVALUACIÓN DE
TÉCNICAS PARA SU REPOBLA-
MIENTO EN ÁREAS DE
MANEJO



¡JUEÉ!
Y TODO ES
PARA QUÉ?



BUENO... TODO ESTO PORQUE
EXISTE UN AUMENTO DE LOS
NIVELES DE EXPLOTACIÓN DEL
COCHAYUYO EN LOS ÚLTIMOS
AÑOS, INCLUSO SE HAN
DECRETADO VEDAS EXTRACTIVAS
EN ALGUNAS LOCALIDADES
DEL PAÍS

Cómic creado por el PAR Explora
de CONICYT Los Lagos, a cargo
de la Universidad de Los Lagos

Responde:

1. *¿Consideras importante la investigación científica para la productividad acuícola de nuestro país? Argumenta.*

2. *Si fueras un científico o científica del área marina ¿Qué aspectos consideras relevante de investigar? ¿Qué nombre le pondrías a tu proyecto?*

3. *Nombra los recursos marinos acuícolas explotados en tu ciudad. ¿Cuál de ellos presenta mayor grado de explotación?*

4. *Qué aspectos son importantes de considerar para implementar medidas de administración y conservación en los procesos de cultivo, cosecha y extracción de especies que actualmente o en el futuro se prevengan sobreexplotadas en nuestro país. Menciona al menos tres.*

5. *En relación a las zonas marinas económicas de tu localidad. Investiga sobre los derechos de explotación y exploración, conservación y administración de los recursos vivos y no vivos. Así también, sobre los límites de jurisdicción marina. Comunica tus resultados frente al curso.*

d. Talud continental:

Se denomina talud a la planicie en pendiente entre 200 y 4.000 m que une la plataforma continental con las fosas o fondos abisales. En el caso de Chile la plataforma continental tiene una pendiente muy fuerte, al igual que el territorio continental, y presenta numerosos cañones de gran profundidad y fondos de rocas vivas. Esta zona es probablemente la más importante para las pesquerías litorales, ya que la mayor parte de las especies costeras ocupan el talud continental en alguna fase de su ciclo de vida, como por ejemplo crustáceos, moluscos pelágicos y numerosas especies de peces.

e. Formas del litoral chileno:

La costa del litoral chileno, presenta una geomorfología marina diversa a lo largo del país, caracterizada en general por aguas poco tranquilas. Hay cuatro grandes zonas de acuerdo a la forma de la costa:

Desde Arica a Valparaíso, las costas son casi rectas, con pocos refugios naturales y las aguas son más agitadas.

Las regiones de O'Higgins y Maule presentan costas abruptas, casi rectas, muy descubiertas por lo que sus aguas se presentan agitadas, similares al intervalo anterior.

En las regiones del Biobío y la Araucanía, las costas son un tanto irregulares, presentando algunas modificaciones en la línea de relieve litoral, por ejemplo el golfo de Arauco.

Desde la región de Los Lagos a la Antártica Chilena, las costas se caracterizan por aparecer muy accidentadas, descubiertas, fragmentadas y con presencia de fiordos, ventisqueros, golfos, penínsulas, canales e islas.

Para el desarrollo de la acuicultura, se requieren aguas tranquilas tales como bahías cerradas, fiordos y canales. En Chile se desarrolla esta industria principalmente en las regiones de Atacama, Coquimbo, Los Lagos y Magallanes.

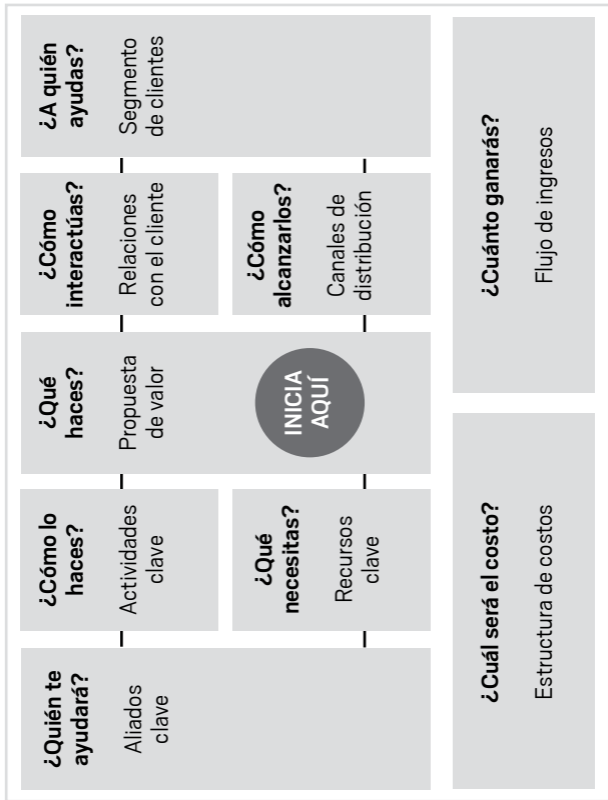
Actividad: *Modelo de negocio*

1. *Reúnete con 4 compañeros(as) de tu curso y observa el video que explica los conceptos básicos de la acuicultura en Chile, en el siguiente link:*

<https://www.youtube.com/watch?v=3qiU2EZwinI>

2. *Chile busca potenciar la acuicultura a pequeña escala. ¿Qué especies podrías cultivar en tu liceo? Propongan un modelo de negocio siguiendo los siguientes pasos (ver en la siguiente página):*

3. *Comunica tu propuesta frente al curso.*



2. Circulación, corrientes y mareas: como se mueve el mar

Las masas de agua en los océanos del mundo están en constante movimiento, siendo las corrientes las responsables de parecer verdaderos ríos en el mar. Hay corrientes que circulan a gran velocidad y otras muy lentas, unas periódicas y otras intermitentes. Son los principales vectores que transportan el calor ecuatorial hacia los polos y el frío polar hacia las regiones tropicales (figura 6). Algunas corrientes favorecen la navegación, mientras que otras la impiden. Asimismo, pueden llevar organismos marinos de una isla a otra facilitando procesos de dispersión geográfica de las especies.

Todas las corrientes presentan propiedades diferentes de acuerdo a su origen, velocidad, dirección y límites, así como por su importancia y repercusiones sobre el litoral y el clima de las regiones sobre las cuales tienen influencia.

Cuando en la atmósfera se generan variaciones de temperaturas, se producen los vientos que causan el movimiento del agua superficial del océano, sumándose a los desplazamientos de las masas de agua producidos por cambios de densidad, dando origen a las corrientes. Sin embargo, existen otros factores físicos como la fuerza de gravedad, la rotación de la Tierra, la fuerza de las mareas y la presión atmosférica.

a. Circulación general de los océanos

Las corrientes marinas son movimientos que se producen en forma permanente en las masas de agua superficial del mar, originadas por la acción de los vientos y por las diferencias en los parámetros ambientales como la temperatura, salinidad,

oxígeno disuelto, entre otros. Asimismo variables físicas como las mareas, la rotación terrestre y el efecto Coriolis producto de este movimiento, también influyen en las corrientes. Por otra parte, las diferencias de densidad entre masas de agua genera estratificación o la distribución en capas de las diferentes masas de agua del océano.

Olas, mareas y corrientes superficiales generan movimientos en las masas de agua, siendo más intensos y visibles en superficie y más estables en el fondo. Estos movimientos promueven la mezcla de las aguas oceánicas superficiales (hasta 200 m) y además transportan energía a través de todos los océanos, influyendo directamente en el equilibrio energético planetario.

Conocimiento previo:

¿Cuáles son las corrientes marinas influyentes en el sector dónde vives?

Nombra los beneficios de estas corrientes para los ecosistemas marinos.

b. Corrientes que afectan la costa chilena

Frente a la costa chilena, las corrientes superficiales más importantes son conocidas como: el Sistema de la Corriente de Humboldt. La compleja circulación y movimientos de aguas superficiales hacia el ecuador y hacia el polo, han sido descritas, como dos flujos hacia el norte denominados Corriente Oceánica y Corriente Costera de Humboldt, y están separadas por otra corriente que va hacia el sur llamada Contracorriente Chile-Perú o Contracorriente peruana chilena (figura 16).

En Chile, no sólo existe el Sistema de la Corriente de Humboldt, también hay otras corrientes que afectan a la costa y que son conocidas con las siguientes nominaciones: Corriente de la Deriva del Oeste, Corriente del Cabo de Hornos, Contracorriente Perú-Chile y Contracorriente subsuperficial Perú-Chile, que se definen a continuación.

a. Corriente de la Deriva del Oeste

La Corriente de Deriva de los vientos del Oeste (CDO) se origina en el borde occidental del océano Pacífico, llegando frente a la costa chilena con una dirección general hacia el sureste. Esta corriente transporta aguas comparativamente más salinas desde el occidente, las que van disminuyendo su salinidad y enfriándose a medida que se acercan al continente sudamericano, de Chiloé al sur.

b. Corriente del Cabo de Hornos

Esta corriente se genera a partir de la separación de la CDO en dos ramas al chocar con Sudamérica. La Corriente del Cabo de Hornos es la rama que se dirige hacia el sur del continente

americano y luego, entre la Antártica y la Patagonia donde se junta con la Corriente Circumpolar Antártica.

c. Corriente de Humboldt

La Corriente de Humboldt es la rama norte de la CDO, pasa por casi toda la costa chilena y es una de las corrientes marinas más productivas a nivel mundial. Esta corriente se extiende a lo largo de la costa Oeste de Sudamérica, desde el sur de Chile (42°S aproximadamente) hasta el Ecuador y las Islas Galápagos (cerca del Ecuador). Se caracteriza por ser un flujo predominante hacia el norte de aguas superficiales de origen subantártico y por fuertes surgencias de aguas profundas más frías y ricas en nutrientes de origen ecuatorial. A lo largo de la costa del norte y centro de Chile, la surgencia es localizada y su ocurrencia cambia de ser principalmente continua en el año en la zona norte, a un patrón más estacional en el centro sur de Chile. Esto alimenta el zooplancton, el que a su vez sirve de recurso para niveles tróficos más altos, como peces, los que a su vez alimentan niveles tróficos tope, que incluye grandes poblaciones de aves y mamíferos marinos.

Cabe destacar que las pesquerías pelágicas, de mar afuera, se concentran típicamente cerca de los principales centros de surgencia que se ubican en Iquique, Coquimbo y Concepción.

Para complementar ...

La temperatura de la corriente de Humboldt es baja, oscila entre los 10° y los 17°C en sus extremos sur y norte, con alteraciones perceptibles en algunas zonas debido a los eventos de surgencia. Las aguas subantárticas son de baja salinidad (34,7%) y con un contenido de oxígeno disuelto relativamente alto (5ml/l).

d. Contracorriente Perú-Chile

Las aguas de esta corriente se mueven de norte a sur, desde los 8°S hasta los 42°S, sobreponiéndose a la corriente de Humboldt, siendo la responsable de la separación de dicha corriente en dos, la corriente de Humboldt oceánica y la costera.

Esta corriente se ubica en aguas subsuperficiales entre los 100-400 m de profundidad. Se compone de agua ecuatorial subsuperficial y se caracteriza por un bajo contenido de oxígeno y una mayor salinidad que las aguas subantárticas, debido a su origen en la zona del Pacífico tropical.



Figura 16: Corrientes frente la costa chilena.

Otros componentes importantes en la dinámica de los océanos son las olas y mareas que son descritas a continuación:

3. Olas y mar de fondo

Las olas son ondas que se desplazan vertical y perpendicularmente sobre la superficie del mar. El viento fricciona la superficie del agua, ocasionando un arrastre sobre la misma, de esta manera, a medida que la fricción del viento aumenta, el tamaño de la onda en formación se va incrementando. La ola se compone de dos partes: cresta y valle. Además, posee período (tiempo entre dos crestas), longitud de onda y altura (figura 17).

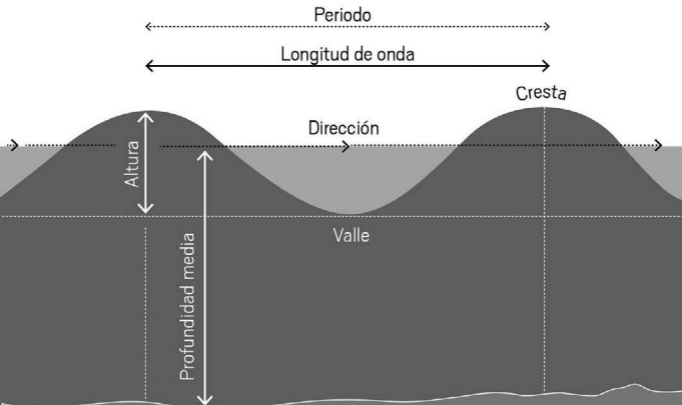


Figura 17: Características de las olas.

La velocidad, intensidad y dirección del viento son los parámetros principales y las fuentes responsables de generar olas en el mar. Es importante destacar que las olas no transportan agua, sino que son un movimiento oscilatorio, sólo cuando la ola rompe ocurre un desplazamiento de agua (figura 18).

El oleaje que afecta las costas chilenas tiene mecanismos de generación que pueden ser locales o remotos. En el primer caso, la influencia de vientos locales origina olas en la zona inmediata a la costa denominadas "Marejadilla", con períodos de 4 a 8 segundos. En el segundo caso, las olas, se caracterizan por poseer períodos de 10 a 25 segundos, denominadas "Mar de fondo" y que han sido formadas en puntos lejanos de la cuenca del océano Pacífico, por ejemplo Nueva Zelandia o Alaska, propagándose hasta las costas chilenas.

El tipo de olas denominadas "mar de fondo", responsables de las marejadas, son causadas por tormentas o grandes episodios de viento en lugares lejanos, por lo que generan ondas de períodos muy largos y regulares. A diferencia de los tsunamis, que son generados por terremotos y aluviones, el mar de fondo son olas que salen desde el punto donde fueron generadas por el viento en dirección a la costa. Existen 3 mecanismos de generación:

- **Mar de fondo del hemisferio sur:** producto de ciclones generados entre los 30°S y los 60°S, donde las ondas se desplazan hacia la costa disminuyendo su altura, pero aumentando su período. Se acentúan durante el invierno.

- **Mar de fondo del hemisferio norte:** son olas generadas cerca

de las islas Aleutianas, ubicadas entre Alaska y Rusia, en el mar de Bering. Se desplazan hacia nuestro país llegando desde el Noroeste del océano pacífico sur. Se pueden anular con mar de fondo producidos en el hemisferio sur. Son más comunes durante el verano

- **Ciclones tropicales:** se generan en las aguas de América central y se propagan hacia el sur hasta las costas del país. Ocurren de forma ocasional, pero son relevantes para el oleaje extremo o de diseño.



Tongoy

Actividad práctica:

Variables que influyen en la formación de olas en el mar.

¿Cómo se forman las olas en el mar?

Después de comprender los contenidos descritos en las páginas anteriores, lee atentamente las instrucciones para realizar la actividad.

Materiales.

- Fuente plástica rectangular de 3 L.
- 2 L de agua
- Tubo y secador de pelo (generar viento)
- Tabla de madera o plástico de menor dimensión que la fuente plástica

Procedimiento.

1. Vierte los 2L de agua en el interior de la fuente plástica
2. Sopla viento con el tubo desde un extremo del recipiente. Registra lo que sucede con el agua.
3. Sopla viento en dos velocidades (baja y alta) con el secador de pelo desde un extremo del recipiente. Registra lo que sucede con el agua
4. Posiciona la tabla en el fondo del recipiente. Luego, levanta la tabla y registra lo que sucede con el agua.

Responde de acuerdo a la actividad práctica:

¿Qué situación del procedimiento aparenta las olas provocadas por mecanismos locales?

¿Qué situación del procedimiento aparenta las olas provocadas por mecanismos remotos?

¿Qué situación del procedimiento aparenta las olas provocadas por terremotos?

¿Qué procedimiento utilizarías para simular las olas provocadas por aluviones?

4. Las Mareas

Las Mareas son movimientos periódicos del mar con desplazamiento vertical, de ascenso y descenso de las masas de agua (figura 18), producto de la fuerza gravitatoria que ejerce la luna y el sol sobre la superficie del planeta, junto con la rotación de la Tierra (fuerza centrífuga). La acción combinada de ambas fuerzas es lo que conocemos como mareas.

I. Mareas según altura del nivel del mar y la fase lunar

La luna, a medida que gira alrededor de nuestro planeta, levanta con su fuerza de atracción gravitacional las masas de agua dirigiéndolas hacia sí. Por la cercanía de la luna con la Tierra, esta es la principal causa de los cambios periódicos del nivel del mar o mareas, teniendo el sol un efecto perceptible en las mareas más extremas, de ocurrencia menos frecuente. Sin embargo, a pesar de que el sol y la luna son factores fundamentales en la formación de las mareas, debemos saber que también hay otros factores que provocan variaciones al nivel del mar, entre ellos podemos mencionar variables ambientales como la presión atmosférica, el viento y la lluvia.

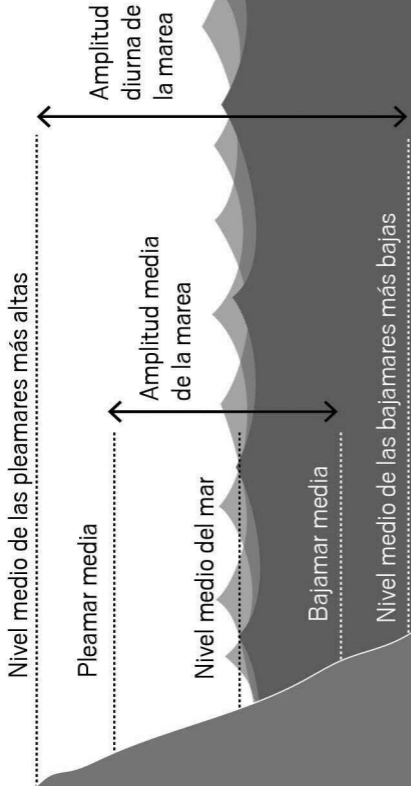


Figura 18: Nivel de las mareas.

Por ejemplo: la presión atmosférica a nivel del mar equivale a 760 mmHg, lo que por convención se define como 1 atmósfera. Cuando este parámetro supera dicho valor, hay un aumento en la presión atmosférica a nivel del mar, los niveles del mar serán más bajos que los pronosticados o viceversa.

Por otro lado, un viento fuerte y constante que sopla en dirección a la costa, producirá mareas más altas que las previstas, mientras que un viento en sentido contrario provocará mareas más bajas. Los tipos de marea se definen por la altura del nivel del mar:

a) Marea alta o pleamar: Es cuando el nivel del mar alcanza su altura más alta del ciclo de mareas.

b) Marea baja o bajamar: Se produce cuando el nivel del mar alcanza su altura más baja dentro del ciclo de mareas.

A lo largo de la costa de Chile, durante el ciclo lunar diario se producen en forma alternada dos mareas altas y dos mareas bajas (cada 6 horas aproximadamente) de alturas muy similares (figura 19). Otra forma de clasificación de las mareas es de acuerdo a la fase lunar, de este modo, distinguimos dos tipos de marea:

Mareas vivas o sicigia

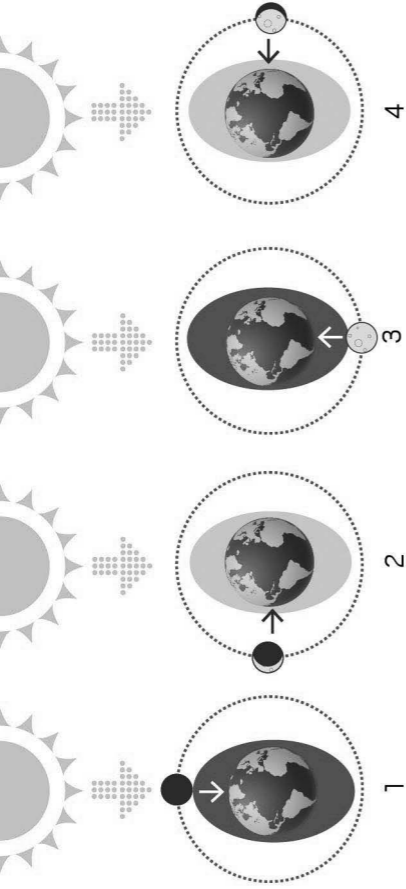
Cuando la luna está en su fase de luna llena o luna nueva, el sol se encuentra en línea a la Luna y sus efectos se potencian, generando las mareas vivas, es decir, las mareas más altas se dan cuando la luna, tierra y sol están alineados (luna nueva o llena).

Con apoyo de una tabla de marea, se puede observar que en

luna llena o luna nueva se registran los más altos coeficientes de marea, es decir, la marea alta es la más alta del mes y la marea baja es la más baja del mes. A su vez, en dichos momentos, se ha comprobado que hay un aumento en la actividad o comportamiento de los diferentes animales marinos.

Mareas muertas o de cuadratura

Durante las fases de cuarto creciente y cuarto menguante, la luna y el sol están en un ángulo de 90° y los efectos se restan, obteniendo como resultado mareas de menor amplitud (coeficiente de mareas más bajo), denominadas mareas muertas. En este caso las mareas de menor amplitud del mes se dan cuando la luna y el sol están en ángulo recto respecto de la Tierra. Es importante destacar que la latitud y la geografía de los lugares inciden en la amplitud de marea, por ejemplo en la zona del ecuador, el ciclo de marea es casi imperceptible, mientras que hacia los polos los cambios del nivel del mar son mucho más evidentes.



1 y 3: Cuando la luna y el sol están alineados (luna llena y luna nueva), se producen las mayores diferencias de mareas.

2 y 4: Cuando la luna y el sol están en ángulo recto (lunas crecientes y menguantes), se producen las menores diferencias de mareas.

Figura 19: Las mareas.

Cambios de marea en Chile

El constante cambio del nivel de las aguas tiene efectos de gran importancia para la navegación, para los puertos, la pesca y la acuicultura. En este sentido, factores como la latitud y el relieve de la costa inciden fundamentalmente en el ciclo de marea.

En Chile, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) es la institución de gobierno encargada de generar las tablas de marea para toda la costa chilena, lo que permite tener una herramienta de apoyo disponible para la toma de decisiones de todas las actividades náuticas, productivas y deportivas que se desarrollan en el mar. Al evaluar las tablas a lo largo de la costa chilena, se puede observar cómo las mareas son diferentes de acuerdo a la ubicación del puerto. En este sentido, la figura 21 muestra las variaciones en los ciclos de marea a lo largo de un ciclo lunar completo en las localidades de Antofagasta, Chiloé y Punta Arenas.



Cuarto
Creciente



Luna Llena



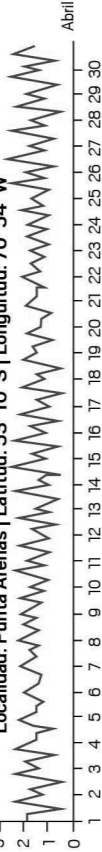
Cuarto
Menguante



Luna Nueva

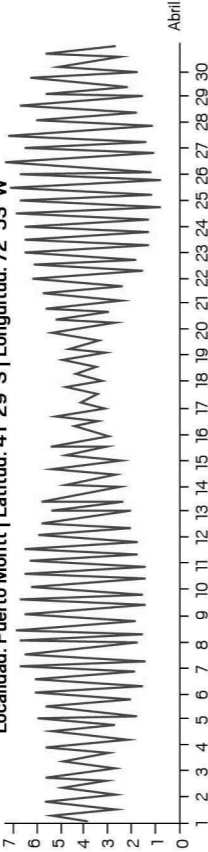
Mts

Localidad: Punta Arenas | Latitud: 53' 10' S | Longitud: 70' 54' W



Mts

Localidad: Puerto Montt | Latitud: 41' 29' S | Longitud: 72' 53' W



Mts

Localidad: Antofagasta | Latitud: 23' 39' S | Longitud: 70' 25' W

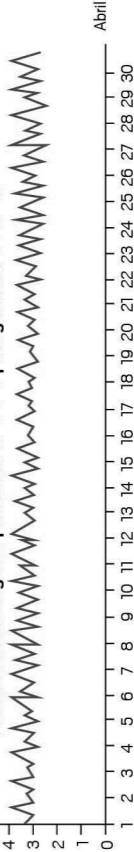


Figura 20: Variación del ciclo de mareas en la costa chilena.

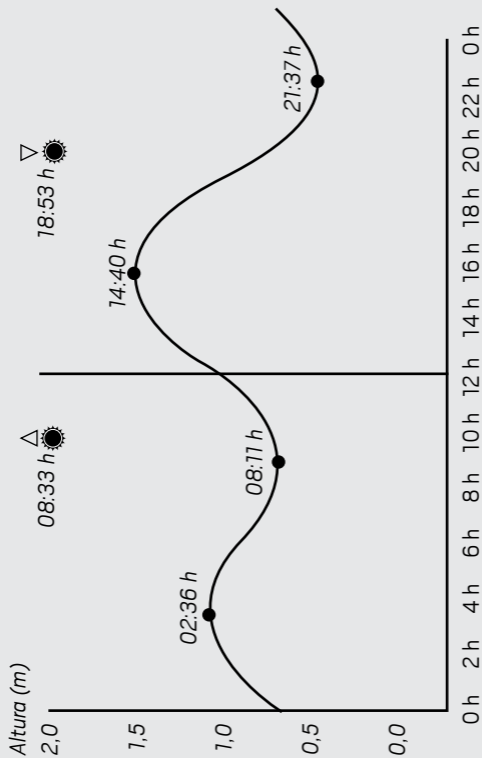
Actividad: *El efecto de las mareas en la acuicultura*
Antecedentes.

En la ciudad de Coquimbo, se registraron las siguientes pleamares y bajamares durante el día:

Tabla 1. Horario de pleamar y bajar en la ciudad de Coquimbo. 31 de mayo de 2017.

<i>Horario</i>	<i>Pleamar</i>	<i>Bajamar</i>
<i>2.36 h</i>	<i>X</i>	
<i>8.11 h</i>		<i>X</i>
<i>14.40 h</i>	<i>X</i>	
<i>21.37 h</i>		<i>X</i>

** Dato extraído del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), 31 de mayo, 2017.*



Gráfica representativa del ciclo diario de mareas en la ciudad de Coquimbo.
31 de mayo, 2017.

Procedimiento.

1. Dirígete junto a tu profesor(a) a la sala de computación e ingresa a la página del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) para descargar la tabla de mareas mensual, propia de tu localidad, en esta dirección web: <http://www.shoa.cl>

2. Luego, pincha la sección “Pronóstico de mareas” para descargar la tabla de mareas diarias, correspondiente a tu región y al presente mes.

Interpreta y analiza la información.

1. ¿Cómo influyen las mareas en la acuicultura?

2. ¿Las condiciones son óptimas para el trabajo de la jornada?

3. *¿Qué medidas preventivas tomarías para tus cultivos si se pronostican marejadas para tu zona?*

3. *Como alternativa, puedes ingresar a la página web <http://www.tablademareas.com>, seleccionas el país y la región para obtener información actualizada de parámetros que influyen en actividades de pesca y acuicultura.*

b) Procesos químicos en el oceano

Comprender cómo los elementos químicos interactúan y se incorporan a los diversos procesos que generan una condición de vida en el medio acuático.

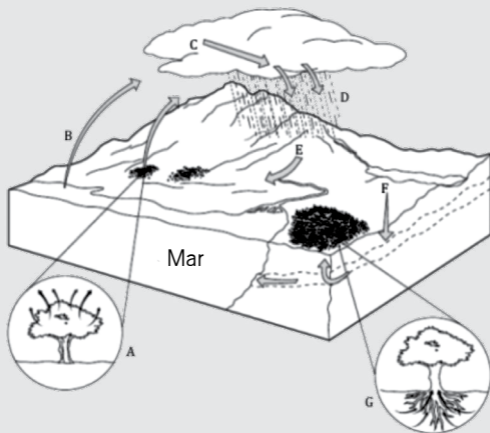
Para poder comprender los procesos químicos que ocurren en el mar, primero, debemos comprender los procesos más significativos en la evolución de los océanos que se describen a continuación.

Existen varias hipótesis respecto de la existencia del agua en el planeta Tierra, una de ellas explica que el agua brotó de la corteza terrestre mediante procesos geológicos como resultado de la actividad volcánica, lo cierto es que aún no hay certezas que avalen las distintas teorías.

Por otro lado, la disociación de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno por acción de la luz ultravioleta en la atmósfera, permitió la reacción del oxígeno con otros elementos como el carbono, el nitrógeno, el azufre y el hierro, proporcionando características químicas particulares a los océanos y a la atmósfera. Asimismo, la generación de los ciclos biogeoquímicos, donde los procesos biológicos modifican la composición del agua y la forma en que se encuentran los diferentes elementos, y la fotosíntesis, donde las plantas verdes comenzaron a producir oxígeno gaseoso, fueron fundamentales para que evolucionarán las condiciones atmosféricas y oceanográficas, las cuales hoy en día son elementos determinantes para albergar vida en el planeta.

Ciclo del agua

El esquema evidencia el movimiento del agua entre el suelo, atmósfera y océano. Identifica y registra en la imagen las etapas del ciclo del agua en el planeta.



Procesos del ciclo del agua:

Condensación

Evapotranspiración

Escorrentía superficial

Escorrentía subterránea

Precipitación

Absorción radicular

Evaporación

1. Procesos químicos que ocurren en los océanos

El agua cubre la mayor parte del planeta (70%), de esta cantidad el 97% es agua salada y está en los océanos, mientras que el 3% restante es agua dulce: líquida, distribuida en ríos, acuíferos, lagos, etc.; gaseosa, en nubes como vapor de agua; y en forma de hielo, en los polos o cimas de montañas.

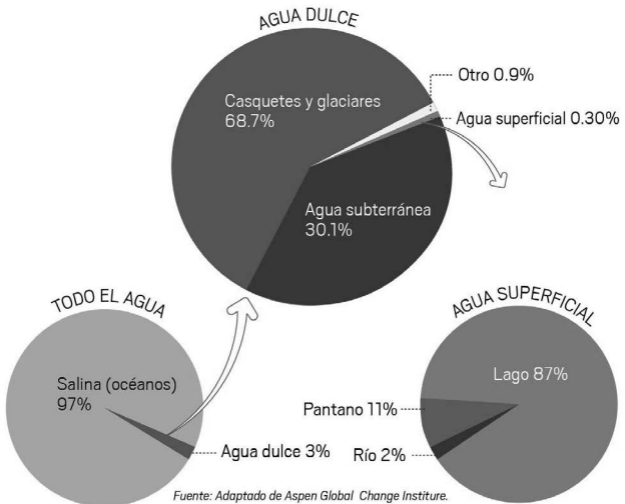


Figura 21: Distribución del agua en el planeta.

La estructura molecular del agua está formada por un átomo de oxígeno (O) y dos átomos de hidrógeno (H), enlazados químicamente mediante enlaces covalentes polares. El átomo de oxígeno es más electronegativo que el átomo de hidrógeno, lo que causa que la nube electrónica se desplace a los extremos parcialmente negativos de los átomos de oxígeno. De manera opuesta, el otro extremo de la molécula de agua (átomos de hidrógeno) presenta una leve electrificación positiva neta, formando una molécula polar). Esta característica bivalente (positivo y negativo), sumado a las fuerzas intermoleculares del agua; Puentes de Hidrógeno, hace que las moléculas interactúen entre sí, otorgándole al agua propiedades particulares como la tensión superficial, su poder disolvente y su enorme capacidad de absorber energía sin cambiar su temperatura, entre otras.

I. Propiedades del agua

El agua se encuentra en tres estados en el planeta; sólida, líquida y gaseosa (figura 22):

a. Estado sólido:

El agua se solidifica cuando su temperatura es igual o menor a cero grados centígrados (0°C). En estado sólido, el agua tiene una forma definida, muy rígida, las partículas que la componen se mantienen en un mismo lugar por sus grandes fuerzas de atracción. Al contrario de la mayoría de las sustancias, el agua aumenta su volumen al solidificarse. Es por esto que, si congelamos agua en un recipiente este puede romperse. Como el agua ha aumentado su volumen y conservado su masa, el agua sólida flota en el agua líquida. Esto ayuda a que los peces puedan vivir bajo las capas de hielo en invierno en los lagos congelados y

bajo los casquetes polares.

El agua sólida se conoce como hielo y está presente en los casquetes polares, nieve y glaciares, de manera natural.

b. Estado líquido: Entre 0 y 100 grados centígrados, el agua se encuentra en estado líquido, es decir, sus moléculas se encuentran menos cohesionadas que en su estado sólido. En este estado, su forma se define por el recipiente que la contiene. El agua puede permanecer en estado líquido a menos de 0 grados centígrados si la presión a la que está sometida es muy alta (mayor a 1 atm), como por ejemplo, debajo de los casquetes polares.

El agua líquida se ha denominado solvente universal dado que muchas sustancias son solubles en ella. La molécula de agua tiene una alta polarización (figura 26), que es responsable de su alta capilaridad. Estas propiedades son las que permiten que partículas y animales pequeños puedan desplazarse en ella.

c. Estado gaseoso: El agua en su estado gaseoso se caracteriza por no tener forma ni volumen definido, su volumen depende de la temperatura y presión al cual está sometido. Se puede comprimir, mezclar, dilatar y contraer, ya que las fuerzas de atracción entre sus moléculas son muy débiles.

d. Cambios de estado

El agua que se encuentra en su fase gaseosa, también llamada vapor de agua, ocurre cuando alcanza temperaturas sobre 100°C. En la atmósfera encontramos el vapor de agua en forma de nubes y en general en el aire que respiramos. En forma de vapor

en la atmósfera se hace más pesada a medida que se unen más moléculas de agua, cayendo en forma de lluvia, nieve o granizo de acuerdo a la temperatura, este proceso se llama precipitación. El agua líquida vuelve a los ríos y mares y empieza a evaporarse nuevamente en un ciclo continuo denominado ciclo del agua.

A su vez, el agua puede pasar de un estado al otro de acuerdo a determinadas condiciones en el medio, por ejemplo:

- **Agua sólida a líquida:** Esta transformación se denomina fusión o derretimiento.
- **Agua sólida a gaseosa:** A este cambio de estado se le conoce como sublimación.
- **Agua líquida a sólida:** A esto se le denomina solidificación o congelamiento.
- **Agua líquida a gaseosa:** La transición de un estado líquido a vapor, se le denomina evaporación.
- **Agua gaseosa a líquida:** A este proceso se le llama condensación.
- **Agua gaseosa a sólida:** Este proceso es el menos común y se conoce como sublimación regresiva. En la naturaleza se observa cuando existe granizo.

El agua que habitualmente vemos en fuentes naturales, no es necesariamente agua pura debido a su gran capacidad disolvente. Esto significa que, a menos que sea agua de deshielo, toda el agua que encontramos en la naturaleza contiene diferentes cantidades de minerales, lo que equivale a una mezcla y puede variar a lo largo del cauce de un río o en las profundidades de un lago, por ejemplo.

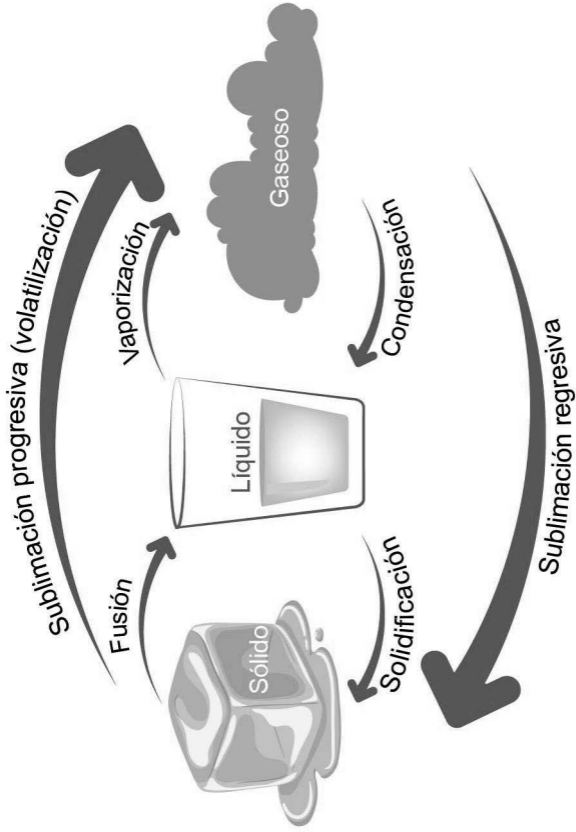
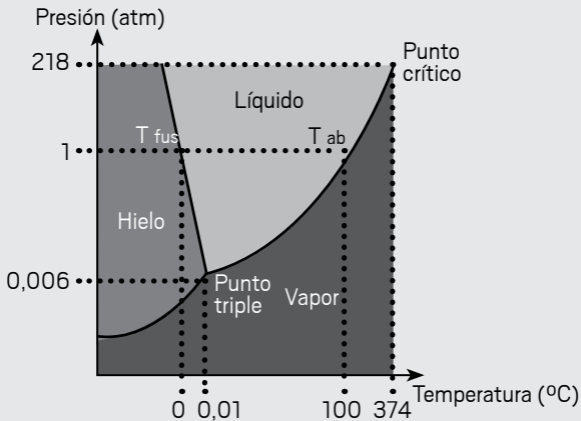


Figura 22: Cambios en las propiedades del agua.

Tanto el agua de mar como el agua dulce poseen ciertos parámetros ambientales que son medibles y que son objeto de estudio de los científicos, quienes los monitorean constantemente para conocer las características de las masas de agua en los océanos.

Actividad: Diagrama de fases del agua



1. En la figura se muestra el diagrama de fases presión (atm) – temperatura (°C) del agua pura. Las regiones de colores abiertas representan 1 fase del agua (sólido, líquido o gas). A continuación, se definen los conceptos básicos:

Punto de ebullición de un líquido: Temperatura a la cual su presión de vapor de equilibrio es igual a una presión P .

Punto de ebullición normal: Temperatura a la cual su presión de vapor de equilibrio es igual a 1 atm.

Punto triple: Las fases sólido, líquido y vapor se encuentran en equilibrio mutuo.

Punto de fusión de un sólido: Temperatura a la que el sólido y el líquido se encuentra en equilibrio a una presión P .

Punto de fusión normal: Temperatura a la que el sólido y el líquido se encuentra en equilibrio a una presión de 1 atm.

Punto de congelación del líquido: A una presión determinada es igual al punto de fusión del sólido.

Punto crítico: las fases líquidas y de vapor no pueden coexistir en equilibrio.

Responde:

a. ¿Cuál es la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y presión (atm) que se alcanza un equilibrio termodinámico entre las tres fases del agua pura? ¿Cómo se denomina esta condición?

$^{\circ}\text{C}$: _____ atm: _____

b. ¿Cuál es la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y presión (atm) que se alcanza cuándo la fase líquida y sólida no coexisten en equilibrio? ¿Cómo se denomina esta condición?

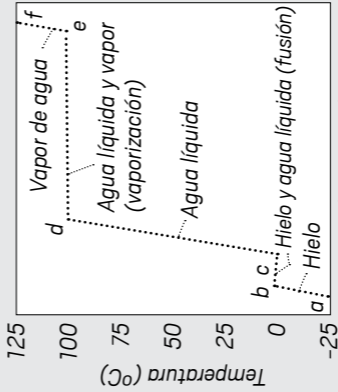
$^{\circ}\text{C}$: _____ atm: _____

2. Analiza el diagrama de fases del agua pura y completa la tabla:

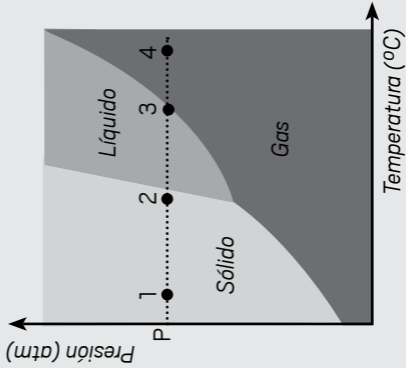
<i>Punto</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Presión</i>
<i>Triple</i>		
<i>Critico</i>		
<i>Normal de ebullición</i>		
<i>Normal de fusión</i>		
<i>Normal de congelación</i>		

3. Compara la gráfica a que representa la curva de calentamiento del agua a 1 atm de presión con la gráfica b. que representa el diagrama de fases del agua pura.

Gráfica a.



Gráfica b.



a. Relaciona los puntos A, B, C, D, E y F de la curva de calentamiento del agua con los puntos 1, 2, 3 y 4 del diagrama de fases.

b. Explica lo que sucede en los intervalos B-C y D-E en la curva del calentamiento del agua.

c. ¿Qué parámetro(s) ambiental(es) se podría(n) ver afectado en el océano si la temperatura y la presión del mar se modificarán producto del cambio climático?

Parámetros ambientales

Los parámetros ambientales son todas las variables ambientales (físicas, químicas y biológicas) que permiten la vida en el planeta. Estos parámetros son diferentes en cada tipo de ecosistema, lo que condiciona el desarrollo de ciertos organismos en los distintos ambientes (aire, tierra, mar, entre otros). En la Acuicultura los factores principales a observar (figura 24) son la temperatura del agua, oxígeno disuelto, acidez (pH) y conductividad .

En el interior del océano ocurren una serie de procesos que involucran aspectos físicos, químicos y biológicos. Como se explica en este texto, estos procesos oceanográficos interactúan entre sí y en general responden a cambios lentos, a escalas de tiempo geológicas, y son parte de los procesos que mantienen la vida en el océano, la atmósfera y en la Tierra.



Figura 23: Parámetros ambientales (físicos y químicos) del agua de importancia para la acuicultura.

Actividad: Antes de comenzar a estudiar los parámetros ambientales, desarrolla las siguientes tareas para activar tus conocimientos.

1. Este es un esquema de tu bello país, Chile. Indica con un punto rojo donde se ubica tu localidad. Busca en el sitio www.ceazamet.cl, en el link balsas e identifica los últimos datos asociados a los parámetros biológicos de tu ciudad.

Parámetro	Valor mínimo del parámetro para el día de hoy	Valor promedio del parámetro para el día de hoy	Valor máximo del parámetro para el día de hoy
Temperatura del aire			
Velocidad del viento			
Dirección del viento			
Presión atmosférica			
Saturación de oxígeno % a -10m			
Oxígeno en el agua a -10m			
Salinidad de agua a -10m			
Temperatura del agua a -10m			
Clorofila -10m			
Turbidez -10m			



2. Glosario: Para lograr comprender cabalmente como es que estos parámetros biológicos afectan a la actividad acuícola en tu sector, es necesario que conozcas los conceptos básicos. Busca el significado de los conceptos que aparecen en la tabla y luego explica con tus propias palabras que es lo comprendiste de ellos. Puedes usar un ejemplo.

<i>Concepto</i>	<i>Definición</i>	<i>Descripción con tus propias palabras</i>
<i>Temperatura</i>		
<i>Salinidad</i>		
<i>Conductividad</i>		
<i>pH</i>		
<i>Oxígeno disuelto</i>		
<i>Saturación de oxígeno</i>		
<i>Clorofila</i>		
<i>Turbidez</i>		
<i>Cambio climático</i>		

3. Preguntas de aplicación

a. Lee todos los nuevos términos que aprendiste. ¿Podrías explicar a un compañero, amigo o a tus padres lo que descubriste? Resumen lo que le dirías en cinco líneas

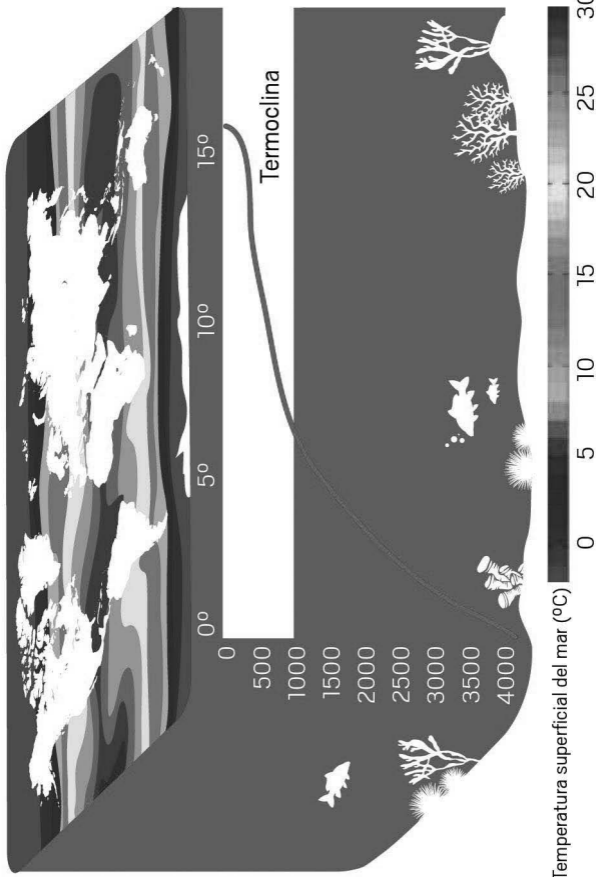
b. Imagina que te has ganado un proyecto para desarrollar acuicultura en tu liceo. ¿Qué especie elegirías? ¿Por qué?

c. Respecto a la especie que seleccionaste para cultivar. ¿Cuales crees tú que serían las condiciones óptimas de cultivo? Fundamenta tu respuesta

Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar (TSM) es un parámetro ambiental que se define como la medida de la magnitud de calor que posee un cuerpo de agua. Este parámetro depende directamente de la radiación solar y la latitud. Por ejemplo, en la línea del ecuador la TSM se eleva hasta los 30°C, mientras que hacia los polos disminuye incluso bajo los 0°C. De la misma manera, ya que las aguas profunda no han recibido radiación solar en mucho tiempo, hasta varios miles de años dependiendo de la profundidad y el lugar, la temperatura disminuye con la profundidad (figura 24).

Normalmente en las zonas polares las aguas del mar se congelan formando grandes bloques de hielo de superficies planas, conocidos como casquetes polares. El agua de mar, debido a que contiene sales disueltas, requiere de temperaturas más bajas que el agua pura para congelarse por lo que debe alcanzar temperaturas inferiores a -2,2°C.



Temperatura superficial del mar (°C)

Figura 24: Temperatura superficial y vertical del mar.

Promedios de temperaturas en el Océano Pacífico

De acuerdo a lo descrito anteriormente, en Chile la temperatura del mar es más alta en el norte y disminuye paulatinamente hacia el sur. Mientras que el territorio antártico permanece frío todos los meses del año. En las variaciones de temperatura del mar, también influyen las estaciones del año y la hora del día. Las variaciones en la temperatura son más lentas en los océanos que en los continentes, porque el agua puede entregar o absorber mucha energía sin variar demasiado su temperatura, en tanto que la masa continental se calienta y enfría rápidamente.

Relacionando contenidos ...

Como aprendimos antes, además de los factores estacionales y diurnos, la temperatura de las aguas del mar chileno se ve modificada por procesos que actúan a gran escala, como la corriente de Humboldt y los eventos de El Niño y La Niña.

Actividad:

Medición de Temperatura a través de un Data Logger

I. Preparando la medición

- 1. Reúnete con 3 compañeros y forma un equipo de trabajo.*
- 2. Designar a un compañero a cargo del instrumento de medición, otro compañero se hará cargo de registrar los datos y el tercero de comunicar los resultados.*

3. La temperatura debe ser medida en un Hatchery o en el mar.

II. Medición con Data Logger

1. Registrar en tu bitácora la hora y el lugar en que medirás la Temperatura del agua.

¿Dónde mediste la t° ?	Hora	Temperatura

III. Análisis y conclusiones.

1. ¿De qué depende la TSM?

2. ¿Por qué el agua de mar requiere temperaturas más bajas para enfriarse? Explica

3. ¿Para qué sirve conocer la TSM?

4. ¿Para qué se utilizan los Hatchery?

5. De acuerdo a tu medición ¿Qué especies son óptimas para cultivar en el hatchery o en tu localidad? ¿Por qué?

6. ¿La TSM de tu localidad es la misma en todo Chile? Explica por qué

7. Escribe en la tabla qué especies más cultivadas en el norte, centro y sur de nuestro país.

Norte	Centro	Sur

pH (acidez)

El pH es un coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa, es decir, la relación entre la concentración de iones hidrógeno (H^+) e hidroxilos (OH^-), los que le confieren 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 (figura 33), variando en función de la temperatura.

Para complementar ...

El pH es una medida de la cantidad de iones H^+ disueltos en la disolución, es decir, entre más iones hidrógenos hay disueltos más ácida es la disolución y el pH disminuye. Por esta razón, si el valor del pH disminuye, se tiende a la acidez, así, si el valor del pH aumenta, se tiende a la alcalinidad.

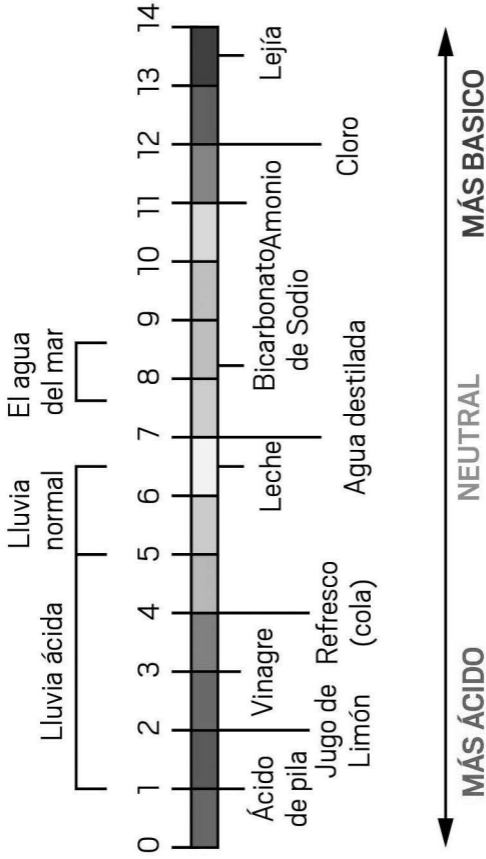


Figura 25: Escala de pH.

El pH también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos; desde la absorción de CO_2 por parte del mar, la emisión de CO_2 desde las plantas marinas, la respiración de los organismos que requieren O_2 y la descomposición de materia orgánica, hasta los desechos de peces y desechos antrópicos.

A la vez, el pH influye en el desempeño de los organismos marinos y en su actividad biológica, por ejemplo, dificultando la deposición de carbonato en las conchas o produciendo efectos fisiológicos adversos bajo condiciones de pH reducido.

La variación de la temperatura y el pH modifican los ciclos de energía que mantienen las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo óptimo de las especies adaptadas a cada lugar. Para la acuicultura, conocer las distintas variables, es esencial para crear estrategias y nuevos hábitos que permitan mitigar condiciones que puedan llegar a ser adversas para los cultivos. Por esto es fundamental desarrollar la capacidad de identificar los cambios en los parámetros ambientales, ya que son elementos críticos para los procesos acuícolas como la reproducción o el desarrollo temprano de las especies. En estos procesos, una mínima variación ambiental podría detonar un colapso del sistema, perdiendo gran parte o toda la producción. Por esto, es importante mantener un monitoreo constante de las condiciones ambientales en los cultivos.

Es importante destacar que los ecosistemas marinos no son estáticos, sino altamente dinámicos y están siendo modulados tanto por los parámetros ambientales antes mencionados, como

también, por las variaciones ambientales naturales. La frecuencia de eventos naturales en el ambiente y su magnitud son muy importantes tanto para la biodiversidad marina, como para las actividades productivas como la pesca y la acuicultura. Mientras más fuerte sea la variación en el medio ambiente marino, mayor será el tiempo de recuperación del ecosistema.

Esta variabilidad natural, y sus potenciales fuentes, debe ser considerada al momento de realizar la gestión de la explotación de los recursos de un determinado ecosistema.

Actividad: Medición del pH

I. Preparando la medición

- 1. Reúnete con 3 compañeros y forma un equipo de trabajo.*
- 2. Designar a un compañero a cargo del instrumento de medición, otro compañero se hará cargo de registrar los datos y el tercero de comunicar los resultados.*
- 3. Con ayuda del profesor o profesora deben tomar una muestra de agua en dos estanques.*

II. Medición con una banda de pH

- 1. Medirá el pH de las muestras con una banda de pH.*
- 2. No olvides registrar en tu bitácora la hora y el lugar en que medirás el pH del agua.*

<i>Nº de muestra</i>	<i>Hora</i>	<i>Lugar</i>	<i>pH</i>

III. Calibración de instrumento de medición de pH

1. Apoyado de su profesor o profesora usted aprenderá a calibrar el equipo que mide pH y luego medirá dicha variable con mayor precisión en sus muestras con el equipo especializado.

Describe el proceso de calibración

IV. Medición de pH con pHmetro.

1. Agregará sus muestras en vasos precipitados, no olvide rotular el lugar y hora de extracción.
2. Mida el pH de cada muestra con el instrumento y regístrela en su bitácora.

3. Luego con ayuda de una bombilla sopla su muestra de agua y vuelve a medir el pH.

Nº de muestra	Hora	Lugar	pH	pH post bombilla

V. Análisis y conclusiones.

1. ¿El resultado de pH con la banda y el pHmetro fueron los esperados?

2. Compara los resultados con ambas técnicas de medición, ¿Cuál fue más preciso? Explica.

3. Si una de las funciones de tu trabajo es mantener controlada las condiciones de pH en los estanques ¿Qué técnica utilizarías tú? ¿Qué factores tomarías en cuenta para tomar esa decisión? Fundamenta.

4. Escoge un cultivo y explica las consecuencias que se produciría si las condiciones de pH variaran en unas décimas:

Cultivo: _____

pH normal del cultivo: _____

Baja de 0,3 décimas de pH: _____

Subida de 0,3 décimas de pH: _____

Responde:

1. *¿Por qué la turbidez del mar es más alta en el Pacífico sur comparadas con las aguas del océano Atlántico sobre el Ecuador?*

Salinidad

Es un parámetro ambiental que se define como el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. Algunas de las principales fuentes que transportan partículas a los océanos son los ríos, que trasladan sales y minerales desde los continentes hacia el mar. Por otro lado, desde las cadenas volcánicas situadas en el fondo del océano, emergen masas de aguas compuestas de cloro, sodio, bromo, yodo, carbono y nitrógeno (figura 27), que paulatinamente se van transformando en sales.

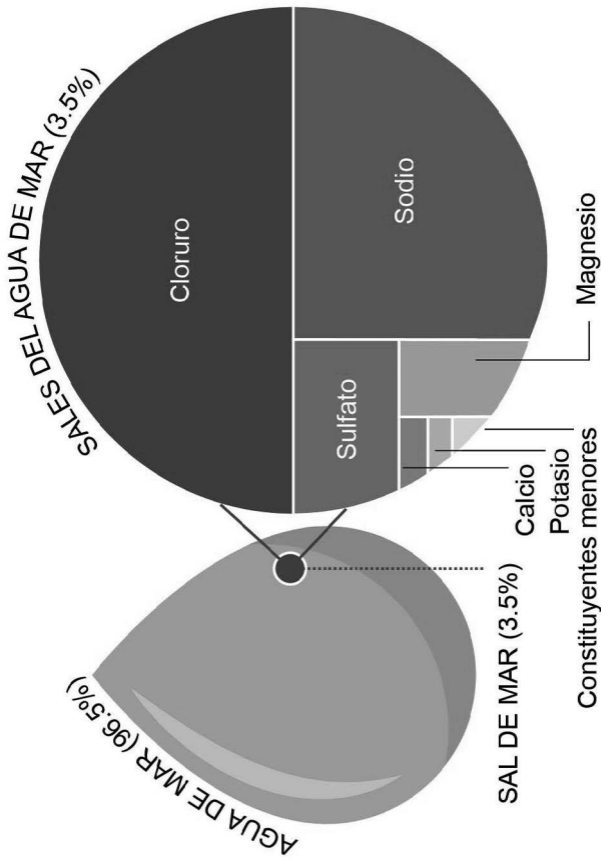


Figura 27: Porcentaje del agua de mar y su composición química.

La salinidad (figura 27) es la medida más comúnmente usada para definir el contenido de solutos del agua de mar y se define técnicamente como el número total de gramos de sales inorgánicas disueltas en 1 kg (1.000 g) de agua de mar (S ‰). El símbolo ppm se lee “partes por millón”. La salinidad promedio del agua de mar es 35 ppm ‰ lo que es equivalente a 35 g de sales en 1 kg de agua de mar.

Para reforzar:

Partes por millón (ppm), son los mg (miligramos) de soluto que hay en un kg o un L de disolución.

$$1 \text{ ppm} = 0.001\text{g/kg} \quad ; \quad 1\text{g} / 1\text{kg} = 1000 \text{ ppm}$$

La densidad del agua equivale a 1 g/mL, por lo que 1 g de agua es a 1 mL de agua. Así podemos leer que 35 g de sales en 1 Kg de agua es igual a 35 g de sales en 1 L de agua.

La mayoría de los aniones en el agua de mar, tales como el cloruro (Cl^-) y sulfato (SO_4^{2-}), derivan de gases volcánicos liberados durante el enfriamiento del magma. Esto incluye cloro como ácido clorhídrico (HCl) y azufre como ácido sulfúrico (H_2S), además de cantidades importantes de carbono, nitrógeno y oxígeno en la forma de dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno molecular (N_2) y agua (H_2O), respectivamente. La mayoría del cloro que ha sido emitido por la Tierra permanece disuelto en el océano. En contraste, la mayoría del carbono y del azufre ha sido depositado en los sedimentos. Por otra parte, la mayoría de los cationes en el

agua de mar, tales como el sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}) o magnesio (Mg^{+2}), provienen de la erosión producida por la lluvia levemente ácida, sobre las rocas ígneas de la corteza terrestre, debido a la disolución del dióxido de carbono en agua atmosférica, lo que permite formar ácido carbónico disuelto.

La actividad hidrotermal (hidro = agua, termos = calor) en las dorsales submarinas es una fuente de cationes y parece ser una significativa fuente de calcio (Ca^{+2}), potasio (K^+) y sílice disuelta, los cuales son solubilizados del magma y del basalto durante las reacciones químicas en las fisuras de la corteza terrestre, además de afloramientos sulfurosos y de otros metales.

En los océanos, la fuerte radiación del Sol evapora las aguas haciendo que las sales se acumulen a lo largo del tiempo. En el agua del mar, junto a un gran número de elementos químicos, se encuentran gases disueltos y nutrientes para la vida oceánica.

Cambios en la salinidad a lo largo de Chile

<i>Promedio anual</i>	<i>%</i>
<i>Arica</i>	<i>35,0 ppm</i>
<i>Coquimbo</i>	<i>34,5 ppm</i>
<i>Valparaíso</i>	<i>34,3 ppm</i>
<i>Talcahuano</i>	<i>33,7 ppm</i>
<i>Puerto Montt</i>	<i>32,8 ppm</i>
<i>Puerto Alsén</i>	<i>32,5 ppm</i>

La salinidad varía entre el ecuador y los polos por dos factores principales: la temperatura y la lluvia. Entre más alta es la temperatura, mayor es la evaporación y por tanto, aumenta la concentración de sales en la superficie (que luego precipitan al fondo); por el contrario, las lluvias aportan agua dulce, ya sea directamente o por medio de los ríos, ayudando a disminuir la salinidad (figura 28). De acuerdo a estos factores, la salinidad en las costas de Chile varía en general con la latitud y localmente en las desembocaduras de ríos. Alcanza los máximos valores en su parte norte debido a las escasas precipitaciones y a la alta evaporación (generando un aumento de salinidad en la superficie del agua que luego baja); hacia el sur la salinidad es cada vez menor por el aumento de las precipitaciones y por las menores temperaturas. En el territorio antártico es aún menor por el proceso de fusión continua de los hielos, que aportan agua dulce al mar y porque el agua de mar al congelarse, pierde la mayor parte de sus sales, provocando que la superficie sea menos salada.

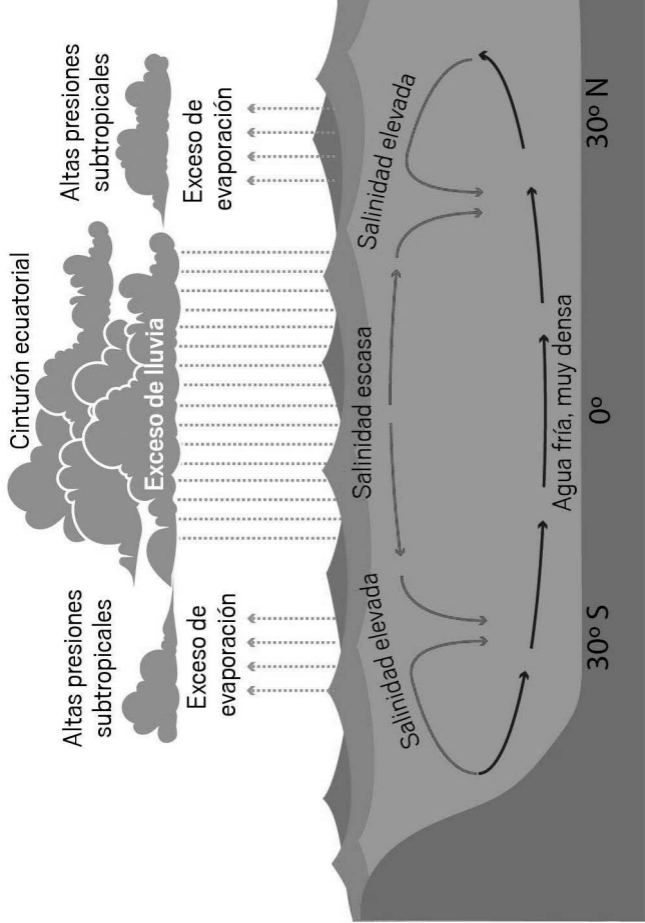


Figura 28: Salinidad en el agua de mar.

Actividad.

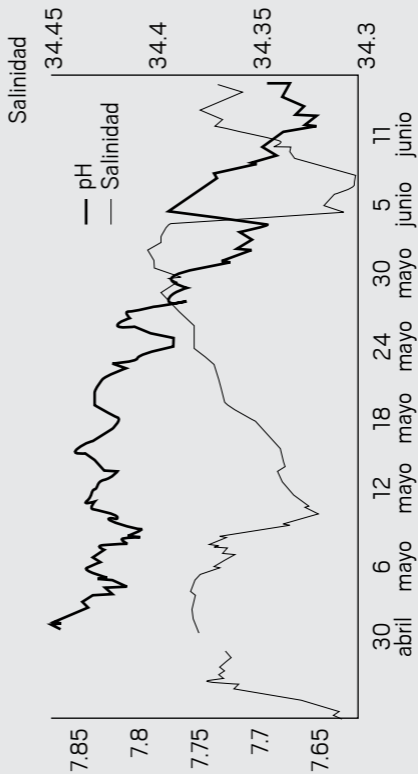
Niveles de pH y Salinidad en el Océano.

I. Introducción.

Como estudiaste en las páginas anteriores, la salinidad del océano está dada fundamentalmente por el sodio y el cloro, además de otros elementos como el magnesio, el calcio y el potasio. Estos elementos proceden de la disgregación de masas de la tierra, que son arrastradas por las aguas de la costa a diferentes zonas oceánicas y también pueden originarse por el envejecimiento de los sedimentos oceánicos. Se puede determinar la salinidad de un cuerpo de agua a través de mediciones tales como: conductividad, densidad, índice de refracción o velocidad del sonido en agua (APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992).

II. Resultados y análisis

1. Observe el gráfico:



2. *Interpreta los resultados de pH y salinidad obtenidos entre los meses de abril y junio*

3. *Indica por qué no existen mediciones de pH en el mes de abril*

4. *¿A qué podrías atribuir el alza continua de salinidad en el mes de mayo?*

5. *¿A qué podrías atribuir la baja de salinidad antes de junio 5?*

6. Explique la variación de la salinidad entre el 30 de abril al 11 de junio.

III. Conclusiones

1. ¿Cuál es la relación entre el pH y la salinidad?

2. ¿Qué otro factor puede modificar la salinidad en las superficies oceánicas?

e. Densidad

La densidad es una magnitud que se refiere al peso contenido en un volumen determinado y se expresa en g/cm^3 . La densidad del agua de mar es determinada por la temperatura y la salinidad, pero además puede variar con la presión.

La Salinidad: Mientras más componentes disueltos se encuentren en el agua, o mayor sea la salinidad, más densa será el agua.

<i>Tipo de agua/mar</i>	<i>Salinidad (ppm)</i>	<i>Densidad (g/cm^3)</i>
<i>Agua destilada</i>	<i>0</i>	<i>1000</i>
<i>Agua de la llave</i>	<i>3</i>	<i>1003</i>
<i>Océanos abiertos</i>	<i>33 - 37</i>	<i>1033 - 1037</i>
<i>Mar mediterráneo</i>	<i>38</i>	<i>1038</i>
<i>Mar muerto</i>	<i>230</i>	<i>1230</i>

Temperatura: Cuanta mayor sea la temperatura, con mayor velocidad se estarán moviendo las moléculas, por tanto, más separación entre ellas y consecuentemente tendrán una menor densidad (figura 29).

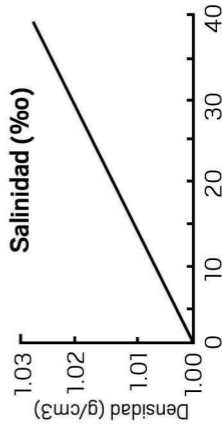
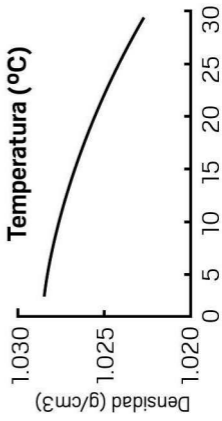
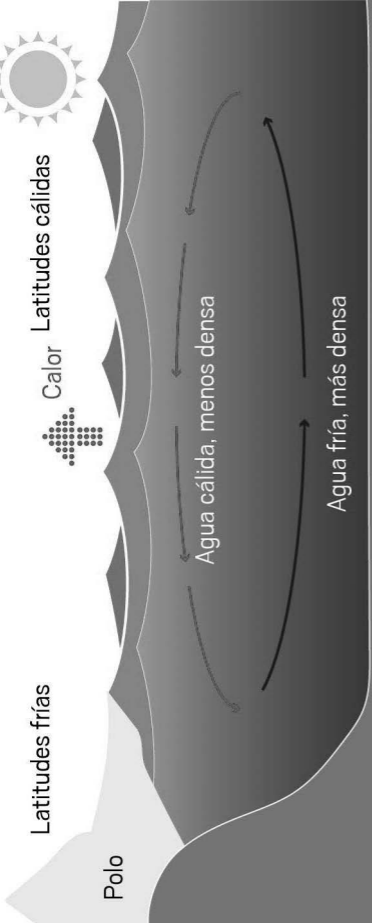


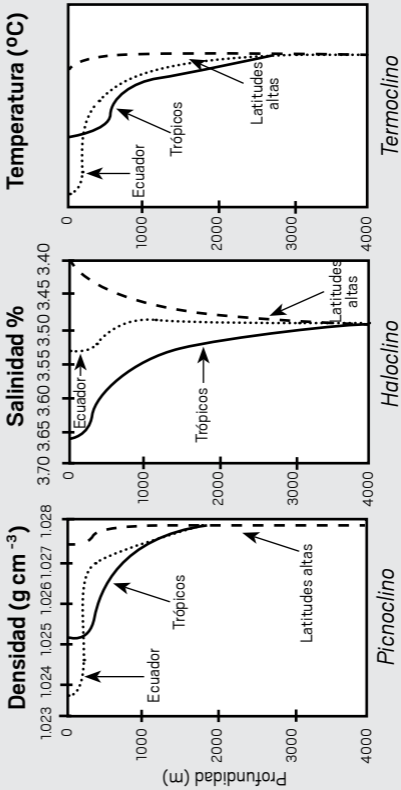
Figura 29: Densidad del agua de mar.

Ejemplo: Cuando la temperatura del agua disminuye de 20° a 15°C , las moléculas de agua se mueven más lento, acercándose unas a otras cada vez más, de esta manera aumenta la densidad del agua desde $0,9982$ a $0,9991$ (g/cm^3). Este aumento de densidad continúa hasta que al disminuir la temperatura a 4°C , el agua pura alcanza su máxima densidad, exactamente 1 (g/cm^3). El posterior enfriamiento no causa un aumento de la densidad, sino que por el contrario se produce una disminución de la densidad. Esta propiedad, la máxima densidad a 4°C , se denomina la anomalía del agua ya que la mayoría de los líquidos aumentan constantemente de densidad a medida que se acercan a su punto de congelación. Por esta misma razón, el agua en las partes más profundas del océano también se encuentra a 4°C .

Actividad.

Análisis de perfiles verticales de densidad, salinidad y temperatura en aguas oceánicas de diferentes latitudes.

1. Observa los siguientes gráficos:



- La salinidad, y por ende la densidad, de aguas oceánicas también varía a lo largo del perfil de profundidad y de la latitud (Ecuador, Trópicos, Latitudes altas (cercanas a los polos)).
- El calentamiento de las aguas superficiales por la radiación solar afecta la distribución de la temperatura, salinidad y densidad en la columna de agua.
- Las zonas de cambio rápido se conocen con los nombres de pycnoclina (gradiente densidad), haloclina (gradiente de salinidad) y termoclina (gradiente de temperatura).

2. Responde:

a. ¿Qué sucede con los parámetros de salinidad, temperatura y densidad del mar en los primeros 200 m de profundidad?

b. ¿Cómo son los cambios (rápidos, lentos) en los tres parámetros mencionados, entre los 200 y 1000 metros de profundidad?

c. Explica las variaciones de densidad en el Ecuador, Trópicos y latitudes altas.

d. ¿Cómo impacta las variaciones de densidad, salinidad y temperatura a las especies que habitan en el océano?

e. ¿Cuáles son los cambios que se producen en las propiedades del agua en función de las variaciones de los parámetros mencionados?

Además de sal, el agua de mar contiene pequeñas cantidades de gases disueltos. Debido a la enorme extensión de la interfase océano-atmósfera y a su constante agitación por los vientos y las olas (figuras 2 y 3), los gases atmosféricos se disuelven constantemente en aguas superficiales y de forma mas paulatina entre distintas masas de agua. De los gases atmosféricos disueltos en el mar, los más abundantes son el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. Por su rol en la respiración de los organismos acuáticos, es fundamental entender primero como y por qué cambian las cantidades de oxígeno y de dióxido de carbono en el agua.

Para complementar ...

La solubilidad de los gases se mide como el número de milímetros cúbicos de gas que se disuelve en 1 litro de agua de mar, cuando el agua de mar está equilibrada con el mismo gas a 1 atmósfera de presión.

GAS	PORCENTAJE DE GAS POR VOLUMEN		
	Atmósfera	Océano superficial	Océano
NITRÓGENO	78	48	11
OXÍGENO (O ₂)	21	36	6
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	0,04	15	83

Fuente: Segar (1998)

6. Gases disueltos en el mar

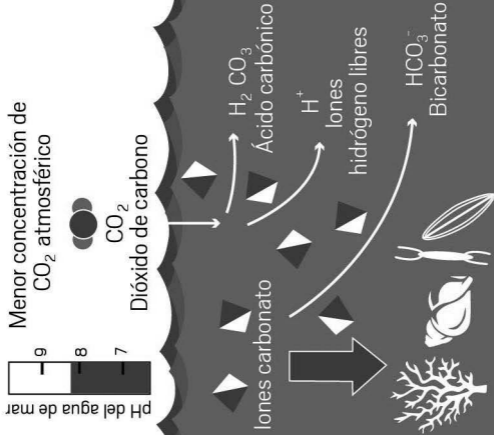
a. Dióxido de Carbono (CO_2)

Partiendo con la revolución industrial del siglo 19, la actividad industrial ha utilizado combustibles fósiles, que son el producto del CO_2 extraído de la atmósfera por la fotosíntesis en eras pasadas y que hoy encontramos almacenado en reservas geológicas, por ejemplo como petróleo y carbón. La quema de combustibles fósiles y consiguiente emisión de CO_2 a la atmósfera es un proceso acumulativo que ha gatillado un incremento en la temperatura superficial a nivel global. Este aumento en la temperatura planetaria se debe a que los mayores concentraciones de CO_2 en la atmósfera disminuyen la cantidad de radiación saliente (figura 1). De esta manera la radiación reflejada por el planeta, de ondas más largas (figura 4), es retenida en la atmósfera por la mayor concentración de gases. A este exceso de calor le llamamos efecto invernadero y a los cambios en la circulación atmosférica generados por este exceso de calor se le llama el calentamiento global.

Otro efecto provocado por el paulatino aumento de la concentración CO_2 en la atmósfera está ligado a cambios en la química del océano. La concentración de CO_2 en el planeta se debe a procesos que han ocurrido sobre periodos de tiempo muy prolongados, miles de años. El aumento de la concentración CO_2 en la atmósfera hace que el exceso de gas se disuelva en el agua de mar donde reacciona con las moléculas de agua (H_2O), disolviéndolas, aumentando así la concentración de protones. El aumento de protones implica una reducción del pH, es decir la acidificación del océano.

Finiales de 1800

Acidificación reducida



2100 (proyectado)

Aumento de la acidificación

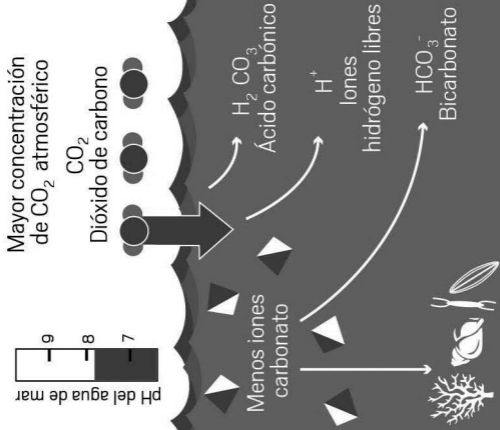
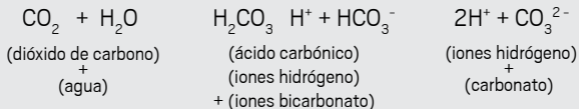


Figura 30: Reacción química de la formación de ácido carbónico.

El equilibrio de CO_2 en la interfase océano-atmósfera es raramente alcanzado y es afectado por procesos como la fotosíntesis, respiración, transporte de agua y temperatura de la superficie del agua. En este momento el exceso de CO_2 en la atmósfera se está disolviendo lentamente en el agua de mar, proceso que va a continuar hasta que se alcance un nuevo equilibrio en el futuro.

Al disolverse el CO_2 en el agua de mar, este reacciona con el agua (H_2O) formando ácido carbónico sin disociar (H_2CO_3) (Figura 30). Este último sigue reaccionando, formando principalmente iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}), que se equilibran de la siguiente manera:



Estas reacciones mantienen el equilibrio entre ácidos y bases en el agua de mar y le confieren un pH levemente alcalino a esta, que varía entre 7.5 y 8.3, un nivel donde el agua de mar contiene principalmente bicarbonato que actúa moderando los cambios en el pH del mar.

El carbonato disuelto en el agua es incorporado a los esqueletos, conchas y estructuras de animales y plantas en forma de carbonato de calcio (CaCO_3). Después de que estos organismos mueren, desde corales hasta el plancton, el carbonato de sus esqueletos precipita y se acumula en los sedimentos marinos del océano profundo, donde son solubilizados y compactados las

altas presiones y bajas temperaturas. Esta lenta acumulación de carbonato capturado por organismos vivos (biogénico) funciona a escalas de miles de años y es el mecanismo mediante el cual la biósfera remueve el exceso de CO_2 del mar y de la atmósfera. Por lo tanto, la actividad biológica de los organismos calcificadores, como los moluscos y corales, es un mecanismo clave para que el CO_2 removido por las actividades humanas del reservorio geológico vuelva a salir de la atmósfera y los mares, y así reducir el efecto invernadero y la acidificación de los océanos.

Actividad: Lectura científica**CAMBIO CLIMÁTICO ESTÁ GENERANDO ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS**

Una nueva investigación publicada por un equipo de científicos chilenos y europeos en la prestigiosa revista Nature Ecology & Evolution proporciona una nueva aproximación para comprender los resultados aparentemente contrastantes del impacto de la Acidificación del Océano sobre los organismos marinos.

Se dice que la Acidificación del Océano es el gemelo malvado del cambio climático. Es otra consecuencia de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) producto de la actividad humana. Se estima que cerca de una cuarta parte del CO_2 que hemos emitido a la atmósfera es absorbido por el océano, lo cual trae como consecuencia cambios en la química del agua de mar, entre dichos cambios, una disminución en el pH o nivel de acidez de ésta. Desde la Revolución Industrial el pH de los océanos ha caído desde 8.2 a 8.1. Sin embargo, si consideramos que la escala de pH es logarítmica, como la de los terremotos, este cambio aparentemente menor, significa que el océano se torna un 30% más ácido que hace 200 años. Además, estudios recientes sugieren que esta tasa de acidificación se podría acelerar hacia finales de siglo, produciendo un impacto potencialmente catastrófico en los ecosistemas marinos. La comprensión del impacto de la

acidificación de los océanos es ahora una prioridad y es uno de los objetivos del Plan de Desarrollo Sostenible de la ONU para el año 2030, acuerdo climático que ha sido ratificado por el gobierno de Chile.

Durante los últimos años, la comunidad científica ha sido muy activa en torno a este tema, realizando variados experimentos, donde los organismos marinos son expuestos a niveles de pH o CO₂ que podrían llegar a observarse en un futuro cercano. De esta forma, se ha logrado un consenso inequívoco de que si seguimos emitiendo CO₂ a la misma velocidad, la acidificación del océano podría afectar significativamente a muchas especies marinas, ecosistemas, y los servicios que nos proporcionan (e.g. pesca y acuicultura), y de los que dependemos. Sin embargo, en este esfuerzo, los científicos muchas veces se encuentran con resultados aparentemente contradictorios.

A propósito de este tema, el Dr. Cristián Vargas; director del Núcleo Milenio MUSELS de la Universidad de Concepción e investigador asociado del Instituto Milenio de Oceanografía asegura: “Hemos estado estudiando el impacto de la acidificación del océano durante muchos años. Me sorprendió el hecho de que al hacer el mismo experimento sobre diferentes poblaciones de una misma especie de caracol o mitílido (choritos), se pudiera llegar a resultados tan contrastantes”. Para estudiar y resolver esta problemática, se reunió a un equipo de científicos de diferentes instituciones

en Chile (Universidad Santo Tomás, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Andrés Bello, Universidad de Antofagasta y el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas-CEAZA-) e instituciones europeas de Reino Unido y Suecia.

“En ese momento, los estándares en el campo de la acidificación de los océanos recomendaban usar la misma concentración de CO_2 para todos nuestros experimentos, basado en potenciales escenarios para el océano abierto para 50 o 100 años más. Sin embargo, se descuidaba el hecho de que animales que viven en diferentes zonas costeras experimentan naturalmente diferentes niveles de CO_2 , y en muchos casos parecen estar adaptados a las condiciones ácidas de dichas zonas, condiciones que ya se observan en algunas localidades de la costa de Chile”, comenta el Dr. Vargas. El Dr. Sam, Dupont de la Universidad de Gotemburgo de Suecia, co-autor de este trabajo enfatiza la importancia de no descuidar los detalles de este estudio. “Probar con el mismo nivel de CO_2 en todo el mundo, sería lo mismo que mantener a los osos Grizzly y Polar a la misma temperatura y esperar que respondan de la misma manera”.

“En consecuencia, al utilizar estos escenarios experimentales de cambio para el océano abierto, un gran conjunto de estudios publicados realizados con especies marinas costeras, podrían haber subestimado significativamente el impacto de la acidificación de los océanos en los organismos marinos”, afirma el Dr. Cristián Vargas.

En este nuevo artículo publicado en Nature Ecology and Evolution, se midió la variabilidad natural del CO₂ a lo largo de la costa de Chile y de las áreas geográficas desde las cuales todas las especies fueron recolectadas para experimentación, de forma de calcular un índice que permite conocer cuáles son las condiciones actuales donde viven los animales y de este modo a cuánto estarían expuestos en el futuro con las emisiones de CO₂ proyectadas. Lo interesante, es que éste índice es capaz de conciliar los resultados aparentemente contradictorios. “En cierto modo, es bastante sencillo: cuanto más los animales se alejan de las condiciones ambientales que conocen, más se estresan y se ven afectados negativamente”, concluye el científico.

Este nuevo enfoque permitirá utilizar de forma más eficiente, la creciente cantidad de datos sobre los cambios químicos que están ocurriendo en nuestros océanos (pH o CO₂), y las proyecciones que son utilizadas para inferir sobre los impactos en los ecosistemas marinos. De esta forma podremos trabajar hacia una mejor administración de los recursos marinos y estar mejor preparados para los cambios que están ocurriendo en nuestros océanos.

Fuente: Chile Científico - <http://chilecientifico.com/como-la-acidificacion-de-los-oceanos-afectara-a-organismos-marinos/>

Responde:

1. *¿Cuál es la relación entre la quema de combustibles fósiles y la acidificación del mar?*

2. *Menciona los principales efectos en el mar por el aumento de emisiones de dióxido de carbono?*

3. *¿Cómo influye la industria acuícola en el incremento de CO_2 ?*

4. *¿El derretimiento de los glaciares modifica la química de los océanos? ¿Crees que afectaría (positiva o negativamente) a la acidificación de los océanos?*

5. *¿Cuál es la importancia de estudiar científicamente la acidificación de los ecosistemas costeros?*

b. Oxígeno (O_2)

La concentración del oxígeno disuelto en las capas subsuperficiales del mar es controlada fundamentalmente por el movimiento de las masas de aguas en periodos de tiempo muy prolongados. Por otro lado, las concentraciones de oxígeno en la interfase oceano-atmósfera ocurren a escalas mucho más rápidas.

Verticalmente, el contenido máximo de oxígeno disuelto se encuentra en las capas superficiales y ello tiende a decrecer conforme aumenta la profundidad (figura 31).

La cantidad de oxígeno disuelto que podemos encontrar disuelto en agua de mar depende de:

- La temperatura y salinidad del agua.
- La fotosíntesis y la respiración de los organismos

La temperatura es el principal control de la cantidad de oxígeno que se puede encontrar disuelto en el agua. En una masa de agua con mayor temperatura, la concentración de oxígeno disminuye a medida que el gas se hace más soluble en el agua que le rodea y la atmósfera. A menor temperatura mayores cantidades del gas se pueden mantener disueltas en la misma masa de agua por más tiempo. De forma similar, aguas de mayor salinidad contienen menos oxígeno disuelto y viceversa.

Las mayores niveles de radiación del planeta ocurren en la superficie del mar en zona ecuatorial (figura 1).y en esta región ocurren las mayores temperaturas y salinidades del oceano a nivel global

(figura 1). La alta temperatura hace que disminuya la solubilidad del oxígeno y por lo tanto su concentración en el agua de mar.

En las zonas polares, las que reciben menores niveles de radiación, la temperatura superficial del mar es muy baja, lo que favorece la disolución y mayor concentración del oxígeno en el agua de mar. El oxígeno suministrado por la atmósfera y la fotosíntesis mantienen la concentración de oxígeno disuelto en el mar cerca de la saturación, con valores de 5 a 7 ml/L. En el sureste del océano Pacífico tropical, frente a las costas de América Central y Sudamérica, ocurren muy bajas concentraciones de oxígeno, observándose valores inferiores a 0.5 ml/L en la zona de mínimo oxígeno, mientras que las aguas polares saturadas pueden contener más de 10 ml/L.

Concentraciones de oxígeno disuelto de 2 a 8 ml/L son comunes en el océano y cambian debido a la actividad biológica, particularmente en la zona fótica. La concentración de oxígeno puede aumentar debido a la actividad fotosintética de las algas y o disminuir producto de la respiración vegetal o el metabolismo de estos y otros organismos.

La tasa de intercambio gaseoso que ocurre en la interfase océano-atmósfera depende de la presión del gas tanto en la atmósfera como en el océano. Es común que en eventos de disminución del oxígeno disuelto en capas subsuperficiales, como por ejemplo ocurre en las instalaciones acuícolas, la tasa de intercambio desde la atmósfera al agua es demasiado baja como para poder restablecer el equilibrio gaseoso. Cabe destacar que el exceso de oxígeno en el agua es tan perjudicial como su falta.

Concentraciones de oxígeno por debajo de los 3 ml/L son toleradas por organismos como moluscos y crustáceos, por ejemplo bivalvos y cangrejos, pero no por peces.

En concentraciones de 5 ml/L, casi todos los organismos pueden sobrevivir indefinidamente, considerando que los otros parámetros ambientales estén dentro de los límites tolerables.

Por otra parte, existen zonas aisladas con baja circulación y grandes aportes de materia orgánica, donde el oxígeno disuelto en el agua disminuye fuertemente producto de la respiración local, llegando incluso a una condición de anoxia (sin oxígeno) en el agua. Esto impide el desarrollo de la vida de organismos marinos que requieren de este gas para sus procesos vitales.

Casi todas las zonas de surgencia, son pobres en oxígeno debido a que emerge la capa profunda fría, alta en materia orgánica y pobre en dicho gas, producto de la descomposición de la materia orgánica y la imposibilidad de intercambiar oxígeno con la atmósfera.

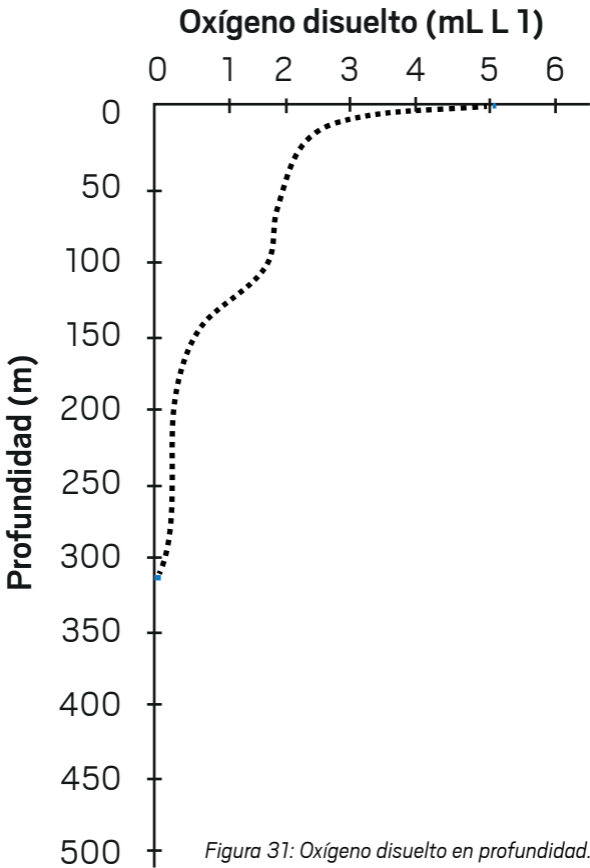


Figura 31: Oxígeno disuelto en profundidad.

iii. Instrumentos de medición de parámetros ambientales (o bioparámetros) oceanográficos

Existe una amplia gama de instrumentos con los cuales se pueden registrar los parámetros ambientales relevantes para las operaciones de acuicultura, o en general para las actividades asociadas al mar. En el pasado la mayoría de los instrumentos, muchos de los cuales aún ocupamos, están basados en el cambio de las propiedades de uno o varios elementos con el fin de registrar cambios. Por ejemplo los termómetros utilizan la expansión térmica del volumen ocupado por un elemento específico, por ejemplo el mercurio, para estimar la temperatura del agua u otro cuerpo. Muchos de los instrumentos de medición modernos aprovechan los cambios en la transmisión de la luz o del sonido que ocurren al variar algún parámetro de interés. Por ejemplo la temperatura, la turbidez o las corrientes. Mas abajo se enumeran y se describen algunos instrumentos que pueden ser utilizados en las labores acuicolas o pesqueras con el fin de cuantificar diversos parámetros ambientales.

CTD: Comúnmente conocido por sus siglas en en inglés (Conductividad, Temperatura y Profundidad), estos instrumentos son quizás la herramienta más básica para determinar las propiedades básicas del agua de mar.

ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler): Estos instrumentos miden la velocidad y dirección de las corrientes utilizando la desviación de una onda de sonido desde que es proyectada hacia la columna de agua y que regresa al instrumento. Esta desviación se conoce como el “efecto Doppler”; un forma común de ilustrarlo

es la diferencia de frecuencia en las sirenas, por ejemplo de las ambulancias, a medida que se acerca y se alejan.

Logger de temperatura (T), Salinidad y/o TS: La palabra “log” en inglés quiere decir bitácora, por lo tanto un “logger” es un instrumento que guarda una bitácora de la variable de interés, en este caso la temperatura, la salinidad o las dos en conjunto (existen para otras variables). Son muy útiles ya que los loggers tienen un microcomputador donde se pueden programar instrucciones, por ejemplo, de la frecuencia con que se quiere registrar el parámetros (cada 10', 1 hr, etc) en la memoria interna.

Disco Secchi: Es un pequeño disco plano de 20 cm de diametro dividido en cuartos que están pintados blanco y negro de forma alternada. Este instrumento es bajado con una cuerda por la columna de agua y permite estimar con precisión la transparencia del agua y una profundidad (la profundidad de Secchi), donde la luz visible se extingue ya que el disco deja de ser visible.

Botellas de Nansen y Niskin: Son botellas de materiales inertes que permiten obtener muestras de agua a profundidades específicas y de esta manera estudiar las propiedades y composición del agua de mar lejos de la superficie.

Correntómetros: Al igual que el ADCP descrito más arriba, los correntómetros miden la velocidad y dirección de las corrientes. Estos instrumentos son similares a una veleta, por lo tanto tienen partes móviles que están sujetas a desgaste y actualmente se favorece el uso de los ADCP en el mar. También son utilizados para medir flujo de agua ya que permiten estimar la cantidad

de agua que ha pasado por un lugar específico, por ejemplo una toma de agua.

Mareógrafos: son estaciones donde se mide el desplazamiento vertical de la columna de agua en lugares donde se ha determinado la altura de forma precisa, por ejemplo muelles. De esta manera, los mareografos miden el nivel del mar en una localidad específica y son muy importantes para mejorar los calculos de las mareas, la navegación y la ingeniería costera, así como sensores remotos

Satélites: Plataformas que se encuentran en el espacio y transportan los equipos-sensores para captar y transmitir imágenes a distancia. Los beneficios son la cobertura del total de los océanos, permitiendo la obtención de datos en zonas remotas del planeta. Las agencias espaciales internacionales proveen gran parte de los datos de forma inmediata y gratuita, lo que popularizado enormemente su uso público. Los satélites tienen varias limitaciones, ya que la penetración de los sensores en el océano es muy limitada, obteniéndose datos de la capa superficial. Además, algunos sensores no son capaces de penetrar las nubes, por lo que en días nublados no se pueden obtener datos de la superficie marina.

Actividad

Medición del oxígeno disuelto (OD), temperatura (T°) y salinidad/conductividad con un Multi parámetro.

I. Preparando la medición

- 1. Reúnete con 3 compañeros y forma un equipo de trabajo.*
- 2. Designar a un compañero a cargo del instrumento de medición, otro compañero se hará cargo de registrar los datos y el tercero de comunicar los resultados.*
- 3. Con ayuda del profesor o profesora deben tomar una muestra de agua en dos estanques.*

II. Calibración del Multi parámetro

- 1. Apoyado de su profesor o profesora usted aprenderá a calibrar el equipo y luego medirá las variables con mayor precisión en sus muestras con el equipo especializado.*

Describe el proceso de calibración

III. Medición con el Multi parámetro

1. Medirá las variables temperatura, salinidad/conductividad y oxígeno disuelto.
2. No olvide registrar en su bitácora la hora y el lugar en que colecta el agua y medirá los parámetros.

Nº Muestra	Hora/Fecha	Lugar	Tº	Salinidad	OD
1.					
2.					

3. También mida la temperatura con el data logger y anote los datos en su bitácora.

Nº Muestra	Hora/Fecha	Lugar	Tº
1.			
2.			

V. Análisis y conclusiones.

1. ¿Los resultados de temperatura, salinidad/conductividad y oxígeno disuelto fueron los esperados?

2. ¿Cuál es la relación entre el oxígeno disuelto y la temperatura?

3. ¿Cuál es la relación entre el oxígeno disuelto y la salinidad?

4. ¿Cómo la actividad biológica de la zona fótica afectaría a la cantidad de OD en el océano?

5. *¿Por qué se provoca una diferencia significativa de OD entre las zonas del mar cercanas al ecuador y las zonas del mar cercanas a los polos? Explica con fundamento teórico.*

6. *¿Cómo afectaría en el cultivo de ostiones una modificación del OD en los estanques? Fundamenta.*

c. Procesos biológicos y la vida marina

Activación de contenidos

Sabías que en zonas de total oscuridad del océano se han encontrado especies que producen su propia luz por bioluminiscencia.

Habiendo conocido como los procesos físicos y químicos impactan los océanos, desde la forma de sus cuencas (figura 14 y 15), hasta la composición del agua de mar (figura 23), es clave conocer los organismos que habitan en el mar, su distribución, las formas de adaptación para vivir en determinadas zonas del ecosistema marino y como la vida marina también modifica los océanos.

Los ecosistemas marinos son extensas regiones de los océanos que se caracterizan por su batimetría, hidrografía, productividad y las distintas especies que conforman sus cadenas tróficas. De acuerdo a lo visto anteriormente, cada subdivisión del ecosistema marino posee características ambientales únicas (variables físico-químicas específicas), las que albergan distintos tipos de organismos (figura 32).

Averigua

¿Qué es la bioluminiscencia?

¿Cómo crees tú que estos organismos se adaptaron a su hábitat?

¿Las especies del fondo marino pueden verse afectadas por el cambio climático? Justifica tu respuesta.

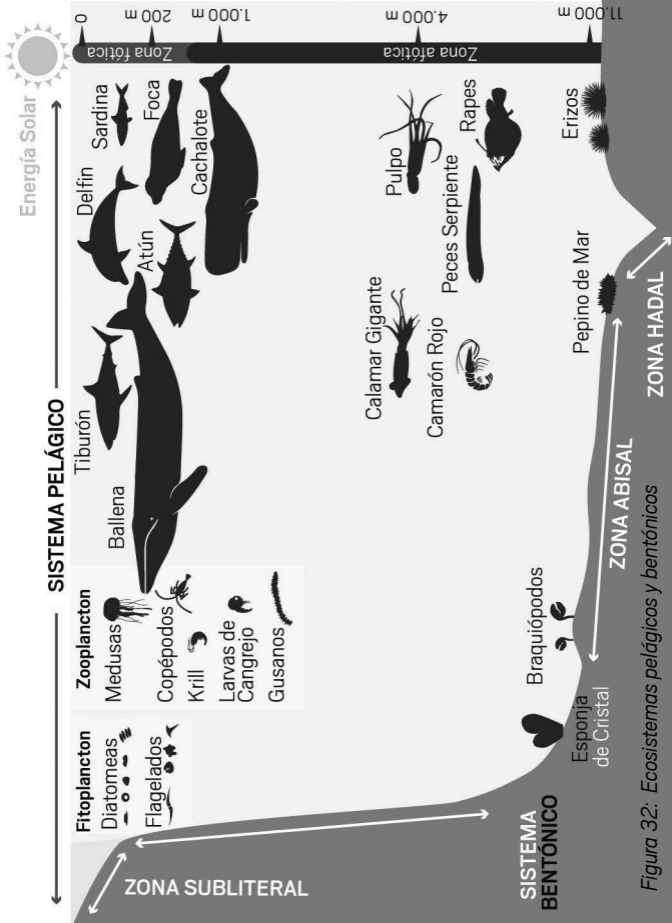


Figura 32: Ecosistemas pelágicos y bentónicos

i. Ecosistemas marinos

Los organismos marinos se pueden clasificar de manera muy general en aquellos grupos que viven en la columna de agua y los que viven y se alimentan en los fondos marinos. En este sentido, los primeros se distribuyen en la zona pelágica, mientras que los últimos en la zona bentónica.

La zona pelágica: se define como la columna de agua marina, en general más allá del borde de la plataforma continental,.

La zona bentónica: se define como el fondo marino desde la zona litoral hasta el suelo marino a las más altas profundidades.

La figura 22 muestra las principales subdivisiones o zonas del ecosistema marino en donde habitan diversos tipos de organismos:

Organismos pelágicos

2. Organismos pelágicos

Los organismos pelágicos son todos aquellos que viven flotando en la columna de agua y están muy poco asociados a los fondos marinos. Así, las diferentes especies se distribuyen en la zona superficial y más iluminada del océano o zona fótica (hasta 200 m de profundidad).

Entre los organismos pelágicos se distinguen dos categorías el plánton y el nécton , los primeros son arrastrados pasivamente por las aguas debido a que se encuentran flotando en ellas. Aún cuando existen algunos organismos que presentan débiles

estructuras para su locomoción, resultan insuficientes para oponerse a la acción de vientos, olas y corrientes. Por otra parte, están los organismos que componen el nécton, que si poseen adaptaciones adecuadas para nadar y desplazarse autónomamente en la columna de agua.

a. Pláncton

Este grupo de organismos representa tanto a vegetales y animales que viven flotando en la columna de agua, de tamaño muy pequeño e incluso microscópicos. Las especies vegetales son parte del fitoplancton, mientras que las especies animales son parte del zooplancton.

b. Nécton

Este grupo de organismos representa especies de mayor tamaño que poseen estructuras natatorias que les permiten movilizarse a favor o en contra de las corrientes. Estos organismos corresponden a tortugas marinas, peces, tiburones, cetáceos y cefalópodos, entre otros.

Actividad: Has un listado de las especies marinas que habitan tu localidad y clasifícalas (X) en la siguiente tabla:

<i>Especies marinas</i>		<i>Plácton</i>	<i>Nécton</i>
<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>		

3. Organismos bentónicos

Los organismos bentónicos son todos aquellos que viven asociados al fondo marino, ya sea enterrados, semienterrados, fijos, con baja movilidad o bien, alimentándose y refugiándose en este ambiente. Estos se distribuyen desde la zona intermareal, a través de la plataforma continental, hasta los fondos abisales en lo más profundo del océano. Es decir, que se pueden encontrar este tipo de organismos en todas las profundidades, siempre asociados al fondo marino (figura 33).

Las comunidades bentónicas generalmente se agrupan de acuerdo a su afinidad con el tipo de sustrato (roca, arena,

fango) y a la profundidad en la que se encuentran. La mayoría de las especies bentónicas tienen escasa o reducida capacidad de natación, por lo que muchas de estas poseen estructuras asociadas a la vida en el bentos, tales como las conchas.

Dentro de los grupos de especies marinas que habitan el bentos podemos distinguir dos categorías: (1) los móviles y los (2) sésiles o inmóviles. Los primeros tienen escasa movilidad, muy lenta y recorren cortas distancias en el tiempo, mientras que los inmóviles permanecen en el mismo lugar toda su vida (figura 38).

a. Organismos móviles

Son las especies que viven sobre el sustrato, por ejemplo equinodermos como erizos y estrellas, crustáceos como jaibas, camarones y langostinos, moluscos como almejas, ostiones, caracoles y locos, entre muchas otras especies que viven fuertemente asociadas al fondo marino como los peces bentónicos. Gracias a la movilidad, los organismos de cada grupo de especies poseen sus propias adaptaciones para alimentarse en la zona bentónica.

b. Organismos sésiles

Son las especies que crecen fijadas, adheridas, enterradas o arraigadas al sustrato, por ejemplo: algas, esponjas, corales, briozoos, cirrípedos, y algunos moluscos como ostras, machas y choritos, entre otros. Estar adheridas al sustrato no les impide alimentarse, ya que habitan lugares donde la acción de las corrientes marinas, que transportan partículas de materia orgánica y plancton, les permite capturar para alimentarse.

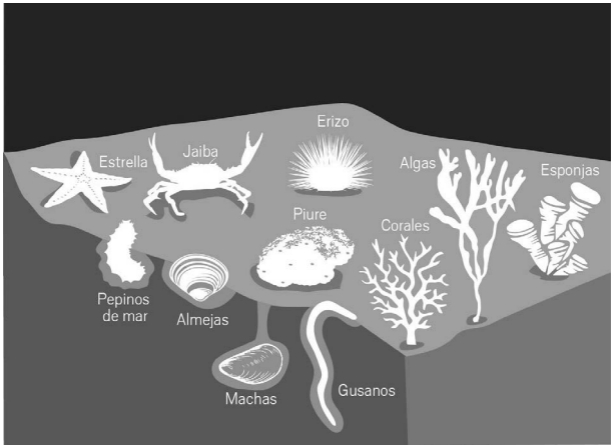


Figura 33: Organismos sésiles y móviles que viven en la zona bentónica

Tanto las especies sésiles como las móviles se reproducen lanzando sus gametos hacia el medio marino donde el movimiento del agua permite el encuentro de óvulos y espermatozoides produciéndose así la fecundación. Una vez que el embrión comienza su etapa larval, muchas veces la larva sube a la superficie donde forma parte del zooplancton y se alimenta de organismos más pequeños como microalgas o bacterias. Esta etapa también puede ocurrir asociada al fondo marino. Al comenzar la etapa de juvenil, todas las larvas se desarrollan en la zona bentónica donde comienza a desarrollarse el resto del ciclo de vida como adultos bentónicos (figura 34).

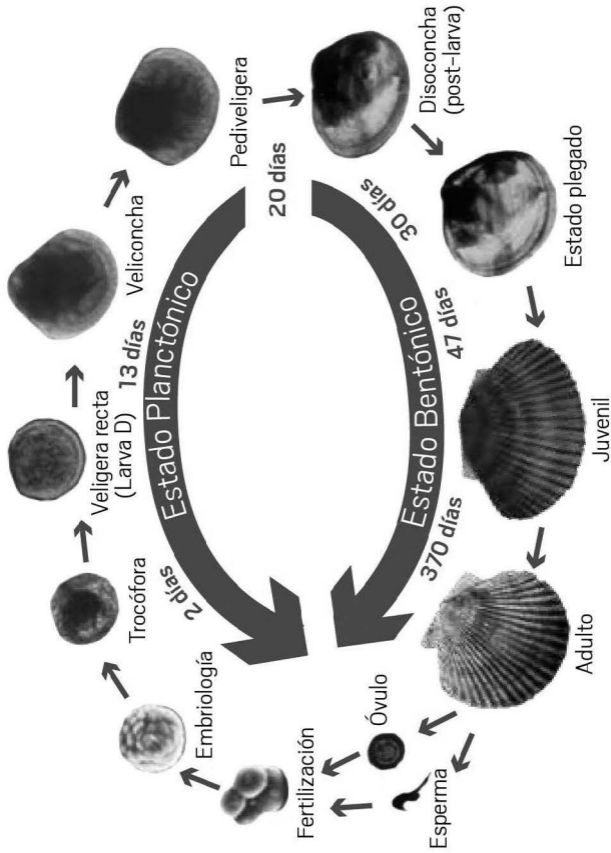


Figura 34: Ciclo de vida de un ostión en su ecosistema natural.

Actividad: Ciclo de vida el Ostión del Norte bajo cultivo

Introducción.

*El ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), se distribuye de forma natural desde el norte de Perú hasta V región de nuestro país. La alta demanda comercial por esta especie produjo la sobreexplotación de los bancos naturales entre los años 1980-1990 y la autoridad se vio forzada a restringir la extracción e imponer medidas de manejo sobre el recurso, existente. Si bien los bancos naturales aún no se recuperan del impacto que produjo la pesquería, un aspecto positivo fué que la restricción a la extracción desde los bancos naturales impulsó el desarrollo del cultivo comercial del ostión.*

En la actualidad, la III y IV son los principales productores de esta especie, tanto en el mar y como en hatcheries.

1. Describe las 3 etapas principales del cultivo de ostión. Debes indicar los métodos, unidades de cultivo, densidad y talla de individuos, procesos y duración de cada etapa.

a. captación de semillas de ostiones:

b. cultivo intermedio:

c. cultivo final:

d. Elabora un esquema de la secuencia productiva del Ostión del Norte.

2. ¿Cuál es la talla de cosecha? Explica según la normativa

3. Describe los aspectos oceanográficos y ambientales que influyen en el desarrollo y viabilidad del cultivo.

a. corrientes costeras:

b. oxígeno disuelto:

c. temperatura:

d. Salinidad:

e. Nutrientes:

Participación de los organismos marinos en ciclos de los nutrientes

El ciclo de nutrientes es el movimiento e intercambio de materia orgánica e inorgánica en la producción de materia viva a través de las cadenas tróficas. Organismos como equinodermos, gusanos, hongos y bacterias, juegan un rol fundamental en el ciclo de nutrientes en los océanos, puesto que actúan descomponiendo restos de animales y vegetales, convirtiéndolos en materia orgánica e inorgánica (figura 35).



Figura 35: Descomposición de materia orgánica; Inicio del ciclo del nitrógeno en el mar. Foto: Internet.

En el proceso de degradación y recirculación de los nutrientes y otros elementos participan diferentes organismos y procesos físicos y químicos, por lo que se les agrupa bajo el nombre de ciclos biogeoquímicos. Uno de los nutrientes más importantes

en las cadenas tróficas, tanto en la tierra como en el mar, es el nitrógeno. Desde las bacterias hasta las ballenas deben usar el nitrógeno ya que es uno de los componentes principales de las proteínas y los ácidos nucleicos. A su vez, el nitrógeno también es utilizado por varias especies de microorganismos que ocupan sus distintas formas moleculares, como el ion amonio (NH_4^+) o los iones nitrito (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-), como fuente de energía (figura 36).

El proceso de nitrificación es donde la forma inorgánica del nitrógeno (N_2) es convertida a formas que otros seres vivos pueden aprovechar. La reducción del proceso de nitrificación implica una menor disponibilidad de nitrógeno para los productores primarios como algas, fitoplancton y otros organismos que los usan para producir proteínas en la base de las tramas tróficas. Por este motivo la nitrificación bacteriana es vital para la vida.

De la misma manera, el carbono inorgánico se incorpora a los ciclos biológicos marinos mediante la fotosíntesis, donde las plantas captan el CO_2 disuelto en la columna de agua y utilizando la energía solar lo convierten en carbohidratos. Al igual que el caso del nitrógeno, los carbohidratos, y otras moléculas producidas por las plantas, son la base de casi todas las cadenas tróficas marinas.

De esta forma, los ciclos biogeoquímicos hacen que el nitrógeno, el carbono y otros elementos sean disponibilizados para la vida marina, utilizados por esta y eventualmente enterrados en el fondo marino para ser incorporados en la corteza terrestre.



Figura 36: Ciclo del Nitrógeno.

Actividad: Ciclo del nitrógeno.

Recién aprendimos la importancia de los ciclos biogeoquímicos en la existencia de vida en los ecosistemas marinos. El ciclo del nitrógeno tiene un rol fundamental en la disponibilidad de nutrientes para los organismos en la base de las cadenas tróficas y es un factor limitante para el crecimiento de plantas terrestres y marinas. De esta forma, modificaciones en la disponibilidad de nitrógeno tendrían un gran impacto en la vida en los océanos.

La actividad humana está generando cambios en el ciclo del nitrógeno. Existen muchas investigaciones científicas que indican un aumento histórico en los niveles de nitrógeno en aguas superficiales como consecuencia de la quema de combustible fósiles, el uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, los residuos generados de la ganadería y los grandes cultivos de plantas fijadoras de N, entre otros. Esta intensificación antrópica del ciclo del nitrógeno ha generado impactos negativos en la biosfera, contribuyendo al efecto invernadero, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la acidificación de los océanos.

Responde:

1. Averigua cuál es el porcentaje de N existente en las distintas capas de la tierra.

Atmosfera: _____

Litosfera: _____

Hidrosfera: _____

2. *¿Qué consecuencia tendría para el ciclo del nitrógeno la ausencia de bacterias nitrificantes?*

3. *Explica con tus palabras la importancia del ciclo del N en los océanos*

4. *¿Cuáles son los efectos de la industria acuícola en el ciclo del nitrógeno?*

5. *Si fueras un tomador de decisión en tu país. ¿Qué tipo de medidas implementarías para disminuir la cantidad de Nitrógeno generado por actividades humanas?*

Capítulo III:

Adaptación al Cambio Climático en la Pesca y la Acuicultura

Actividad: Mitigación y Adaptación al cambio climático

¿Qué es la mitigación y adaptación al cambio climático?

Con la finalidad de combatir los efectos adversos del cambio climático se deben tomar medidas de mitigación y adaptación. La mitigación corresponde a implementar acciones que permitan reducir, eliminar y/o limitar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y potenciar los sumideros de GEI para aumentar la capacidad de absorción de estos gases. Por otro lado, la adaptación se refiere a las medidas que moderan y/o evitan los daños producidos por el cambio climático, así también, tomar provecho de los eventos positivos.

Fuente: IPCC, 2014.

Según lo mencionado, completa el cuadro con medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en la acuicultura.

<i>Mitigación</i>	<i>Adaptación</i>
1.	1.
2.	2.
3.	3.

Para entender y prepararnos a los cambios que experimentará nuestro planeta en el futuro, los científicos han generado una serie de escenarios climáticos que consisten en los cambios más importantes y que ocurrirían de forma conjunta. Estos escenarios se han construido de manera que la sociedad se pueda enfocar en adaptarse y mitigar los eventos de los que se tiene mayor certeza respecto a su ocurrencia. A continuación se describen los más relevantes para el sistema marino de nuestra parte del planeta, todos los cuales hemos revisado en los capítulos anteriores.

a. Cambios en procesos oceanográficos:

No conocemos con exactitud como el cambio climático va a afectar muchos procesos oceanográficos claves para la acuicultura, en particular en las costas de Chile las cuales han sido relativamente poco estudiadas. Pero existe información científica

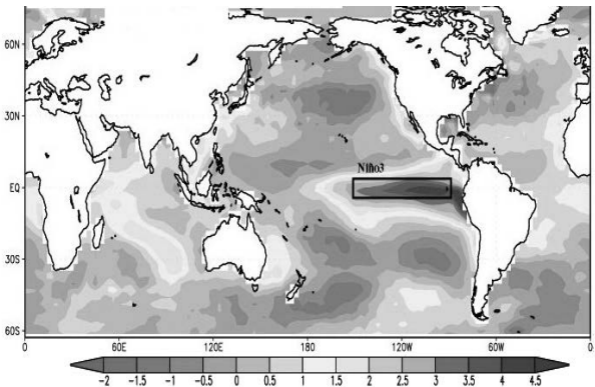
básica que nos permite establecer algunos lineamientos para que nos podamos adaptar en el futuro. Por esto es muy importante entender de qué se tratan los cambios que están ocurriendo en los procesos oceanográficos claves y documentar cuáles son sus patrones de variación, por ejemplo, estacionales en las áreas donde se desarrolla la acuicultura. De esta manera, conociendo la forma cómo se producen los cambios de los parámetros ambientales es que podremos reconocer y enfrentar eventos anómalos o extremos de mejor manera. En Chile centro-norte, es importante entender dos procesos en particular:

i. La surgencia:

es un proceso de circulación que involucra al océano y la atmósfera. En términos generales, el viento que sopla sobre la superficie de los océanos impulsa el agua en el sentido en que se desplaza, por ejemplo desde el sur hacia el norte. Cuando esta masa de agua desplazada por el viento es desviada de su trayectoria lineal por la rotación de la tierra, este desplazamiento lateral, o divergencia, transporta hacia arriba la masa de agua que se encuentra debajo, fuera de la acción del viento. A lo largo de Chile centro-norte, el viento proveniente del sur impulsa el agua superficial hacia el norte. La rotación de la tierra hace que esta agua gire hacia el oeste, alejándose de la costa, y sea reemplazadas por la surgencia de aguas frías que se encuentran bajo la superficie, en el borde del continente (figuras 10 y 11). Este proceso es de enorme importancia para la producción acuícola, ya que estas aguas son muy ricas en nutrientes, contribuyendo a mantener una alta productividad biológica, pero también son pobres en oxígeno y de bajo pH. Los organismos marinos nativos de nuestras costas están adaptados a estas condiciones

extremas, pero muchas veces las propiedades físico-químicas de estas aguas pueden producir mortandades, particularmente en individuos juveniles, o reducciones en la producción. Las predicciones de cambio climático para nuestras costas sugieren que la surgencia podría intensificarse hacia mediados de siglo. Esta intensificación involucraría episodios de viento favorable a la surgencia ("surazos") de mayor intensidad y durante periodos más prolongados como los observados el año 2017 en la Bahía de Tongoy.

ii. El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS):



Se refiere a un evento climático que también se produce por la interacción entre la atmósfera y el océano, pero en la zona ecuatorial del Pacífico. Este fenómeno se produce por

cambios en los vientos que constantemente soplan de este a oeste alrededor del océano Pacífico Ecuatorial. Los vientos alisios soplan de forma constante, empujando las cálidas aguas ecuatoriales hacia el oeste, lo que mantiene un gradiente de temperatura horizontal y vertical a lo ancho del océano Pacífico tropical. Este gradiente significa que el agua cálida en el lado oeste del Pacífico tiene mayores temperaturas y se encuentra hasta mayores profundidades que en la costa ecuatorial de América, en el este del océano Pacífico (figura 8). En su fase positiva (Niño), el ENOS implica la presencia de aguas cálidas en la costa de América, lo que involucra mayores precipitaciones y muchas veces grandes tormentas. Su fase negativa (Niña), involucra lo opuesto. En el océano el Niño tiende a reducir la surgencia de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes, por lo que se han documentado efectos negativos en las tramas tróficas pelágicas, sin embargo sus efectos en los ecosistemas costeros en el norte de Chile suelen implicar un mejor suministro de larvas de especies de importancia acuícola, como el Ostión del Norte. En el caso de la Niña, se han observado efectos negativos debido a que las condiciones frías en el mar estimulan los vientos favorables a la surgencia generando condiciones de bajo oxígeno y bajo pH. Dado que el ENOS es un fenómeno que en la actualidad es muy difícil de predecir con certeza, las respecto a su evolución en el futuro son aún muy inciertas.

b. Cambio climático y adaptación

En el futuro cercano, es decir hacia mediados del siglo XXI, se espera que las consecuencias del cambio climático tengan manifestaciones en muchos fenómenos marinos de importancia para la acuicultura y todos los procesos descritos en este texto se

verán afectados en mayor o menor grado. La mayor dificultad para la adaptación es que casi todos estos cambios son muy sutiles, por ejemplo el planeta está menos de un grado Celsius más caliente que el registro de los últimos 136 años. Sin embargo, ese aumento no tiene remedio en el largo plazo, es a nivel global y altera el delicado equilibrio en que ocurren los procesos biológicos y los ciclos biogeoquímicos vitales para la vida. A continuación, detallamos cuatro procesos de especial importancia para la acuicultura en las costas de Chile.

i. Acidificación: Debido a la quema de biomasa y combustibles fósiles, las actividades del humano han emitido hacia la atmósfera una enorme cantidad de CO_2 que antes se encontraba almacenado en la vegetación (madera en bosques) o en reservas geológicas (carbón, petróleo, etc). El exceso de CO_2 en la atmósfera, conocido por contribuir al aumento de la temperatura global mediante su efecto radiativo (figura 1), se está disolviendo paulatinamente en los océanos del mundo. Este exceso de CO_2 altera el equilibrio químico del agua de mar generando un exceso de protones lo que se traduce en una muy reducción del pH desde condiciones neutrales o levemente alcalinas, a una levemente ácida (figura 30). Este es un proceso que ya ha comenzado en algunos lugares del mundo y que se intensificará mientras no disminuyan las concentraciones de CO_2 en la atmósfera. Una cantidad enorme de procesos biológicos depende del pH y para la acuicultura esto es muy importante ya que muchos de los organismos bajo cultivo son calcificadores, es decir forman sus esqueletos o conchas depositando el CaCO_3 que se encuentra naturalmente disuelto en el agua. Un pH reducido dificulta este proceso químico ya que la calcificación requiere más energía, lo

cual resulta especialmente complejo para las larvas microscópicas que recién depositan su concha y no cuentan con las reservas energéticas para enfrentar condiciones corrosivas. Se espera que la acidificación de los océanos continúe durante todo el siglo XXI y las únicas soluciones propuestas a la fecha consisten en implementar medidas que disminuyan las emisiones de CO₂.

ii. Desoxigenación: el aumento en la temperatura de la atmósfera a nivel global, debido al efecto radiativo del exceso de CO₂, también ha calentado los océanos del mundo. Debido a que la solubilidad del oxígeno disminuye con el aumento de la temperatura, el pequeño aumento de la temperatura trae asociado una disminución de la cantidad de oxígeno en el agua. Otros factores asociados al cambio climático, como el aumento de la estratificación de las aguas también podrían conducir a una expansión de las aguas subsuperficiales con bajo contenido de oxígeno, como las aguas características de la surgencia costera en Chile. La desoxigenación se puede ver intensificada a escala local por un aumento de los nutrientes y los minerales. Esto es más frecuente en zonas protegidas, como las áreas en que generalmente se desarrollan los cultivos acuícolas. El exceso de nutrientes que puede provocar la actividad acuícola sin un manejo apropiado puede provocar la eutroficación de extensos sectores, especialmente en lagos o lugares con débil circulación. Este fenómeno consiste en la proliferación masiva de microalgas de rápido crecimiento, algunas veces tóxicas, las que agotan el oxígeno del agua, sombrean a otras algas e impiden la actividad de otras especies.

Actividad: Cambios proyectados en la desoxigenación

MODELOS GLOBALES

“Los modelos globales generalmente coinciden en que está ocurriendo la desoxigenación oceánica; este hallazgo también se refleja en las observaciones in situ de los últimos 50 años. Las compilaciones de 10 modelos del Sistema Tierra predicen una pérdida promedio global de oxígeno de -3.5% (escenario más alto, RCP8.5) a -2.4% (escenario más bajo, RCP4.5) para el 2100, pero se observarán pérdidas mucho más fuertes a nivel regional, en el intermedio y aguas cercanas a la costa.

En las muchas áreas donde el oxígeno está disminuyendo, la alta variabilidad natural dificulta la identificación de las tendencias antropogénicamente forzadas.”

Recuperado de <https://science2017.globalchange.gov>

Responde:

1. Menciona los cambios proyectados para la desoxigenación al 2100 a nivel global

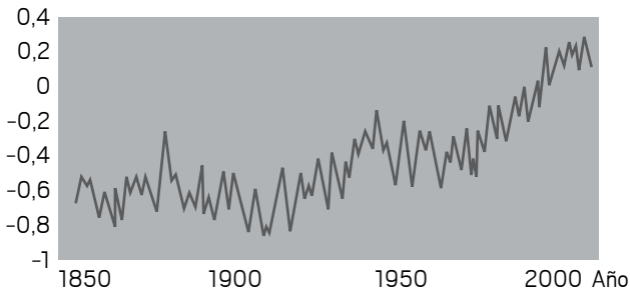
2. *¿En qué áreas del océano se intensificará la disminución de oxígeno?*

3. *¿Cuál es la principal causa de la desoxigenación de los océanos? Identifica sus principales efectos en la industria acuícola.*

4. *¿Qué medidas de mitigación y adaptación tomarías para aminorar los daños provocados por la falta de oxígeno en zonas de cultivos acuícolas?*

iii. Cambios en la temperatura: se ha mencionado extensamente que uno de los más claros efectos del cambio climático es un aumento en las temperaturas atmosféricas, algo que también se ha traducido en un aumento en la temperatura del mar. Los efectos de este aumento de la temperatura tendrán muchas manifestaciones, ya que la temperatura controla muchos procesos físicos y biológicos. Ya se discutió el que la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye con la temperatura, lo cual tiene un efecto negativo para la acuicultura. Otro efecto del aumento en la temperatura del mar es que está acelerando el colapso de los hielos en la Antártica, afectando de esta manera el nivel del mar y se espera que hacia fines del siglo XXI el nivel del mar en Chile aumente cerca de medio metro. Otro efecto importante es que el agua caliente es más liviana, por lo que tiende a flotar sobre aguas más fría y puede actuar como una “tapa” entre la superficie y el agua fría, impidiendo la mezcla entre ambas masas de agua. Este fenómeno se conoce como estratificación y globalmente se espera que contribuya al aumento de la desoxigenación del mar, al impedir la ventilación de las aguas más profundas, y a una reducción en el suministro de nutrientes desde las aguas profundas a la superficie, por lo tanto reduciendo la productividad. Es importante considerar que la estratificación no va a impedir el proceso de surgencia, si no que va a disminuir la eficiencia de la surgencia en transportar nutrientes desde las aguas frías subsuperficiales, hacia las aguas superficiales.

a) Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas.



b) Promedio global del cambio del nivel del mar

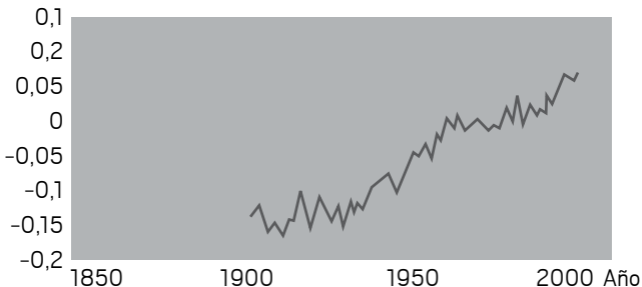


Figura 37: a. Aumento de temperaturas globales en tiempo. b. Aumento de la temperatura superficial del mar en el tiempo. Fuente: IPCC, 2015

iv. Marejadas: una de las predicciones menos conocidas respecto de los efectos del cambio climático es que los eventos extremos aumentarán en frecuencia y magnitud. Respecto a las marejadas en la costa de nuestro país, las proyecciones recientes indican que se espera un leve aumento en las magnitudes medias de las olas, pero no existe claridad respecto a su efecto sobre las olas más grandes. Este tipo de fenómenos son muy difíciles de predecir, pero hoy en día los pronósticos meteorológicos anticipan fenómenos extremos de esta naturaleza, lo cual permite planificar con anticipación las faenas en el mar e implementar medidas de contingencia apropiadas.

Actividad. Riesgo climático

Analiza el siguiente esquema que indica impactos – en secuencia – en el océano derivados del cambio climático. El papel del cambio climático puede ser importante (flecha continua) o menor (flecha discontinua).

Cambios en la circulación de los océanos y la atmósfera

Calentamiento de la superficie del océano

Retroceso del hielo marino del Ártico (muy alto / alto)

Mayor estratificación térmica (muy alto / muy alto)

Expansión de zonas hipóxicas (medio / bajo)

Cambios en la riqueza de las especies (alto / medio)

Mayor producción primaria en latitudes altas (medio / medio)

Mayor mortalidad y decoloración de corales (muy alto / alto)

Desplazamiento de las áreas de distribución de peces y macroalgas (alto / alto)

Cambios regionales en la abundancia de especies (alto / medio)

Impactos en especies abundantes que no son peces (alto / alto)

Cambios en los rendimientos de la pesca (bajo / bajo)

Fuente: IPCC, 2015

● Océano

● Impactos físicos

○ Impactos biológicos

○ Impactos en sistemas gestionados

Responde:

1. *¿Cuáles son los impactos que tienen menores consecuencias, en el ámbito biológico, si sube la temperatura superficial del océano?*

2. *¿Cuáles son los impactos más significativos, en el ámbito físico, si existen cambios en la circulación de los océanos?*

3. *¿Qué implicancias tendría en la acuicultura si hubiera mayor producción primaria en los ecosistemas marinos?*

4. ¿Qué medidas de adaptación tomarías – en base a los cultivos trabajados en tu liceo- para adecuarte a estas posibles condiciones futuras?

Glosario

Abisal(es): Perteneciente al espacio oceánico entre 4000 y 6000 metros de profundidad. Es una zona oscura donde la luz solar no llega.

Acuíferos: Aquellas formaciones geológicas en las cuales se encuentra agua y que son permeables permitiendo así el almacenamiento de agua en espacios subterráneos. Los acuíferos se forman naturalmente cuando la superficie terrestre absorbe el agua de lluvia.

Adversa: Condiciones negativas, desfavorables.

Altas y Bajas presiones: Para definir lo que es una masa de alta presión, primero se define qué se entiende por presión atmosférica. Es la presión que ejercen todos los gases mezclados en la atmósfera sobre la superficie del planeta. Se considera una presión atmosférica media, a nivel del mar un valor de 1013,25 hectoPascuales (hPa). En el océano, cada masa de aire tiene una

diferente presión; si ésta es más elevada que la que consideramos media la llamamos alta; y si está por debajo, decimos que es una baja presión. Las altas presiones también se llaman centros de altas presiones o anticiclones. Usualmente, el viento se desplaza desde zonas de altas a bajas presiones. Se puede decir que las altas presiones son una especie de ventiladores, porque “soplan viento”. Las masas de aire con bajas presiones reciben el nombre de centros de bajas presiones, también se denominan ciclones, depresiones o borrascas y son como aspiradoras, porque “aspiran el aire”. Dentro de cada centro de altas o bajas presiones, el aire gira formando remolinos. Así, en el hemisferio norte, en los anticiclones el aire gira siguiendo el sentido de las agujas del reloj y de dentro hacia afuera (movimiento centrífugo). En las borrascas lo hace al revés y de fuera hacia dentro (movimiento centrípeto).

Análogo: Similar, que representa la misma idea.

Aniones y Cationes: Partículas con carga (iones). Los aniones representan las partículas con carga negativa, y los más comunes en la naturaleza son el ión cloruro (Cl^-), fluoruro (F^-) y el sulfuro (S^{2-}) entre otros. Los cationes son las partículas con carga positiva, y los más conocidos son el Sodio (Na^+), el Potasio (K^+), y el Calcio (Ca^{2+}).

Anomalía: Diferencia entre el valor promedio de un elemento climático en un lugar dado y el valor instantáneo en el mismo lugar. El desvío del valor normal, tanto hacia arriba como hacia abajo puede ser una anomalía positiva o negativa, respectivamente.

Ascendente: Que sube, que va hacia lo alto.

Astenósfera: Zona superior del manto terrestre. Se ubica bajo la litósfera y por la composición de sus materiales permite el movimiento de los continentes, lo que se conoce como deriva continental.

Batimetría: Estudio de las profundidades marinas. Término análogo a la altimetría, en el aire. Los estudiosos de esta ciencia confeccionan mapas del fondo marino, conocidos como cartas batimétricas

Bentónica: Que habita, se ubica o ocurre en o cercano al fondo del océano. la zona bentónica se extiende desde el submareal hasta los lugares más profundos del océano.

Cadenas, tramas y niveles Tróficos: Las tramas tróficas son diagramas que sirven a los ecólogos para identificar las especies que interactúan en un mismo ecosistema. Las especies que se ubican superiormente pertenecen a un nivel trófico, y se alimentan sobre las inferiores. En la parte superior se ubican los predadores secundarios que se alimentan de predadores primarios. Ellos se alimentan de herbívoros, y ellos de los productores primarios como las plantas. Bajo las plantas se ubican los descomponedores: gusanos y hongos. Las cadenas tróficas conectan los distintos niveles con sus presas o predadores en un ambiente determinado.

Capilaridad: Propiedad de un fluido que permite desplazarse por un tubo muy fino sin adición de energía. Depende de su tensión superficial. En el agua, debido a su tensión superficial,

se observará una ascendencia, ergo su fuerza de adición (con el material externo) es mayor que su fuerza de cohesión (entre las moléculas del fluido). En el mercurio, al ser mas pesado se observa un movimiento descendente, por lo que su fuerza de cohesión es la más fuerte.

Ciclos Biogeoquímicos: Son aquellos ciclos de nutrientes, u otras sustancias que involucran la interacción de las distintas esferas del planeta: la biosfera, la litosfera, la atmósfera y la hidrósfera. Para que se lleve a cabo la transición de la sustancia a través del ciclo es necesaria la participación de la vida, por ello el primer prefijo -Bio-.

Ciclo Lunar: Se define el ciclo lunar diario como el tiempo que se demora la luna en dar una vuelta completa al globo, y dura exactamente 24 h con 50 min y 28 seg.

Columna de agua: Masa de agua que se ubica bajo la superficie y sobre el fondo. Puede considerarse una columna de agua al interior de un estanque, en el océano o en un lago.

Convección: Una de las tres formas de transferencia de calor. Las otras dos son radiación y conducción. Proceso a través del cual el calor se transfiere desde un fluido a otro por medio del movimiento de partículas.

Convergencia: Acción de juntarse en un punto o punto donde ocurre esto.

Contiguas: Que están una al lado de la otra. Adyacentes.

Corriente termohalina: Cinturón de grandes masas de agua que transmite energía calórica a lo largo de los océanos. Esto ocurre por medio de diferencias de densidad entre aguas, además de las influencias de los giros oceánicos y otras fuerzas.

Covalentes: Tipo de enlaces químicos que requieren que dos moléculas compartan uno o más pares de electrones del último orbital entre ellas.

Descendente: Que baja, se hunde o se ubica inferiormente.

Disociación: Separación de una o más cosas que estaban unidas. Ruptura de una molécula en átomos o en moléculas más sencillas.

Divergencia: Acción de separarse, a partir de un punto en común.

Efecto coriolis: Es la fuerza que se produce debido a la rotación de la Tierra en el espacio, y que desvía la trayectoria de los objetos que se encuentran en movimiento sobre la superficie terrestre. Hacia la derecha para los objetos que están en el hemisferio norte y a la izquierda para los que se encuentran en hemisferio sur.

Espectro electromagnético: Distribución energética de las ondas electromagnéticas. Las ondas que transportan más energía (y por consiguiente pueden ser dañinas para la vida) tienen longitudes de onda más cortas y las que transportan menos energía tienen longitudes de onda más largas. En orden energético descendente tenemos: Rayos Gamma, Rayos X, Rayos Ultravioleta, espectro de luz visible, Rayos infrarrojos, Rayos microondas, ondas de Radio.

Escalas de tiempo geológicas: Se refiere a escalas de tiempo larguísimas, desde los millones de años hasta los miles de millones de años atrás. Se utiliza para ordenar los procesos de cambio del planeta (geológicos) y traerlos hasta la época actual, en un contexto temporal.

Eutroficación: Proceso natural o antropogénico que consiste en la saturación de las aguas con nutrientes. Esto ocurre a un ritmo tal que el enriquecimiento no puede ser compensado por la mineralización total. De esta manera, la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. Sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos procesos que ocurren en los recursos acuáticos, además de impactar los usos que el humano hace de ellos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, etc.).

Fitoplancton: Fracción del plancton que es autótrofa, es decir, produce su energía por medio de la fotosíntesis. A ella pertenecen las microalgas como las diatomeas y son una fracción importante del alimento de los organismos filtradores.

Fluctuación: Variación de intensidad de un parámetro. Puede ser entre límites, o al azar.

Fotón: Es la partícula fundamental de la radiación electromagnética. El fotón porta todas formas de radiación electromagnética, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio. Por medio de la mecánica cuántica se ha demostrado que presenta comportamientos tanto de partícula como de onda.

Fuerza Centrífuga: Parte de las fuerzas presentes en el movimiento circular: todo movimiento circular se compone de dos fuerzas: Fuerza centrípeta, que impulsa hacia adentro; y fuerza centrífuga que impulsa hacia afuera.

Geomorfología: Rama de la geología que describe las formas de la superficie terrestre, entendiendo su génesis y su comportamiento actual.

Interfase: Superficie de contacto. División entre dos fases sucesivas. Estas fases pueden ser fases con distintos estados físicos (líquido-gaseoso, por ejemplo)

Ionosfera: Se ubica entre la exosfera y la mesosfera. Se extiende entre los 80 y los 500 km de altitud aproximadamente. En esta capa tienen lugar abundantes procesos de ionización en los cuales se originan grandes concentraciones de electrones libres.

Magma: Es el nombre que reciben las masas de roca fundidas del interior de la tierra. Se produce a presión y temperatura muy elevadas, y lo podemos observar en la superficie al ser expulsado por los volcanes.

Mar de fondo: Sistemas de olas que se desplazan fuera del lugar donde se han generado. Usualmente están asociadas a eventos meteorológicos que ocurren mar adentro, y que se observan en costas. Tienen períodos regulares, con longitudes de onda largas. Son benéficos para el ecosistema porque remueven y mezclan las aguas cercanas a la costa, además de desplazarse en todas direcciones.

Marejadilla: En la escala de olas de Douglas se le asigna la categoría 2. Corresponde a eventos de olas que no superan el medio metro. Son olas que comienzan a romper en el mar. corresponde a un mar de valor 3 en la escala de viento de Beaufort.

Materia orgánica en suspensión: Sustancia orgánica que no se disuelve en el agua. Pueden ser, entre otros: ácidos carboxílicos, hidratos de carbono, fenoles, aminoácidos o ácidos nucleicos.

msnm: Metros sobre el nivel del mar. Se miden desde la superficie promedio del océano, que es donde se consideran los 0 msnm

Mesosfera: En geología se le llama mesosfera a la capa de la tierra que se ubica debajo de la astenosfera. En meteorología se conoce como mesosfera a la tercera capa de la atmósfera que se ubica bajo la ionosfera, es donde se observan los meteoros.

Migratorias: Que se mueven entre distintas zonas: inmigrantes que llegan a un lugar, emigrantes que dejan un lugar.
mmHg (o milímetros de mercurio) = es la unidad con que se mide la presión atmosférica, 1 atmósfera equivale a 760 mmHg.

Mortandades: Mortalidades, muerte o deceso de organismos.

Oceanografía: Estudio de los océanos. Se puede desglosar en 3 grandes ramas: Oceanografía Física, Química o Biológica, que requiere una comprensión de las dos primeras.

Organismos Fotosintéticos: Organismos capaces de producir su alimento con gases, nutrientes, agua y la energía del sol, por medio de la fotosíntesis.

Ozonosfera: Capa de la atmósfera donde se ubica la mayor concentración de iones ozono, producidos por acción de los rayos Ultravioleta sobre las moléculas de oxígeno. Se ubica en la estratosfera.

Pelágicas: Zonas del mar que se ubican más allá de la plataforma continental. También se usa para referirse a los organismos que habitan esa parte de la columna de agua. Pueden distinguirse distintas zonas pelágicas en función de la penetración de la luz y los individuos que la habitan: zona epipelágica, mesopelágica, antropolágica, batipelágica, abisopelágica y hadopelágica.

Períodos: Tiempo transcurrido entre eventos puntuales. Si el suceso es repetitivo, pueden existir períodos de distintos intervalos de tiempo (períodos heterogéneos-irregulares), o con iguales intervalos de tiempo (períodos homogéneos-regulares). Por ejemplo el las estaciones del año se repiten cada doce meses, es decir tienen un periodo de un año.

Polares: Áreas geográficas que se ubican cercanos a, o en, los polos.

Polarización: Cuando los electrones de una molécula se ordenan generando dos zonas con distinto magnetismo y polaridad (norte-sur, positivo-negativo). En el caso del agua, al tener mayor concentración de electrones hacia un lado (oxígeno) y mayor cantidad de protones (carga positiva) al otro, se dice que es una molécula polar, por que se genera una pequeña diferencia entre los potenciales eléctricos de sus extremos. Esto permite la formación de los puentes de hidrógeno entre moléculas de agua, que le otorgan una serie de peculiaridades como fluido.

Perpendicular, Perpendicularmente: Que llega verticalmente a una superficie horizontal. Forma un ángulo recto.

Radiación Ultravioleta (UV): Tipo de radiación electromagnética que se ubica por sobre el violeta del espectro visible. Transporta una gran cantidad de energía, y se descompone en tres tipos: UV-A, UV-B, y UV-C. Cada estado es de mayor energía que el anterior, y las ondas UV-A pueden tener aplicaciones tecnológicas hasta en la medicina.

Sistemas frontales: Son las zonas asociadas a franjas de separación entre dos masas de aire distintas. pueden ser fríos, cálidos, ocluidos o estacionarios. Se asocian a sistemas de presión atmosférica, y son guiados por el viento y son afectados por accidentes geográficos como montañas o grandes volúmenes de agua.

Subtropical: Aquellas zonas que se ubican próximas a los trópicos, desde latitudes mayores.

Surgencia: Proceso a través del cual afloran aguas profundas, frías, con bajo oxígeno y altos nutrientes en el oeste de zonas costeras. Este proceso es generado por la acción de los vientos que desplazan las aguas superficiales mar adentro, ocupando las aguas profundas el lugar de las aguas superficiales desplazadas. Este proceso es de suma importancia porque tiene asociado un alza en la productividad.

Tectónica de placas: Teoría que explica el fenómeno de la deriva continental junto con la formación de las grandes geoformas del

planeta. Se han identificado al menos doce placas tectónicas más o menos rígidas que se moverían sobre una capa que se comporta como alquitrán fundido: la astenosfera. Las placas tectónicas interactúan entre ellas mediante tres procesos básicos: Convergencia, que forma las montañas; (i) Divergente, cuando las placas se alejan debido a la erupción de magma a lo largo de las cordilleras oceánicas, (ii) Transformante, cuando dos placas se desplazan una a lo largo de la otra y (iii) Subducción, cuando una placa se hunde bajo la otra, como a lo largo de la costa de Chile. La tectónica de placas explica por qué los terremotos ocurren en lugares específicos, como el cinturón de fuego del Pacífico, el que es una gran zona de contacto entre placas.

Termoclina: Línea imaginaria que marca la separación de dos masas de agua donde la temperatura cambia bruscamente.

Transporte de Ekman: Proceso a través del cual el océano y los materiales en suspensión en ellas se desvían hacia el oeste respecto a la dirección del viento en la capa superficial debido a la rotación de la tierra. A medida que el viento impulsa por fricción las capas superficiales, estas arrastran consigo, por viscosidad, la capa adyacente, y debido al efecto de Coriolis, se desvían ligeramente.

Tropicales: Que se ubican directamente bajo, o entre los trópicos (30° Latitud norte y sur) y el Ecuador.

Troposfera: Primera capa de nuestra atmósfera. Es donde se ubican los cerros, y donde vuelan los aviones. Se extiende hasta los 10 km aproximadamente, y es en ella donde ocurren todos los procesos meteorológicos.

Variables Ambientales: Son los factores ambientales de importancia. Dependiendo del contexto de trabajo pueden incluir temáticas hidrográficas, de calidad del agua, de suelos o de componentes biológicos del sistema (biota). Estos factores no son estáticos, y por eso se determinan como “variables”, ya que requieren su monitoreo constante.

Vector: Componente que posee una magnitud, una dirección y un sentido. Puede ser un transporte, como un fotón, una masa de agua o un mosquito.

Vientos alisios: Son el viento superficial dominante en la zona tropical y forman parte de la circulación de las células de Hadley. Estos vientos soplan de manera relativamente constante y se mueven, en los dos hemisferios, desde los subtrópicos (30–35° de latitud) hacia el ecuador. Es decir se dirigen desde las altas presiones subtropicales, hacia las bajas presiones ecuatoriales, y son desviados hacia el oeste por el efecto de la fuerza de Coriolis. De esta forma, los vientos alisios forman un gran cinturón alrededor de la tierra y este patrón de viento fue el utilizado por los antiguos marineros y conquistadores para cruzar los océanos del mundo, de ahí su nombre en inglés (Trade winds). La persistencia de estos vientos es clave para mantener la diferencia de temperatura este–oeste a través del océano Pacífico tropical y su relajación se asocia a la iniciación de la fase cálida del ENOS.

Zooplankton: Porción del plancton que es incapaz de sintetizar su propio alimento y por lo tanto debe alimentarse de otros organismos.

Bibliografía

Referencias generales

<http://www.fao.org/fishery/>

<http://www.mardechile.cl/>

<https://www.esrl.noaa.gov/>

<https://es.unesco.org/themes/preservar-oceano>

<http://worldoceanreview.com/en/wor-1/climate-system/>

http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/2500/2556/html/5_circulacin_general_de_la_atmosfera.html

Oleaje

http://www.abcpuertos.cl/documentos/MOP/MOP_Vol_2_Criterios_Disenio_Parte_2.pdf

Instrumentos

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/secchi-disk>

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/tide-gauge.html>

Cambio climático y adaptación

http://web.mit.edu/fnl/volume/215/rizzoli_stone.html

<http://www.fao.org/3/a-i3569e.pdf>

Clima y circulación del océano y la atmósfera

http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/2500/2556/html/5_circulacin_general_de_la_atmosfera.html

<http://www.intemit.cl/index.php/noticias/66-que-son-las-floraciones-algales-nocivas>

http://geophile.net/Lessons/atmosphere/atm_circulation_04

<http://sailandtrip.com/vientos-alisios/#/>

<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/sst-data-cobecentennial-situ-observation-based-estimates>

http://met.dgf.uchile.cl/~rgarreau/PRES/unab_cona_RGS.pdf

<https://www.metoffice.gov.uk/learning/atmosphere/coriolis-effect>

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802015000100001

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>

<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>

<http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaCicloElNinoLaNina.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=m085Sp6d6hM>

Corrientes que afectan la costa Chilena

<http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/06.pdf>

Deriva del oeste

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175014504008>

<http://www.shoa.cl/nuestros-servicios/mareas/pronostico-de-marea>

Ciclo del agua

<https://www.youtube.com/watch?v=QDC>

Kalnay, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.

Maturana, J., et. al. (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada). 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile*. CONA, Chile, Valparaíso. pp. 13–27.

Taljaard JJ. 1972. Synoptic meteorology of the Southern Hemisphere. In: Newton CW, Van Loon H, National Center for Atmospheric Research (US) (eds.), *Meteorology of the Southern Hemisphere*. American Meteorological Society, Boston, pp. 139–213.

www.ceaza.cl 