

SUBAQUA NÚMERO ESPECIAL #1 - EDICIÓN 6 - revisada y aumentada

# SUBAQUA

NÚMERO ESPECIAL #1 EDICIÓN 6

## AL DESCUBRIR LA VIDA SUBMARINA

Federación Francesa de Estudios y Deportes Submarinos  
Comisión nacional del medio ambiente y biología subacuáticos





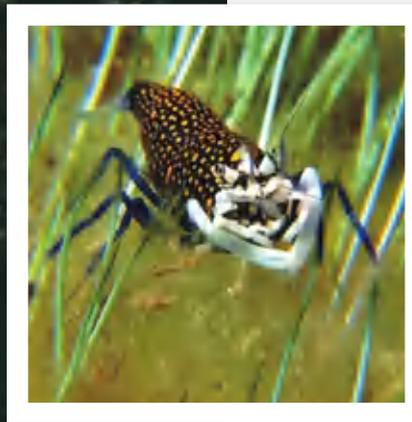
# AL DESCUBRIR LA VIDA SUBMARINA

CON LA COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE Y BIOLOGÍA SUBACUÁTICOS

NÚMERO ESPECIAL #1 - EDICIÓN 6

## SUBAQUA

NÚMERO ESPECIAL DE LA REVISTA DE LA FEDERACIÓN SUBMARINA FRANCESA



# ÍNDICE

**Introducción** ..... 4  
*J. Dumas*

**1> El medio físico** ..... 6  
*P. Petit de Voize*

**2> El medio físico** ..... 18

- ▲ El origen de la vida en la Tierra ..... 20  
*P. Petit de Voize*
- ▲ El árbol filogenético ..... 23  
*A. Lafourcade - C. Delcausse*
- ▲ Biocenosis y biotopos ..... 27  
*P. Maillard*
- ▲ Asociaciones ..... 31  
*P. Petit de Voize*
- ▲ La cadena trófica ..... 36  
*A. Lafourcade - J. Bonnetis*



**3> Vida vegetal submarina** ..... 38  
*A.-P. Maniette - L. Gauthier*

- ▲ Algas ..... 41
- ▲ Espermatofitas ..... 43

**4> Vida animal** ..... 44

- ▲ Embriología de los metazoos ..... 46  
*A. Lafourcade - C. Delcausse - F. Guimard*
- ▲ Esponjas ..... 48  
*P. Maillard*
- ▲ Cnidarios ..... 52  
*P. Petit de Voize*
- ▲ Ctenoforos ..... 67  
*P. Petit de Voize*
- ▲ Organismos vermiformes ..... 68  
*P. Scaps*
- ▲ Briozoos o Ectoproctos ..... 76  
*C. Bertrand*
- ▲ Equinodermos ..... 80  
*P. Maillard - C. Alégoët*
- ▲ Moluscos ..... 89  
*P. Le Granché*
- ▲ Artrópodos (clase de los crustáceos) ..... 95  
*C. Bergmann*
- ▲ Urocordados ..... 102  
*P. Petit de Voize*
- ▲ Vertebrados ..... 110

  - > Peces ..... 111  
*P. Petit de Voize*
  - > Mamíferos marinos ..... 120  
*V. Maran*

**5> Muestreo al bucear** ..... 124  
*J. Dumas - P. Bigot - P. Zani*

**6> Técnicas sencillas de laboratorio** ..... 128  
*Y. Muller - P. Maillard - P. Petit de Voize*

**7> Medio ambiente** ..... 136  
*F. Guimard*

**8> Cursos de formación y herramientas de la Federación en biología** ..... 142  
*J. Dumas - L. Gauthier*

**9> DORIS** ..... 146  
*V. Maran - A.-P. Sittler*

**10 > CROMIS** ..... 147  
*P. Giraudeau*

**11 > Signos bio** ..... 148

*Traducido del francés por Patrick Giraudeau - Antonia Briane - Alicia Cagnon  
 Créditos fotográficos página 152.*



# INTRODUCCIÓN

Usted tiene en sus manos la sexta versión del número especial de Subaqua «Al descubrir la vida submarina», prueba irrefutable del interés de los buceadores en el medio ambiente y la biología submarinos.

De hecho, el buceo ha evolucionado a lo largo de los años con la conciencia de los riesgos de la reducción de la biodiversidad y la influencia de las actividades humanas en el medio ambiente. Un nuevo buceador, responsable, preocupado por su impacto en el medio ambiente, ha emergido gradualmente y, afortunadamente, ha reemplazado al buceador de antaño, a menudo demasiado depredador.

La FFESSM se ha volcado decididamente hacia el desarrollo sostenible. Por lo tanto, se han establecido acuerdos de asociación con el Museo Nacional de Historia Natural de París, la Agencia Francesa de Biodiversidad y Longitude 181 Nature. Naturalmente, la Comisión del Medio Ambiente y Biología Subacuáticos ha estado profundamente involucrada en la educación y capacitación de buceadores durante muchos años. La Comisión Técnica, por su parte, ha tenido plenamente en cuenta la dimensión ambiental al integrar un módulo de capacitación sobre el conocimiento y el respeto del medio ambiente marino en todos los cursos técnicos, desde el buceador de nivel 1 hasta el instructor. Esto encaja realmente con la Carta Internacional del Buceador responsable de Longitude 181 Nature, al cual contribuyó la Comisión Nacional del Medio Ambiente y Biología Subacuáticos, y a la que la FFESSM adhirió desde el primer día.

Por lo tanto, este libro apoya la capacitación sobre el terreno diseñada para «educar» el ojo y facilitar la comprensión del medio vivo en cual los buceadores están explorando. Este libro es el resultado de un trabajo colectivo del Colegio de los Instructores Nacionales de Biología en la continuidad de este espíritu de descubrimiento que nos es querido. Textos, dibujos, fotografías, todos emanados de buceadores comúnmente llamados «buceadores bio».

Se ha reservado un lugar para los dos logros más hermosos de nuestra comisión. Así, DORIS, conocido y reconocido por el mundo científico, cuyo equipo de animación puede estar orgulloso, ganó una medalla de oro en el festival de imágenes submarinas de Antibes en 2007 en la categoría «sitio educativo». DORIS permite que cada buceador conozca mejor las especies comunes y, a veces, raras que se encuentran en las costas francesas, y se complementa con notables trabajos de referencia, «La vida en agua dulce» y, más recientemente, «Los briozoos de Europa» y «las esponjas de Francia».

La segunda herramienta web, más reciente, CROMIS, permite relacionar las descripciones proporcionadas por DORIS con el inventario de especies encontradas durante las exploraciones.

Todos pueden guardar un recuerdo de sus observaciones durante las inmersiones y, por lo tanto, pueden contribuir al enriquecimiento del conocimiento, o incluso ahora preparar sus futuras exploraciones. La base de datos se comparte con el Museo Nacional de Historia Natural para contribuir al Inventario Nacional del Patrimonio Natural. Por lo tanto, los buceadores contribuyentes forman una valiosa red de observadores de entornos marinos y de agua dulce, que permiten la declaración de observaciones en todas las costas a lo largo del año.

«El comienzo de todas las ciencias es el asombro de que las cosas son lo que son», como dijo Aristóteles. Entonces, el que está sorprendido por la vida marina, graduado en ciencias o no, puede afirmar que contribuye a la ciencia ciudadana o participativa.

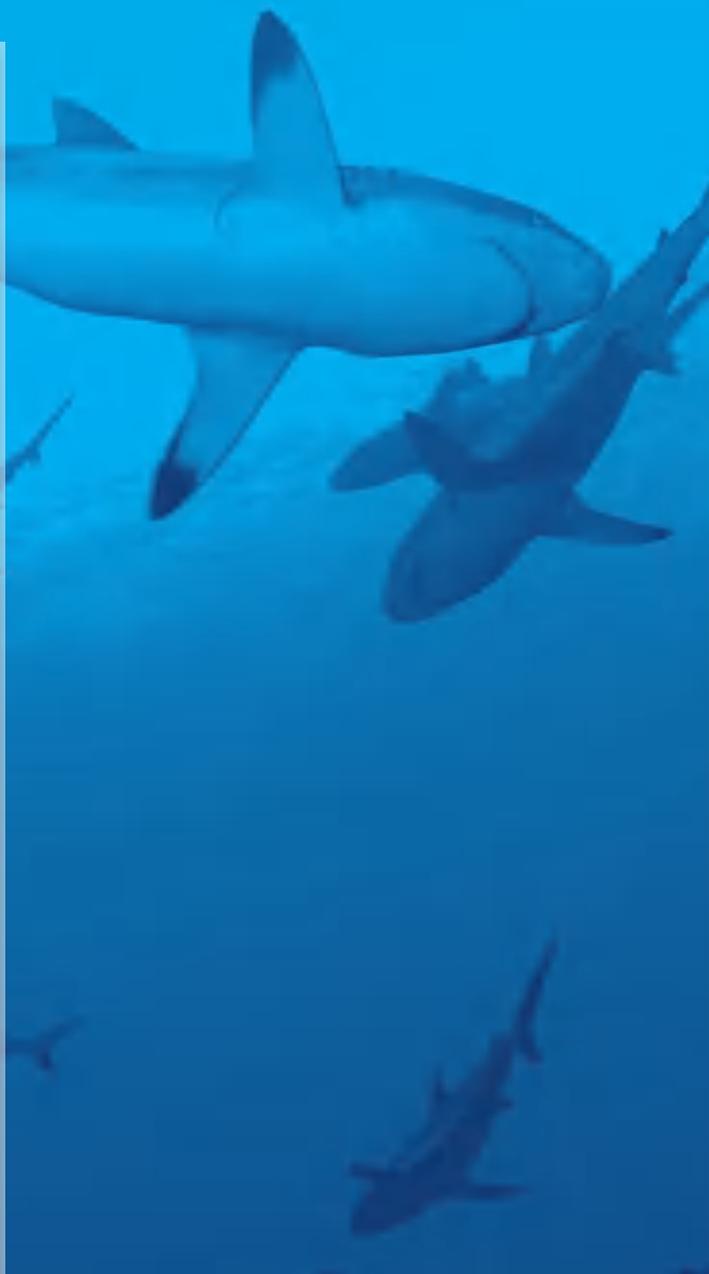
Es gracias a nuestros tres grandes logros de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y Biología Subacuáticos que cada buceador puede, lo esperamos, continuar enriqueciendo su conocimiento subacuático, para comprender mejor este fascinante mundo acuático. Los instructores de biología, presentes en todo el territorio, estarán encantados de compartir su pasión y conocimiento con usted, simplemente ayudándole a «ver» y, por lo tanto, a apreciar más su inmersión de exploración. Miles de días de capacitación, cientos de períodos de práctica organizados cada año por nuestros aprendices. No dude en acudir a ellos, verá que la biología es perfectamente accesible y que el tiempo de los discursos en latín ha terminado.

Los océanos ignoran las fronteras y las mismas amenazas existen en todo el mundo. Nuestra Comisión reconoce que los riesgos ambientales deben considerarse a una escala planetaria y, por lo tanto, decidió cambiar su enfoque educativo hacia otros países. Es la razón por la que se ha decidido preparar una versión en español para facilitar los intercambios internacionales y permitir que nuestros compañeros de buceo CMAS accedan a los resultados de este trabajo común. Respetando el espíritu de la Carta Internacional del Buceador responsable, este libro debe contribuir a la protección gracias al conocimiento.

Y todo este conocimiento sería inútil sin darse cuenta de que este fabuloso patrimonio marino es frágil, amenazado y perdedero. Es esta belleza infinita hecha de biodiversidad que todos deseamos preservar para las generaciones futuras, y espero que todos los buceadores puedan vivir las emociones de unos encuentros privilegiados y sorprenderse durante mucho tiempo por las increíbles formas que toma la vida acuática.

¡Vivan los océanos! ¡Viva la biodiversidad! ¡Larga vida al buceo de exploración!

**Jacques Dumas,**  
*Presidente de la Comisión Nacional del Medio ambiente y Biología Subacuáticos*



Una liebre de mar (*Aplysia punctata*) - Bretaña



Una liebre de mar (*Aplysia punctata*) - Bretaña



Raya americana (*Dasyatis americana*)

# El medio físico



*Después de un golpe de viento, la espuma del mar - Isla de Noirmoutier.*



*Atolones de coral: cuando la vida cambia el paisaje.*

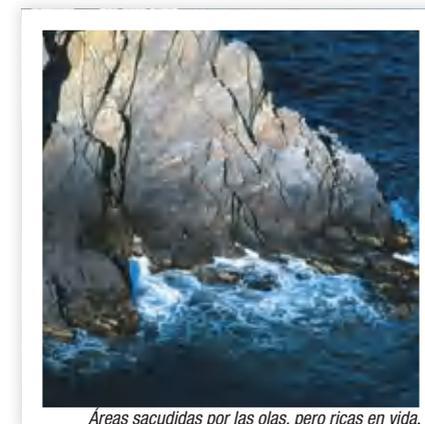
Generalidades.....	8
Subdivisiones del entorno marino	

Agua de mar.....	10
> Densidad.....	10
> Salinidad.....	10
> Composición.....	10
> Temperatura.....	12
> Iluminación.....	12

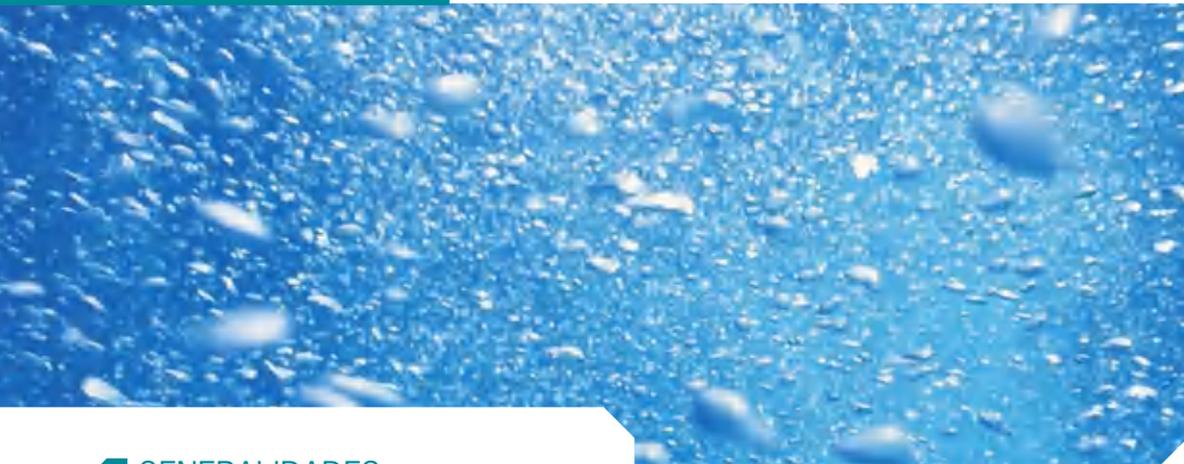
Movimientos del océano.....	14
> Corrientes.....	14
> Mareas.....	15
> Olas, oleaje.....	16



*Detritus orgánicos de playa: una observación privilegiada.*



*Áreas sacudidas por las olas, pero ricas en vida.*



## GENERALIDADES

Nuestro planeta Tierra está mal llamado, con un 71% cubierto por los océanos. Esta masa representa el 97% del agua libre en el planeta, el resto se compone de agua dulce continental y hielo polar.

50 millones de km<sup>2</sup> de superficie terrestre para 360 millones de km<sup>2</sup> de océano ...

Cuando sabemos que, además, menos del 30% de estas tierras están ocupadas permanentemente por la especie humana, valoramos mejor la importancia del medio ambiente marino en todos los aspectos de la vida planetaria.

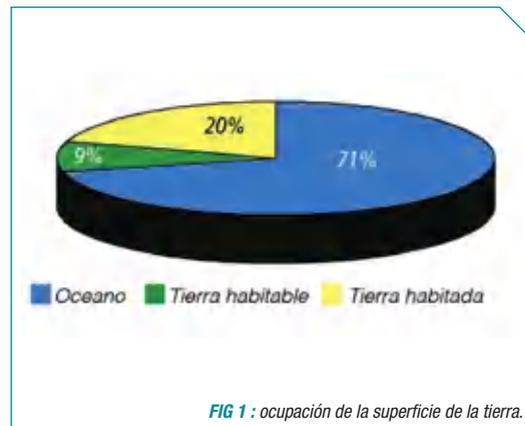


FIG 1 : ocupación de la superficie de la tierra.

Esta enorme cantidad de agua (1300 millones de metros cúbicos) es en realidad un solo océano enorme cuya distribución es bastante desigual, y el hemisferio sur es muy oceánico. Aunque la profundidad teórica promedio es de 3800 m, el fondo marino tiene relieves muy altos con picos, cordilleras y fosas (especialmente en el Pacífico) que superan los 8000 m, con un récord de 11,080 m en la Fosa de las Marianas.

## SUBDIVISIONES DEL ENTORNO MARINO

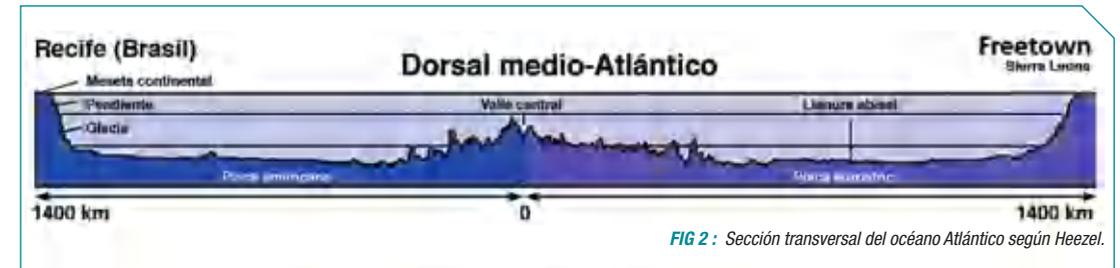
Sabemos que los continentes son la parte emergente de las enormes placas que forman la corteza terrestre. Estas placas se originan bajo los océanos en áreas de intensa actividad sísmica, las grietas, los complejos sistemas de fallas que producen continuamente la roca del fondo oceánico.

En el caso del Océano Atlántico, esta zona toma la forma de una cresta de más de 16,000 km de largo, orientada de norte a sur, a una distancia aproximadamente igual de las costas americanas y euroafricanas, de ahí su nombre de dorsal medio-Atlántico.

Una línea de sondas trazadas entre Brasil y Angola mostraría un perfil muy característico, globalmente idéntico, en todos los continentes.

La superficie del terreno está ligeramente inclinada, 0.07 ° en promedio, hasta un área donde la profundidad aumenta brutalmente.

En la Fig. 2 de la página opuesta, la diferencia de escala entre el ancho del océano y su profundidad, necesaria para una buena lectura de estas secciones, da una idea falsa de la pendiente continental cuya inclinación es generalmente inferior a 1 grado. Esta plataforma, el cual varía de ancho desde unas pocas decenas de metros hasta más de 300 km, se denomina plataforma continental. Su superficie, 8% de la de los océanos, no es plana, incluso si contiene grandes llanuras aluviales, está compuesta de islas, excavada por cañones que prolongan bajo el mar el lecho de los ríos terrestres o de antiguos valles glaciares.



Alrededor de 130/200 m, la meseta termina con una pendiente más pronunciada (valores que van desde 0.07° a 1° hasta incluso 3°) que termina alrededor de 3000 m y constituye la pendiente continental. Está cortado por valles escarpados a través de los cuales fluyen los sedimentos del continente; estos flujos pueden tomar la forma de avalanchas submarinas, y corrientes de turbidez, causando varios accidentes: roturas de cables telefónicos, tsunamis. El glacis continental sigue la pendiente, que conecta con la llanura abisal; el ancho de esta zona también es considerablemente variable, de 50 a 300 km para una profundidad entre 3000 y 5000 m. Es un paisaje de relieves encenagados, poco acentuados, que alcanza progresivamente la llanura abisal. El conjunto de los meseta / pendiente / glacis constituye el margen continental o precontinente. Las llanuras abisales constituyen la mayor parte del fondo del océano. Su pendiente es baja o inexistente. Su profundidad media es de 4000 m. Están cubiertos de sedimentos cuyo espesor varía desde unos pocos metros (Océano Pacífico) hasta varios miles de metros en el Océano Atlántico. Tan pronto como uno se aleja de las cercanías de los taludes continentales, la proporción de aportes terrígenos (de origen terrestre) y orgánicos disminuye hasta que desaparece por completo. El fondo se cubre con un cieno muy fino que consiste en envolturas calcáreas o silíceas de organismos planctónicos unicelulares: radiolarios, Globigerinoides, pterópodos, coccolitóforos. Durante el lento descenso de estos organismos hacia el abismo, la materia orgánica se disuelve completamente y solo quedan las partes duras. Más allá de 6000 o 7000 m, incluso estos esqueletos ya no alcanzan el fondo, que consiste en un lecho de arcilla roja. La monotonía de estas llanuras solo se ve perturbada por la presencia de antiguos relieves volcánicos (guyots, pitones) o volcanes activos y crestas y fosas tectónicas. La vida que aquí existe es escasa y lenta, pero la mayoría de los filos están representados. Dada la ausencia de luz, la cadena alimentaria se basa en todo tipo de residuos que caen de la superficie.

## ¿Lo sabías?

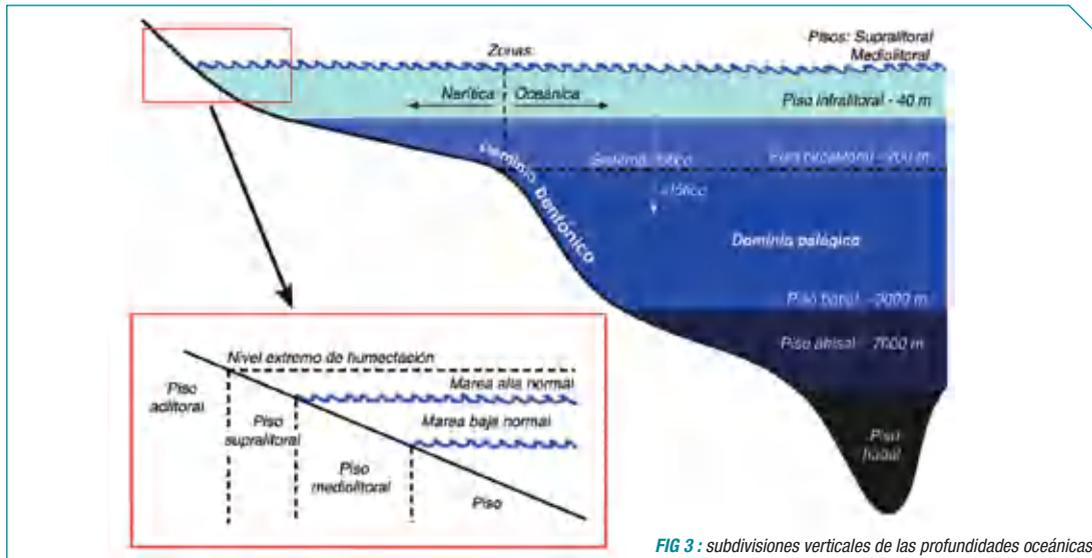
El Ganges tira en el mar en un día el equivalente a los depósitos de la Gironda en un año o 3 millones de toneladas de sedimento ... Hay tres tipos de sedimento: litoral (cieno, arena y guijarros), nerítico (hasta 200 m), batial (200-3000 m) y abisal más allá. La caliza se disuelve solo bajo una fuerte presión, luego estos contienen solo arcilla y microfósiles silíceos (diatomeas, radiolarios)

Fuente Quid 2002

▲ La plataforma continental también es, y siempre ha sido, el tema de feroces batallas entre estados, ya que sus límites son muy difíciles de definir y aún más de materializar.

▲ La pesca, la circulación de barcos y la explotación de recursos minerales (petróleo, gas, arenas, gravas, etc.) son razones potenciales para la discordia, que siguen siendo relevantes hoy en día, aunque los desacuerdos son ahora (generalmente) más políticos, que jurídicos.

▲ Recientes descubrimientos han demostrado la presencia de verdaderos oasis submarinos entre los 3000 y 5000 metros, alrededor de fuentes hidrotermales. Estas fuentes, ubicadas alrededor de las crestas, descargan agua muy caliente (aproximadamente 350°C) cargada con sales metálicas. Estas sales, generalmente unos sulfuros, son usadas por bacterias simbióticas o libres que forman una cadena alimentaria muy original con sus huéspedes y depredadores.



## AGUA DE MAR

### DENSIDAD

El agua de mar es 800 veces más densa que el aire; esta densidad varía con la temperatura: cuanto más fría es el agua, más densa es. La densidad máxima se alcanza alrededor de los 4 °C.

Esta propiedad física explica la tendencia de las aguas frías a «hundirse» hacia el fondo de los océanos, las aguas frías polares descienden lentamente hacia las grandes profundidades y hacia el ecuador, donde finalmente se mezclan. Es especialmente en las proximidades de las costas y de la superficie que los intercambios verticales tienen lugar.

Los upwellings, corrientes ascendentes, llevan las sales minerales, los nitratos y fosfatos resultantes de la degradación de los residuos orgánicos, hasta la superficie. En esta zona iluminada (eufótica) el fenómeno de la fotosíntesis fitoplanctónica es el primer eslabón de la cadena alimentaria marina.

La densidad del agua de mar es de 1,03 g / cm<sup>3</sup> en promedio para una salinidad de 35 g / l.

### SALINIDAD

¿Por qué está salado el mar?

Durante miles de millones de años, las lluvias han lavado la superficie de las tierras emergidas, trayendo las sales

a los océanos. Estas sales se llevaron con la escorrentía, mientras que la evaporación devolvió a las nubes solo agua destilada. Esta contribución química todavía está en marcha, en este momento. Cada año se descargan 400 millones de toneladas de sustancias sólidas en los océanos por los ríos.

### COMPOSICION DEL AGUA DE MAR

Hay en promedio 35 g de sales disueltas por kilogramo. Casi todos los elementos químicos están ahí, en cantidades variables.

Todos estos elementos químicos forman una variedad de combinaciones; por ejemplo, el carbono forma carbonatos y bicarbonatos. El azufre da principalmente sulfatos, pero a veces sulfuros (aguas anóxicas). El cloro, el elemento más abundante, aporta principalmente cloruros.

#### Principales elementos disueltos, en gramos / litro.

Cloro.....18,98	Potasio.....0,380
Sodio.....10,56	Bromo.....0,065
Magnesio.....,27	Carbono.....0,028
Azufre.....0,88	Estroncio.....0,013
Calcio.....0,40	Boro.....0,00513

La sal de mesa (cloruro de sodio) solo representa el 77% de estas sales disueltas. Esta salinidad promedio de 34.5 g / l tiene muchas variaciones, estacionales y geográficas. Puede alcanzar 40 a 60 g / l en áreas tropicales donde la intensa evaporación no se compensa con el flujo de agua dulce (por ejemplo, el Golfo Pérsico, lagos salados del Canal de Suez). Por otro lado, es bajo en las proximidades de los estuarios, en el Mar Báltico y en las cercanías del hielo polar, que está compuesto esencialmente por agua dulce (20-30 g / l).

Salinidad media: del mar Mediterráneo: 37 g / l - del océano Atlántico: 34 g / l

La importancia de estas sustancias disueltas es crucial para el desarrollo de la vida oceánica.

El calcio, en forma de carbonato, y la sílice constituyen envolturas, conchas, espículas en las algas, los crustáceos y las esponjas, huesos, dientes, etc. en los vertebrados.

El carbono, el fósforo y los derivados del nitrógeno son la base de todos los compuestos orgánicos.

El azufre, usado por algunas bacterias, permite que la vida subsista alrededor de respiraderos hidrotermales profundos, a pesar de la ausencia de luz y de la deficiencia de oxígeno.

Finalmente, de todos los constituyentes químicos presentes, dos gases, oxígeno y dióxido de carbono, juegan un papel capital, en forma libre o disuelta.



## ¿Lo sabías?

Como anécdota...

Un metro cúbico de agua de mar contiene solo 0.06 mg de oro. ¡Pero considerando el volumen total de los océanos, el stock representa más de 7,800,000 toneladas!

Si solo pudiéramos extraerlo ... ¡Químicos, id a vuestros alambiques!

**TEMPERATURA**

Variable según la latitud y la profundidad, la temperatura del mar es de por lo menos -4°C (punto de congelación), hasta 35°C en algunos mares tropicales (por ejemplo, el Golfo Pérsico).

Las variaciones de temperatura se observan principalmente en la capa superficial de los océanos: vientos, corrientes, oleaje y sol facilitan la mezcla de aguas según las estaciones. Después de 800 metros, la temperatura disminuye linealmente, de acuerdo con el aumento de profundidad, alcanzando los 0°C alrededor de 5000 m (Océano Atlántico). A esa misma profundidad, es de 1.7°C en el Océano Pacífico. Se observa un ligero calentamiento (alrededor de 1°C) entre 6000 y 11,000 m, como consecuencia de la enorme presión que prevalece en estas profundidades (¡600 a 1100 bar!). Hay una excepción a esta regla: los mares semicerrados de tipo mediterráneo: su temperatura, cualquiera que sea su profundidad, rara vez es inferior a la que existe en su estrecho de comunicación con el océano.

Ejemplo: la temperatura del Mar Mediterráneo es la del Estrecho de Gibraltar a unos 400 m de profundidad: 13.7°C.

Esta es la temperatura promedio, y las aguas superficiales son más frías o más cálidas según la temporada. Los fanáticos del buceo a pulmón libre estarán encantados de saber que en el sur de Grecia, a una profundidad de 5000 m, no estarán más fríos que en la isla de Levante (Riviera francesa) durante una inmersión fresca en abril ... ¿Estarías interesado?



Las variaciones de temperatura solo afectan la capa superficial de los océanos - Polinesia.

**ILUMINACIÓN FIG 5**

La penetración de la luz en el agua depende de varios factores:

- > su transparencia (presencia o ausencia de materia suspendida),
- > qué tan agitada está,
- > el ángulo en el que las ondas de luz golpean el agua (la penetración es máxima cuando el sol está en posición vertical).

El agua juega el papel de un filtro selectivo y absorbe las diferentes radiaciones que conforman el espectro, de acuerdo con su longitud de onda. Las radiaciones ultravioleta e infrarroja se neutralizan rápidamente por los fenómenos de resonancia en las moléculas de agua. A medida que aumenta la profundidad, las radiaciones roja, naranja, violeta, amarilla y verde se absorben sucesivamente. El azul desaparece al final, lo que explica por qué es el color dominante de las aguas (claras).

La influencia de las sales disueltas es insignificante, el agua de mar pura es casi tan transparente como el agua destilada. Sin embargo, la presencia de partículas en suspensión aumenta considerablemente el coeficiente de absorción.

A unos 500 m, en aguas claras, la luz solar ya no tiene ningún efecto notable en una placa fotográfica. A esta profundidad, comienza la zona afótica.

La luz es esencial para el crecimiento de las plantas, la base de la cadena alimentaria; durante la inmersión, es fácil observar la desaparición gradual de las grandes algas con la profundidad. Las laminarias, por ejemplo, estarán escasas desde una docena de metros y desaparecerán en el área de 20/25 m, en el Océano Atlántico. En el mar Mediterráneo, donde el agua es generalmente más clara, se pueden encontrar en la zona de los 40 m, como en la isla de Alborán.

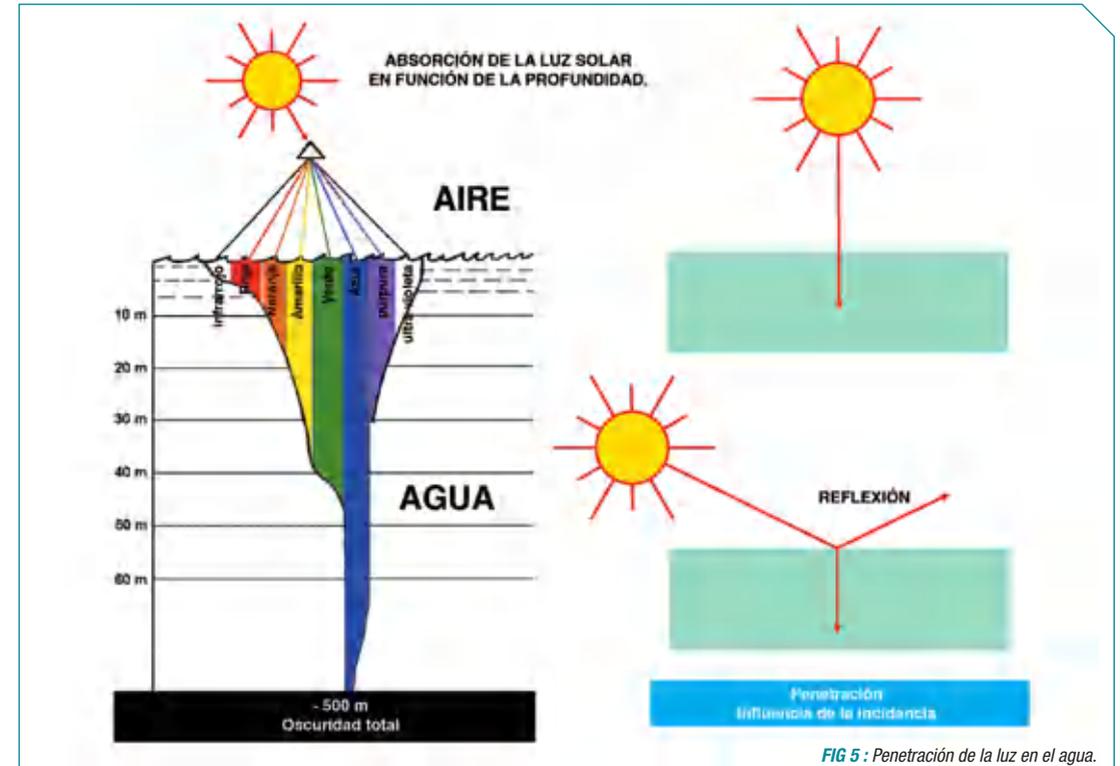


FIG 5 : Penetración de la luz en el agua.



FIG 6 : El pez ciego abisal *Ceratias holboellii* y su 'parásito masculino'.

Más allá de los 50 m, solo quedan unas pocas algas rojas, a menudo calcificadas, que pueden satisfacerse con una luminosidad muy débil.

Las algas menos visibles y unicelulares que viven en simbiosis con algunos animales marinos, en particular los corales pétreos, dejan de crecer a partir de los cincuenta metros en promedio, por falta de luz. Su ausencia, impidiendo que estos animales sinteticen la caliza que compone su esqueleto, explica que los arrecifes de coral crecen desde arriba, a medida que el relieve volcánico que los lleva se hunde, y no hacia abajo donde solo se encuentran corales muertos.

Los peces y animales del zooplancton (plancton animal), adaptados a la vida en la oscuridad, dependen de la superficie para su alimento. Aprovechan la noche para acercarse a la superficie donde vive el fitoplancton (plancton vegetal). Otros se contentarán con los desechos orgánicos que caen lentamente hacia el fondo: algas y animales muertos, pedazos transportados por los ríos.

## MOVIMIENTOS DEL OCÉANO

### CORRIENTES

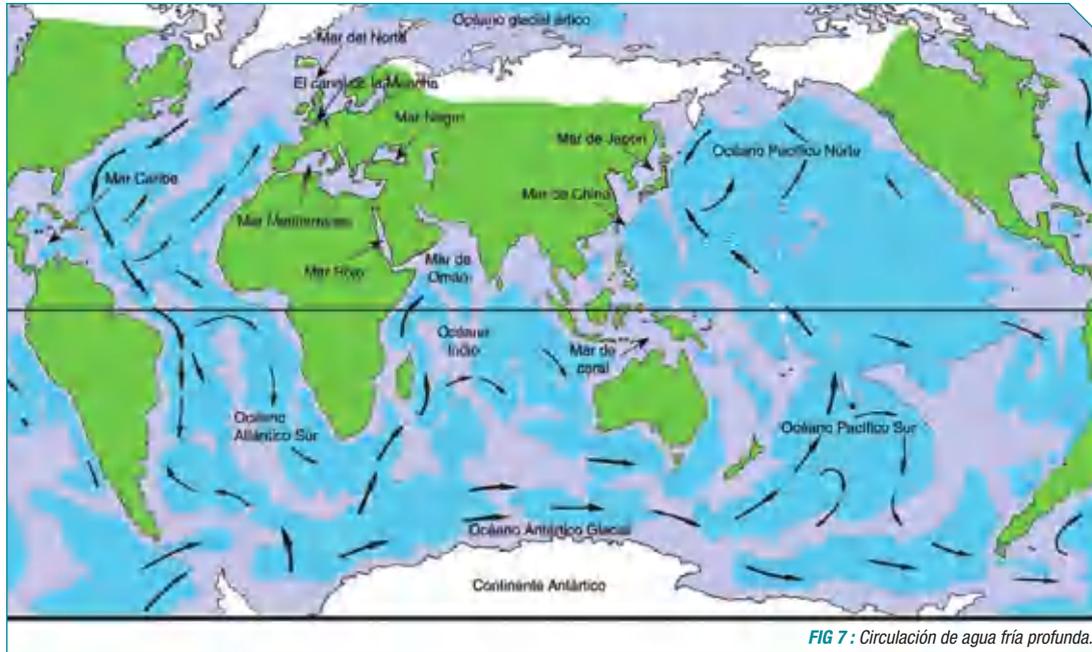


FIG 7 : Circulación de agua fría profunda.

La circulación de las aguas oceánicas es una máquina compleja de la que sin duda conocemos las causas principales: los vientos, la rotación de la Tierra, las diferencias de temperatura y / o de salinidad (y, por lo tanto, de densidad), pero cuyo mecanismo exacto está aún lejos de ser conocido en detalle. Las corrientes superficiales son solo la parte aparente, su trayectoria y velocidad son a menudo perturbadas por fenómenos estacionales o meteorológicos, mientras que las aguas frías profundas siguen rutas casi inmutables.

### ¿Lo sabías?

Los vientos, que son la principal causa de las corrientes superficiales, influyen solo en el 10% del volumen total del océano.

A nivel mundial, son la consecuencia de una distribución desigual del calentamiento solar y de las alternancias de presiones bajas y altas desde el ecuador hasta los polos. Los vientos alisios son el mejor ejemplo de eso.

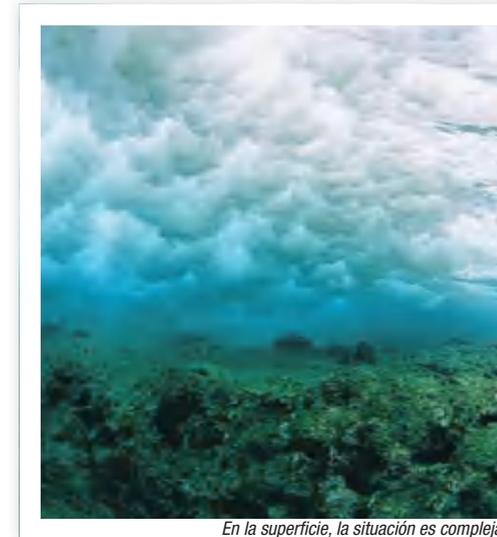
Fuente Sealife Waller/Dando/Birchett PicaPress.

El agua polar muy fría y baja en sal (agua de deshielo de los glaciares) se hunde en las profundidades marinas, y su temperatura hacia los 4000 m está cerca del punto de congelación.

El agua del Polo Norte fluye hacia el Océano Atlántico a lo largo de la costa este de los Estados Unidos y se une al hemisferio sur a la altura de la costa de Argentina. El del Polo Sur fluye hacia el norte en el Océano Pacífico y regresa al hemisferio norte a la altura del Japón y del Kamchatka.

La temperatura constante en profundidad explica la amplia dispersión de las especies de aguas profundas. A diferencia de los animales que viven cerca de la superficie, para quienes las diferencias de temperatura son barreras infranqueables, existe para ellos solo un enorme océano mundial, uniformemente frío y tranquilo.

En la superficie, la situación es mucho más compleja: las corrientes calientes y las corrientes frías constituyen una red enredada de la cual entendemos solo parcialmente la geografía, y de la cual no sabemos lo suficiente como para prever las desviaciones o las variaciones. Sin embargo, el clima y los recursos hídricos dependen de ellos, y sus cambios de humor pueden tener repercusiones incalculables en las economías de los países costeros.



En la superficie, la situación es compleja.

Como regla general, las costas orientales de los océanos Pacífico y Atlántico están sujetas a un régimen de vientos del este, que soplan hacia el Ecuador y favorecen las subidas de agua fría (upwellings). Este es el caso del Perú, del Ecuador y de Chile en el Océano Pacífico y las costas de África Occidental en el Océano Atlántico.

En ambos casos, se bañan en aguas muy frías que contrastan vivamente con las temperaturas de horno que prevalecen en la tierra. En Namibia, por ejemplo, donde la temperatura alcanza 40°C o incluso 50°C en el desierto de Namib, las focas se divierten en el agua a 10°C en sus inmediaciones.

Estas subidas de aguas profundas ricas en nutrientes son la fuente de una gran abundancia de animales que beneficia a la industria pesquera. El Perú, por ejemplo, es el segundo mayor productor mundial de pescado con, en los mejores años, 10 millones de toneladas de anchoveta, una especie de anchoa utilizada para la producción de harina para la alimentación animal.

Bajo la fuerza de Coriolis inducida por la rotación de la Tierra, las corrientes dominantes giran en sentido horario en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur.

### MAREAS

En virtud de las leyes de la gravedad, la luna y el sol ejercen sobre nuestro planeta natal similar a una patata, una acción que tiende a deformarla, de acuerdo con sus respectivas órbitas. Este fenómeno causa las mareas.

Por supuesto, el efecto de la marea es principalmente visible por su acción sobre las aguas marinas, pero, no obstante, es cierto que la masa del planeta entero se deforma debido a los movimientos orbitales.

La fuerza de gravedad de la Luna atrae a los océanos, formando así un bulto de agua en su dirección.

Este bulto, cuya altura se ha medido recientemente con la ayuda de satélites, es relativamente pequeño, con un promedio de menos de dos metros, pero puede ser amplificado localmente por fenómenos de resonancia debido a la geografía particular de ciertas costas: el Canal de la Mancha, el Canal de San Jorge en mar de Irlanda y el estuario del río San Lorenzo en Canadá.

Las variaciones de posición de la luna y del sol en relación con nuestro planeta causan variaciones iguales en la altura de las mareas (agua alta y baja) indicadas en los anuarios por un coeficiente (máximo teórico 120). Las mareas más grandes corresponden a las posiciones de sicigia: alineación de la luna y el sol con la Tierra.

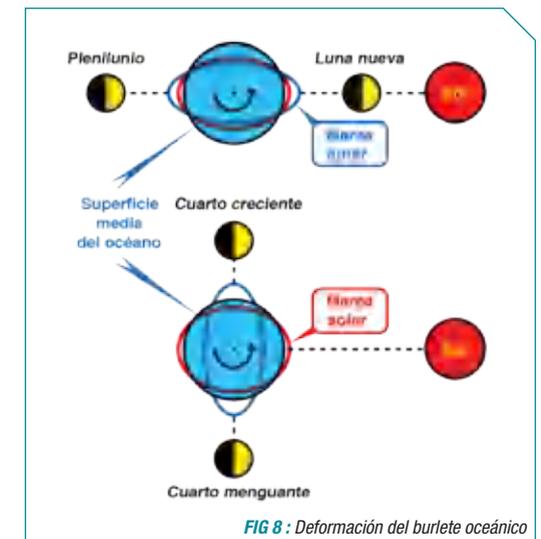


FIG 8 : Deformación del burlete oceánico

En toda Europa, las mareas son semi-diurnas, con dos mareas bajas y dos mareas altas por 24 horas. Su amplitud (la diferencia de altura entre las mareas altas y bajas) puede variar desde unas pocas decenas de centímetros en el mar Mediterráneo, hasta más de trece metros en la bahía del monte Saint-Michel (Normandía) y dieciséis metros en la bahía de Fundy (Canadá). Estas mareas generan fuertes corrientes cuya velocidad puede superar los 10 nudos (18,5 km/h).

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico Naval francés (S.H.O.M.) publica directorios anuales de mareas para todas las regiones del mundo. También publica corrientes de marea para varias regiones de Francia (el Canal de la Mancha, el puerto de Brest, etc).

**Ningún buceador debe meterse en el agua en una zona de marea sin estar completamente informado del horario y de los coeficientes de las mareas locales.**

### OLAS, OLEAJE

Las olas resultan de la acción del viento sobre el agua superficial. Su altura puede superar los 20 m durante fuertes tormentas y su acción aún se puede sentir a más de 50 m de profundidad. La corriente y el relieve submarino pueden reforzar su efecto haciendo que colapsen (rompientes). Incluso cuando el viento se ha detenido, las ondulaciones que causó pueden persistir y estrellarse contra la costa, esto es el oleaje. Si un viento sopla desde otra dirección, el oleaje y las olas pueden oponerse entre sí, causando un mar agitado y caótico, temible para los barcos pequeños.



*Marejada en Acapulco.*

Los terremotos submarinos también pueden generar un tipo de onda oceánica que se propaga en círculos concéntricos alrededor del punto de emisión: los tsunamis. Moviéndose a velocidades de hasta 700 km/h, especialmente en áreas de alta actividad sísmica en el Pacífico, sus efectos son particularmente devastadores en las costas. Ciudades arrasadas, estructuras portuarias destruidas, barcos transportados al interior de las tierras por olas de más de diez metros de altura, estos tsunamis han causado cientos de miles de víctimas. En el océano Atlántico, Lisboa fue completamente destruida por uno en 1755.

Más recientemente, y con las dramáticas consecuencias sobre la planta de energía nuclear bien conocida, el tsunami de Fukushima, el 11 de marzo de 2011, causó olas de una altura estimada de más de 30 m que destruyeron casi 600 km de costa hasta 10 km en el interior.



*El buceo en el Océano Atlántico hace que se preste atención a las mareas.*



*En los atolones, la laguna se vacía y se llena con el ritmo de las mareas. Los pases son lugares de observación para los animales que aprovechan la corriente.*

# Un medio vivo



Un animal asombroso: el gorgonáceo.



Cangrejos buey de mar - isla de Oléron.



Barracudas formando un cardumen: una estrategia de depredación.

<b>El origen de la vida en la Tierra</b> .....	20
> Algunas fechas importantes .....	20
Patrice Petit de Voize	
<b>Historia de la vida y árbol filogenético</b> .....	23
> Un poco de orden .....	23
> El árbol filogenético .....	25
Annie Lafourcade - Chantal Delcausse	
<b>Biotopos y biocenosis</b> .....	27
> Reglas de las biocenosis marinas .....	29
Patrick Maillard	
<b>Asociaciones</b> .....	31
> Mutualismo .....	31
> Parasitismo .....	33
Patrice Petit de Voize	
<b>La cadena trófica</b> .....	36
Annie Lafourcade - Jean Bonnefis	



Medusa Rhizostoma pulmo - Mar Mediterráneo

## CNIDARIOS

De la palabra griega *knidê* : ortiga

### DEFINICIÓN - GENERALIDADES

Los cnidarios son metazoos diblásticos acelomados (ver la definición en página 46) radialmente simétricos, cuya forma general evoca la de un saco, provisto de una única abertura, bordeada de tentáculos que están llenos de células urticantes. Figuran entre los metazoos (animales multicelulares) más antiguos que aparecieron en la Tierra, probablemente en el Precámbrico, hace más de 800 millones de años.

Con más de 10,000 especies, los cnidarios generalmente vienen en dos formas:

> una forma fijada (a veces definitivamente), llamada **pólipo**.

> una forma libre en el estado adulto, llamada **medusa** FIG 24 (página opuesta).

Estos animales están omnipresentes en el mundo de los buceadores: corales, madréporas, gorgonias, anémonas, medusas, hidroides. Son visibles en todos los mares y en todas las profundidades.

Los individuos pueden ser solitarios y, en este caso, tienen un tamaño que va desde unas pocas décimas de milímetro (pólipos de hidras) hasta más de un metro (anémonas, medusas) o se pueden ensamblar en colonias. Estas pueden alcanzar dimensiones extraordinarias: los arrecifes de coral, entre otros, constituyen conjuntos de varios cientos de kilómetros de longitud. El más grande de estos arrecifes, la Gran Barrera de Coral de Australia, es visible ... ¡desde la Luna!

El estudio de las anémonas abisales, recolectadas por submarinos de exploración, muestra que algunas de ellas pueden tener más de mil años.

### MORFOLOGÍA

Los cnidarios son metazoos diblásticos, que consisten en un conjunto de células dispuestas en dos hojas separadas por una hoja intermedia gelatinosa: la **mesoglea**.

La hoja externa, o **ectodermo**, se compone principalmente de tres tipos de células:

> Células **epitelio-musculares**, que permiten al animal realizar simples movimientos de contracción.

> Células urticantes o **cnidocitos**, a veces agrupados en botones urticantes.

> Células sensoriales, ciliadas, que conectan el animal con el ambiente externo (detección de presas ...).

La hoja interna o el **endodermo** FIG 25 consiste en células flageladas para fines digestivos, cerca de las células epitelio-musculares del ectodermo, por lo tanto, capaces de movimientos contráctiles. Absorben y digieren partículas de alimentos (fagocitosis), ayudados en este trabajo por sustancias digestivas producidas por las células glandulares y vertidas en la cavidad gástrica. El endodermo también tiene una serie de células sensoriales.

Algunos tipos particulares de células existen en la masa gelatinosa de la **mesoglea**. Están emigrando o no, y en particular, están en la cercanía del ectodermo: son las neuronas, que enlazan las células epitelio-neuronales y los cnidocitos, constituyendo así un inicio de sistema nervioso.

La célula urticante, común a todos los animales en este filo, el **cnidocito** FIG 26, también llamado nematocito o **cnidoblasto**, está equipada con una ampolla «explosiva», el cnidocisto (o nematocisto o cnido), en el que hay un filamento hueco bañando en un veneno paralizante.

Cuando se toca el **cnidocilo**, ubicado en la superficie del ectodermo, un impulso nervioso provoca un fuerte aumento de la presión en el cnidocisto. El filamento, girando abruptamente, como un dedo de guante de goma, golpea la presa a gran velocidad, y permanece anclado por los ganchos situados en su base. El veneno, más o menos activo, dependiendo de la especie, puede tener efectos paralizantes o incluso mortales en las presas.

Algunos cnidarios: *Physalia physalis* (carabela portuguesa), las cubomedusas (cubozoos, avispas de mar), algunas anémonas o anémonas tubo, pueden, en caso de contacto con humanos, provocar traumatismos considerables: quemaduras, choques alérgicos, potencialmente incluso conduciendo a la muerte.

### NUTRICIÓN

Todos los cnidarios son carnívoros, ya sean activos o pasivos, dependiendo de la especie.

En todos los casos, la presa, viva o no, es capturada por los tentáculos, y si es necesario, paralizada o matada por el veneno de las células urticantes, pues llevada a la boca y luego digerida dentro de la cavidad gástrica. Las partes no asimilables (fragmentos de concha, crestas, ...) son rechazadas afuera.

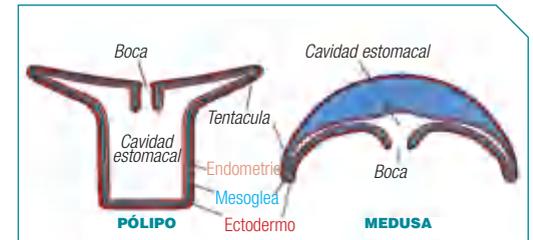


FIG 24 : Dos formas de cnidarios, pólipos o medusas

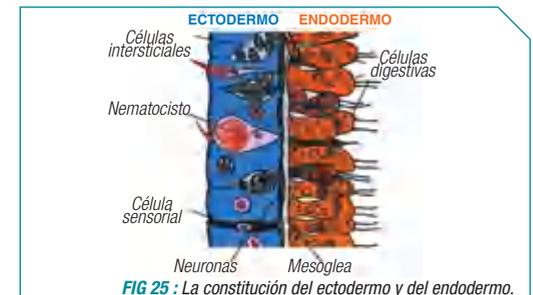


FIG 25 : La constitución del ectodermo y del endodermo.

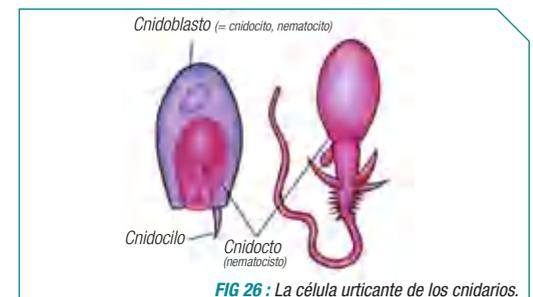


FIG 26 : La célula urticante de los cnidarios.

Gran anémona tubo *Cerianthus membranaceus*, Mar Mediterráneo.

**REPRODUCCIÓN**

Sexuada o no, la reproducción de los cnidarios es muy compleja; algunas medusas tienen una etapa de pólipo y algunos pólipos una etapa de... medusa. Se discutirá por separado para cada clase.

**CLASSIFICATION**

Los cnidarios generalmente se dividen en tres súper clases:

**> Los Antozoos**

(de las palabras griegas *anthos*: flor y *zoon*: animal)

**> Los Hidrozoos**

(De las palabras griegas *hudôr*: agua y *zoon*: animal)

**> Los Escifozoos**

(De las palabras griegas *skuphos*: cup y *zoon*: animal))



*Alcion Alcyonium acaule. Mar Mediterráneo.*

**ANTOZOOS**

Cerca de 5300 especies se dividen en dos clases: octocoralarios y hexacoralarios.



*El alcion incrustante Alcyonium coralloides. Mar Mediterráneo.*

En la mayoría de los octocorales, coexisten dos tipos de pólipos, que cumplen diferentes funciones:

> **los gastrozoides** (o autozoides) responsables de capturar y asimilar los alimentos,

> **los sifonozoides**, un tipo de válvula contráctil, responsable de abrir y cerrar el acceso de los canales endodérmicos al ambiente externo.



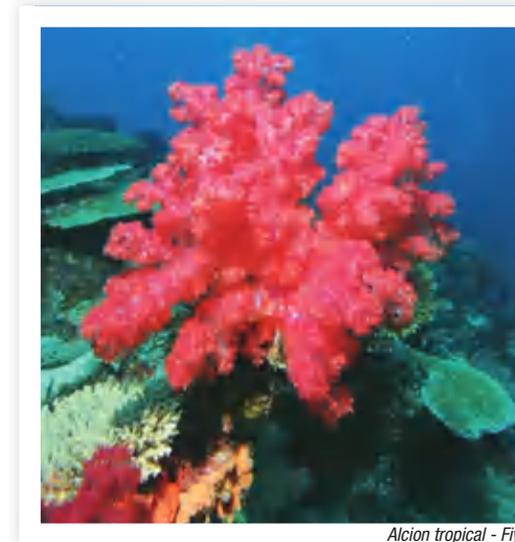
*Los polipós del alcionrojo Alcyonium glomeratum - Bretaña.*

**> Stoloniífera**

Los pólipos son de tamaño pequeño y están conectados por un estolón que se adhiere al sustrato (Clavularia, Cornularia); a veces tienen una envoltura cornea, secretada por el ectoderma. Las formas más grandes se pueden calcificar: Tubipora musica, conocida por los buceadores como el «coral música», retrae sus pólipos en un conjunto complejo de tubos que parecen tubos de órganos.

**> Alcionarios**

Alcionarios (o alciones), constituyen colonias incrustadas o erigidas de estructura bastante masiva. El ectoderma cubre la superficie de la colonia, la mayor parte de la masa es la mesoglea, aquí llamada coenenchyma, que incluye los tubos endodérmicos que contienen los pólipos retráctiles muy alargados. Los sifonozoides permiten que el agua del ambiente externo entre en los canales endodérmicos, lo que ayuda a rigidizar la colonia por un hidroesqueleto. Esta rigidez se ve reforzada por la presencia de miles de minúsculas espículas calcáreas, los escleritos. La colonia entera puede retraerse cuando esta tocada, formando conjuntos rígidos, a veces erizados de espículas, como los grandes Dendronephthia, en mares tropicales, con magníficos colores. El género Alcyonium está muy bien representado en mares fríos y templados.: *A. digitatum*, *A. glomeratum*, *A. palmatum*.



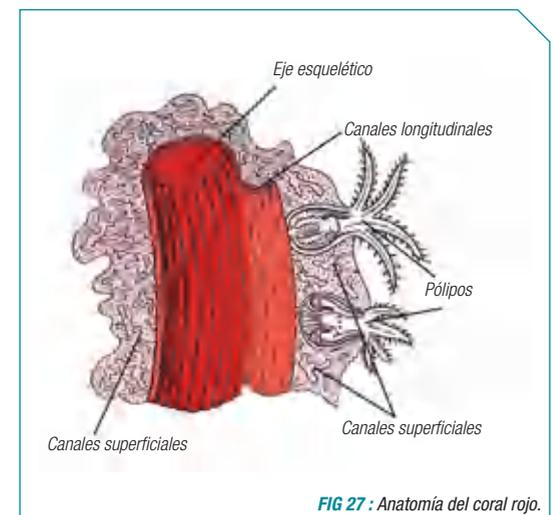
*Alcion tropical - Fiji.*



*Coral rojo - Córsega.*

**> Coralliidae**

El famoso coral rojo, el «coral de los joyeros», *Corallium rubrum*, pertenece a esta orden. Vive principalmente en el mar Mediterráneo, entre 10 y 200 m. El esqueleto, formado por espículas fusionadas, es de un hermoso color rojo y los pólipos son blancos. Como en el caso de los alciones, los pólipos se alojan en tubos endodérmicos, incrustados en una mesoglea armada con espículas (escleritos). La comunicación entre los diferentes pólipos es proporcionada por tubos endodérmicos paralelos en contacto con el esqueleto. Nuevamente, al igual que con los alciones, existen sifonozoides, que permiten el contacto con el entorno externo. Las colonias de coral rojo pueden superar los 60 cm de altura, con un diámetro de rama de hasta 3 cm. A veces se puede encontrar una variedad albina, mientras que las especies vecinas, blancas o rosadas, viven en el Mar Rojo o en el Mar de Japón.



**FIG 27** : Anatomía del coral rojo.

#### 4> Vida animal

##### > Gorgonáceos

Las gorgonias, colonias ramificadas de hasta varios metros de altura, se desarrollan alrededor de un eje córneo y consisten en una mezcla de colágeno-proteína: la gorgonina, tanto flexible como resistente, secretada por el ectodermo (en rojo en la FIG 28). Los escleritos en el coenenchyma son abundantes y de diversas formas y colores. La posición, el color y el tamaño de los pólipos varían de una especie a otra, al igual que la distribución de las «ramas», a veces con ramas soldadas las unas con otras (en forma de abanico) y dispuestas en el mismo plano, perpendicular a la corriente dominante. Esta disposición facilita la recogida de las partículas nutritivas.

##### > Pennatuláceos

Aquí, las colonias no están fijadas, sino que están incrustadas en el sedimento por un pedúnculo carnoso. La parte inferior, desprovista de pólipos, es el pedúnculo utilizado para anclar la colonia en el cieno o la arena. Existen dos formas en los mares europeos:

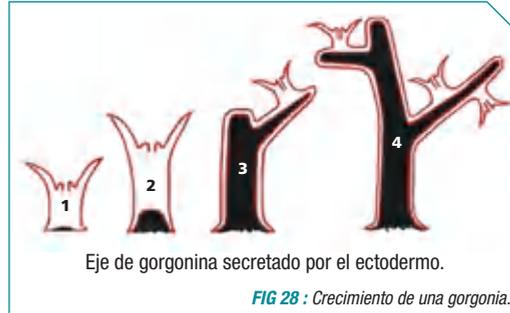
- **Veretillidae**, de forma cilíndrica, naranja a rosa, con pólipos translúcidos, muy abundantes en ciertos lugares (Golfo de León).

Pueden retraer sus pólipos y reducirse drásticamente, expulsando el agua del hidrosqueleto hasta que desaparezcan por completo en el sedimento (principalmente durante el día). Tamaño cuando se desenrolla: 50/60 cm, en promedio.

- **Pennatulidae**, o plumas marinas, cuyos pólipos se fijan a las hojas, dispuestas a ambos lados del raquis y que se superponen como las tejas de un techo. Menos retráctiles que Veretillidae, pueden enrollarse sobre sí mismos, como unas hojas de helecho. Tamaño desenrollado: 15/30 cm, en promedio.

##### > Helioporidae (coral azul)

Las colonias son masivas, y utilizan células ectodérmicas especiales (calicoblastos) para secretar un esqueleto calcáreo de color azul, que consiste en fibras de carbonato de calcio ricas en sales de hierro. La apariencia externa es lisa, perforada con aberturas en forma de estrella de las que emergen los pólipos. Particularmente valorado por los coleccionistas, usuarios de acuarios y otros entusiastas de la «curiosidad», el coral azul del Indo-Pacífico, *Heliopora coerulea*, es objeto de medidas de protección internacionales.



Eje de gorgonina secretado por el ectodermo.

FIG 28 : Crecimiento de una gorgonia.

##### > Reproducción

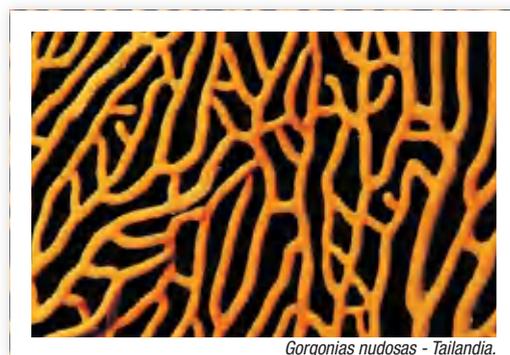
Primero, la reproducción es sexual, por la producción de gametos que son la evolución terminal de las células germinales en las particiones de la cavidad gástrica. La fecundación es externa, lo que resulta en el desarrollo de una larva, la planula, que, después de una vida pelágica muy corta, cae al fondo y se establece para producir un primer pólipo. Luego, el segundo paso, para las formas coloniales, es la multiplicación asexual, donde la madre pólipo cree yemas para formar el resto de la colonia.

##### > Depredación

Al igual que muchos cnidarios, los octocoralarios son la presa de muchos moluscos, especialmente las simnias y los caracoles lenguas de flamenco, que se parecen a pequeñas porcelanas. El manto de estos animales, que cubre la concha, es del mismo color que el de su huésped, lo que los hace muy difíciles de distinguir.

##### > Parasitismo

Las gorgonias y los corales rojos también pueden ser invadidos por alcionos, hidroides, briozoos, ascidias o gusanos, a menudo debido a una lesión o una enfermedad.



Gorgonias nudosas - Tailandia.



Anemona Aiptasia mutabilis – Mar Mediterráneo.

#### HEXACORALARIOS

Antozoos con tentáculos lisos (sin pinnula), seis en número, o múltiplos de seis. Hay, como en el caso de los octocoralarios, formas solitarias o coloniales, desprovistas de esqueleto o, por el contrario, dotadas de un esqueleto calcáreo o córneo. Dependiendo de los autores, se dividen en seis órdenes (a veces siete).

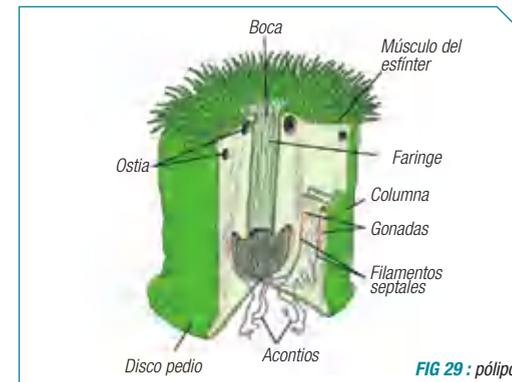


FIG 29 : pólipo.

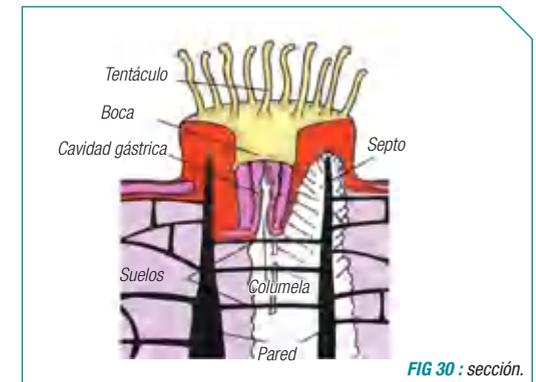


FIG 30 : sección.

##### > Actiniarios

Todos, incluso los que no bucean, conocen las anémonas de mar, aunque algunos (las personas de tierra adentro...) creen que son flores acuáticas. Las anémonas son los cnidarios más visibles en nuestros mares templados, pero también se encuentran en otros lugares, desde los mares árticos hasta los trópicos, desde la zona de las mareas hasta las más grandes profundidades. Todos los actiniarios tienen tentáculos huecos, dispuestos en forma de corona alrededor de la boca, la mayoría de las veces en ciclos alternos, y siempre un múltiplo de seis.

La cavidad gástrica está dividida por particiones, completas o no. Cada caja entre particiones corresponde a un tentáculo. Estas particiones transportan, entre otros órganos, las glándulas genitales y las protuberancias musculares. En su parte inferior, hay filamentos largos, los acantios, que el animal puede expulsar, en caso de agresión o estrés, por poros llamados cíclidos, que ponen la cavidad gástrica en contacto con el exterior. La columna puede ser más o menos larga, rugosa o lisa, e incrustada con pedazos. Lleva el disco pedio en la base, que se utiliza para fijar el animal a un sustrato, y secreta productos adhesivos que refuerzan la fijación.