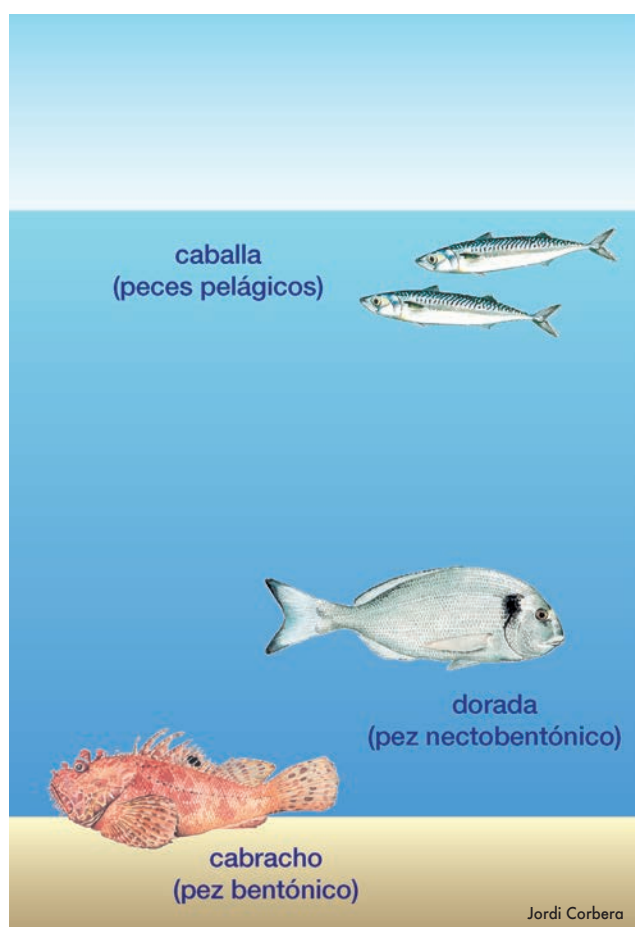


Las algas

I. El hábitat

Un hábitat es un ambiente habitado por uno o varios organismos, es decir, el lugar donde vive, por ejemplo, una población de organismos de la misma especie.

En el medio marino, que *grosso modo* cubre el 70 % de la superficie terrestre, se hallan muchos tipos de hábitats distintos. A gran escala, podemos encontrar hábitats más costeros que se diferencian mucho de los hábitats de mar abierto. Los hábitats costeros se localizan, aproximadamente, desde la línea de costa hasta el límite de la plataforma continental, y comprenden los ecosistemas donde se concentra la mayor parte de la vida y diversidad marina. Pero también se puede hacer una división de los hábitats marinos en función de la profundidad o de la distancia al fondo marino; de forma que se pueden diferenciar los *hábitats pelágicos*, situados cerca de la superficie o en la columna de agua, y los *hábitats bentónicos* o *demersales*, localizados cerca del fondo marino. Los hábitats pelágicos son mucho más cambiantes y efímeros que los demersales. Dentro de los ambientes demersales también existen muchos subambientes particulares, como



las montañas submarinas, los fondos fangosos, los fondos rocosos y las fuentes hidrotermales. Muchos de estos ambientes demersales se originan según las particularidades de la topografía o del tipo de fondo marino. Los organismos que viven en el medio pelágico suelen llamarse *pelágicos* –por ejemplo, un atún es un pez pelágico– y los que viven en hábitats demersales suelen llamarse *demersales* o *bentónicos* –por ejemplo, una esponja es un organismo bentónico y un rape es un pez bentónico–. Asimismo, esta división en dos grandes ambientes no excluye las relaciones entre unos y otros, sino todo lo contrario: entre el ambiente pelágico y el bentónico se dan múltiples y muy variadas relaciones, que conforman el denominado *acomplamiento bento-pelágico* y que pueden incluir desde diferentes fases del ciclo de vida de muchas especies hasta relaciones tróficas.

Fig. 1. Ejemplo de organismos pelágicos, bentónicos y nectobentónicos.

Un hábitat puede ser muy amplio, como, por ejemplo, el mar abierto; o, por el contrario, muy reducido, como una poza en el intermareal. Los pequeños hábitats que encontramos dentro de un hábitat más grande se denominan *microhábitats*, como pueden ser, por ejemplo, las grietas de una roca.



Fig. 2. En la zona intermareal hallamos una variedad de hábitats. Las charcas de la zona intermareal son hábitats de tamaño reducido, aunque no tanto como los microhábitats que suponen las ranuras de las rocas. Fijaros en esta variedad de microhábitats representados en la ilustración.

1. Ingenieros ecosistémicos

Los hábitats también pueden sufrir cambios provocados por la propia actividad biológica de los organismos que viven en él. Por ejemplo, entre los organismos marinos, los corales, numerosas algas, los mangles y las plantas marinas modifican de tal manera el hábitat que se podría decir

que crean nuevos hábitats que, a su vez, servirán de hábitat para otros organismos, actuando de esta manera como «bioingenieros» o ingenieros de ecosistemas.

Entre los organismos considerados ingenieros ecosistémicos, se distinguen los *alogénicos*, que cambian mecánicamente los ambientes realizando construcciones o desplazando material de un lugar a otro (un ejemplo del ámbito terrestre sería el castor), y los *autogénicos*, que modifican el ambiente a partir de su propio desarrollo (un ejemplo de los ecosistemas terrestres sería el árbol). Muchos animales filtradores, e incluso el plancton, pueden considerarse ingenieros ecosistémicos, aunque este término suele estar más asociado a organismos bentónicos que alteran significativamente el ambiente, creando nuevos hábitats, como, por ejemplo, los arrecifes de coral, las praderas de posidonia o los bosques de macroalgas.

La especie humana podría ser considerada el ingeniero ecosistémico alogénico más perturbador de los ecosistemas marinos y terrestres.

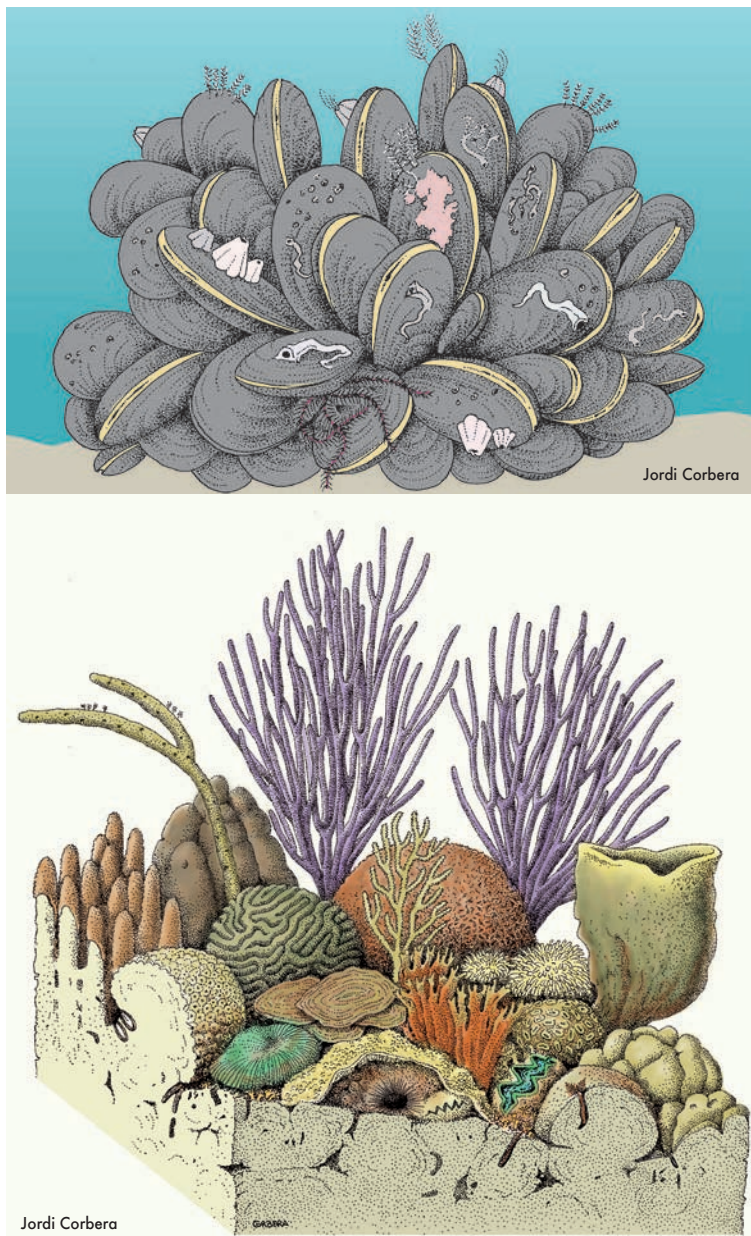


Fig. 3. Algunos organismos generan hábitats para otros organismos; por ello, se denominan *ingenieros ecosistémicos*. Entre ellos encontramos mejillones (↑) y corales (↓), por ejemplo.

2. Los hábitats marinos y factores que los afectan

Muchos hábitats marinos en general, pero especialmente los pelágicos, son bastante cambiantes, ya que la presencia de unas u otras especies depende mucho de las condiciones ecológicas que se encuentran, y estas están a menudo supeditadas a los regímenes de corrientes y a las características hidrodinámicas del ambiente, que suelen ser bastante cambiantes. Entre otros factores que afectan a los hábitats marinos también está la temperatura (influida por la latitud, las corrientes, la presencia de desembocaduras de ríos o fuentes de agua dulce o fuentes termales), la luz, los nutrientes, la salinidad, los diferentes gases que se encuentran disueltos en el agua, el grado de acidez o de alcalinidad, la turbulencia, la presencia o ausencia de sustrato y la presencia o ausencia de otros organismos creadores de hábitat. Según cuál sea la distribución de estos factores en el ambiente, se crean lugares más favorables para determinadas especies; por ello, por ejemplo, en el eje vertical, podemos encontrar una marcada zonación de las comunidades biológicas que viven en el fondo marino. Algunos de los factores que afectan a los hábitats pueden limitar el crecimiento de algunas poblaciones; en tal caso se denominan *factores limitantes*.

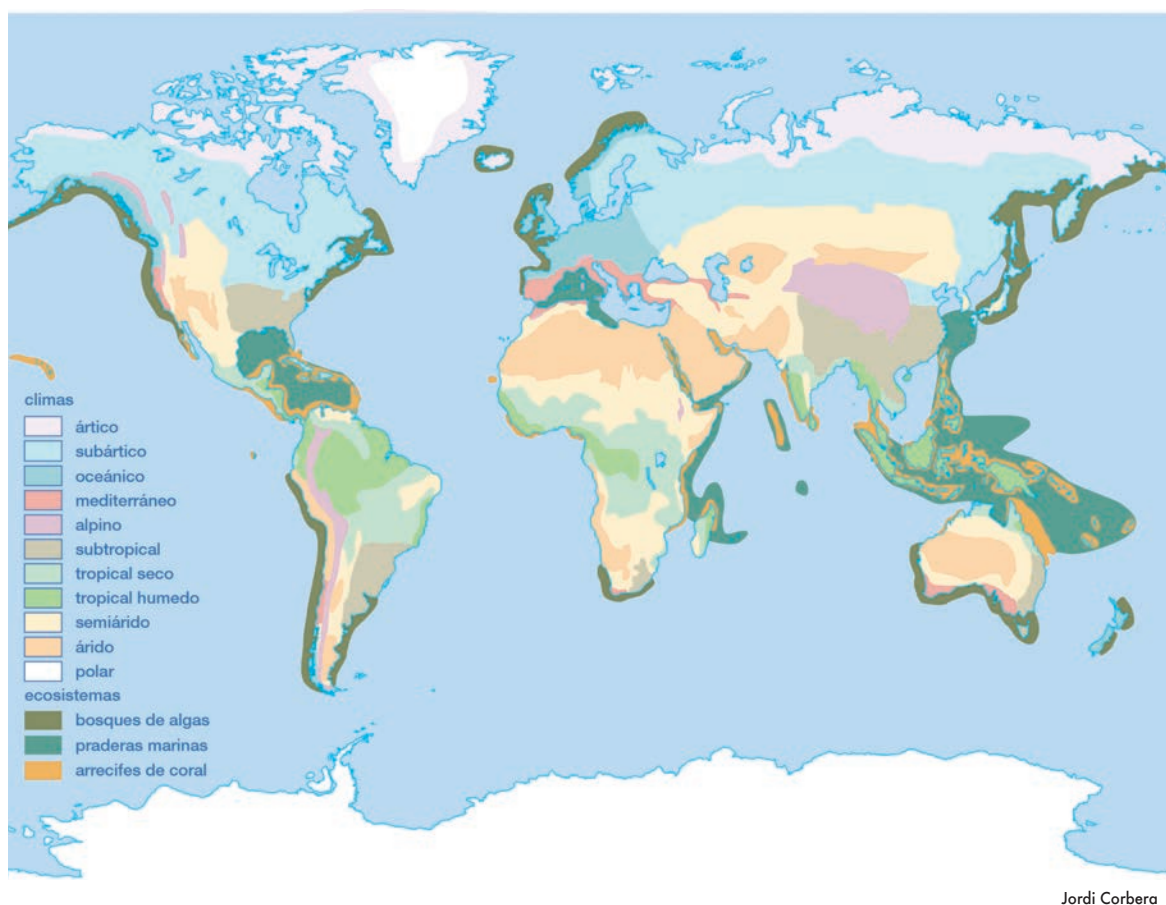
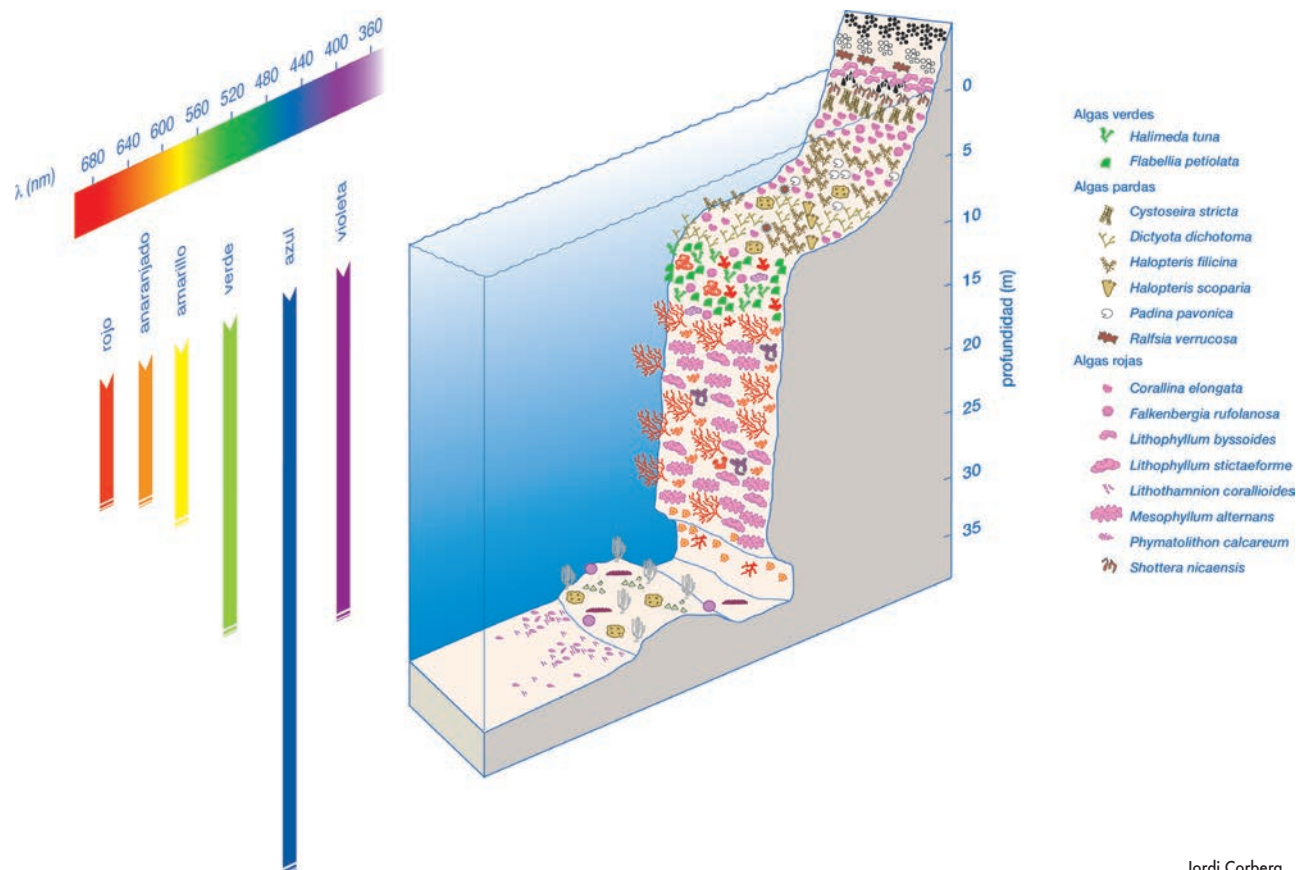


Fig. 4. En diferentes zonas climáticas del mundo encontramos distintos ecosistemas o hábitats marinos, influidos también por las condiciones oceanográficas.



Jordi Corbera

Fig. 5. Los factores ambientales, como el oleaje, el sustrato y la profundidad condicionan el hábitat de numerosas especies, como vemos con la zonación vertical de las algas.

Los ambientes costeros superficiales también suelen ser bastante cambiantes, puesto que están sometidos habitualmente a un considerable hidrodinamismo, responsable de que la erosión sea más acentuada y de que las condiciones hídricas sean más variables; un ejemplo son los ambientes intermareales, que pasan períodos sumergidos y otros sin cobertura de agua.

Los ambientes litorales también están muy afectados por la geología del lugar, así como por la presencia de desembocaduras de ríos, por ejemplo. Por ello, la morfología de las costas es muy variada, y encontramos desde acantilados hasta estuarios, pasando por islas barrera, fiordos, pozas intermareales y estructuras vivientes, como los arrecifes de coral. La zona costera (que abarca la plataforma continental), además, suele comprender muchas áreas de afloramiento, con lo cual tanto la variedad de ambientes como la disponibilidad de fuentes de alimento favorecen que en ella se concentre la mayor parte de la vida marina. Un ambiente particular en la zona costera es la zona intermareal, que está influida por fuertes fluctuaciones en el régimen hídrico, de manera que queda expuesta a la desecación durante ciertos periodos diariamente.

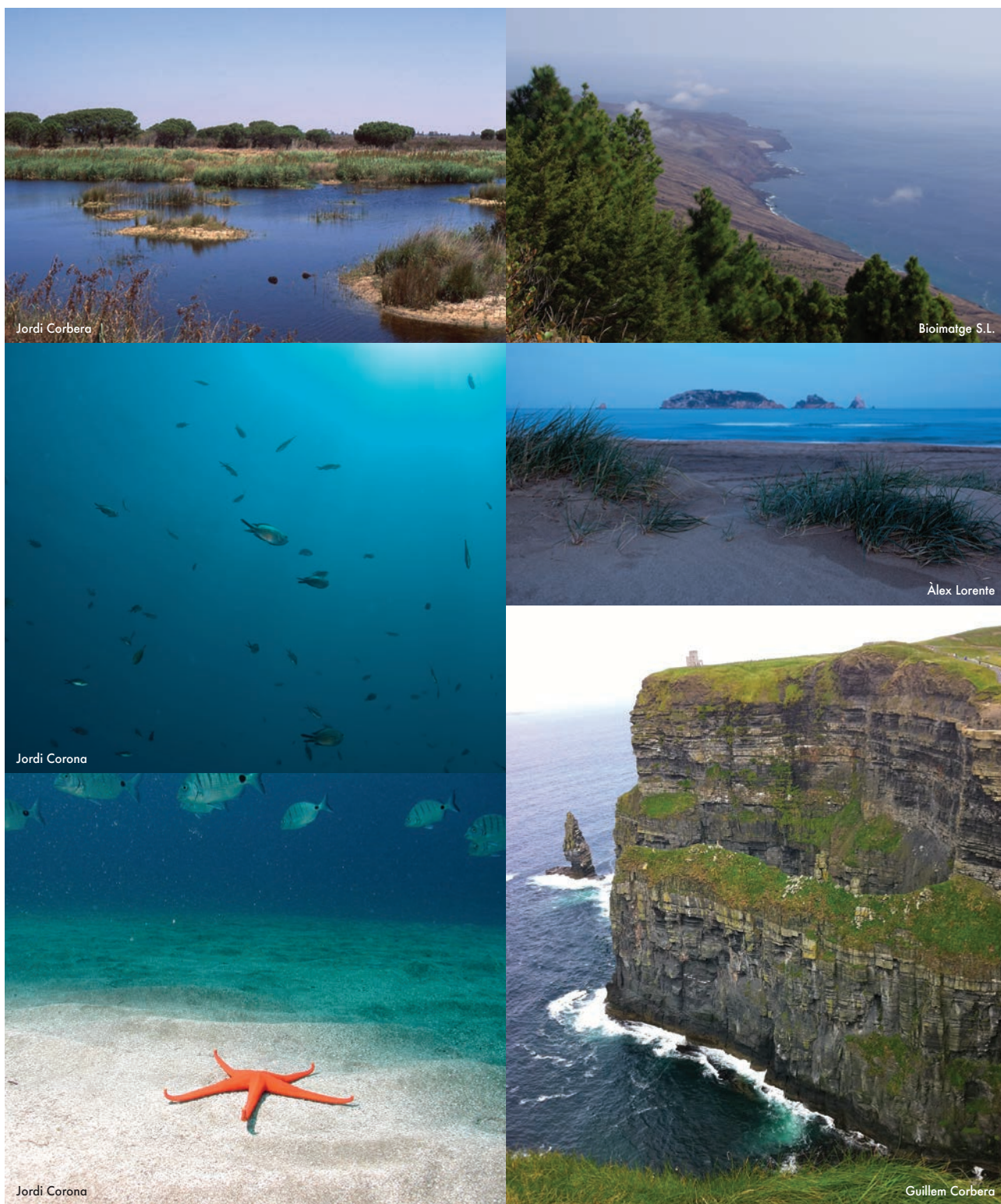


Fig. 6. (De ← a → y de ↑ a ↓), Las marismas, las islas, el ambiente pelágico, las dunas y las playas, los fondos arenosos y los acantilados son algunos ejemplos de ambientes relacionados con el ecosistema marino.

Asimismo, muchos de estos hábitats costeros son también los más influenciados negativamente por las actividades humanas. La contaminación, la sobrepesca y la construcción en el litoral han provocado la fragmentación y la desaparición de muchos hábitats marinos costeros.

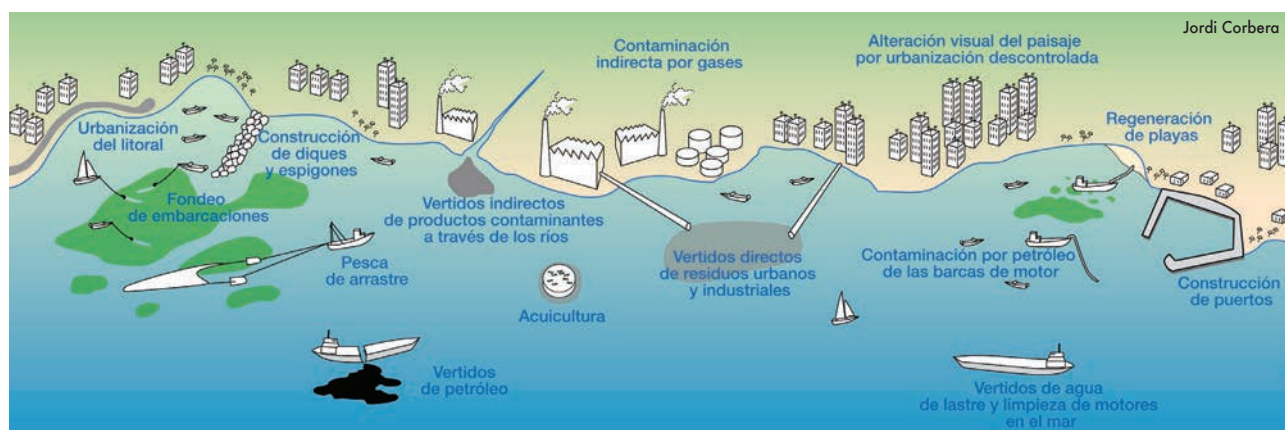


Fig. 7. Numerosas actividades humanas crean fuertes impactos en los hábitats más costeros, destruyéndolos, y afectan a las comunidades biológicas que viven en ellos, como, por ejemplo, las praderas de posidonia en el Mediterráneo.

3. Nicho ecológico

El concepto de *hábitat* a menudo lleva a hablar del concepto de *nicho ecológico*. Un nicho ecológico describe, de hecho, la forma de vivir y el lugar que ocupa una especie dentro de un hábitat. Se dice que cada especie tiene un nicho ecológico concreto, que viene determinado por cómo están distribuidos los recursos en el ambiente donde vive (en el tiempo y el espacio) y por las relaciones (de depredación, competencia, etc.) que tiene con las otras especies. *Hábitat* se refiere más al lugar en sí que ocupa una población de una especie. En cambio, *nicho* abarca también lo que una población de una especie hace dentro del ecosistema. En general, cuanto más complejo es un hábitat, más nichos ecológicos potenciales albergará. Cuando en un lugar escasean los recursos, las especies pueden intentar adaptarse a las nuevas condiciones buscando nuevos nichos ecológicos. Hay especies muy especializadas en aprovechar un recurso determinado; estas especies, llamadas *especialistas*, suelen ser más vulnerables a los cambios ambientales o a los recursos que hay en su hábitat. Por contra, las especies *generalistas* suelen tener nichos mucho más amplios y suelen adaptarse mejor a los cambios en el ambiente o en los recursos.

4. Hábitat y diversidad

En los diferentes hábitats podemos encontrar distinto número de especies. La diversidad no se refiere únicamente a la riqueza o número de especies, sino también a su abundancia relativa. En general, si un ambiente es más heterogéneo, más complejo, observaremos una mayor diversidad. El hecho de que un ambiente sea heterogéneo puede favorecer que haya más nichos ecológicos y, por tanto, más especies y más interacciones entre ellas.

La estabilidad de los factores ambientales que hay en un hábitat también puede influir en la diversidad que encontraremos en un ambiente o, al menos, en el tipo de organismos presentes en él. Por ejemplo, en un lugar con fuertes variaciones de temperatura, encontraremos especies que toleran estas variaciones (estas especies se llaman *euritermas*), mientras que en un lugar con mucha estabilidad en la temperatura, encontraremos especies que probablemente son más intolerantes a los cambios de temperatura (estas especies se denominan especies *estenotermas*).

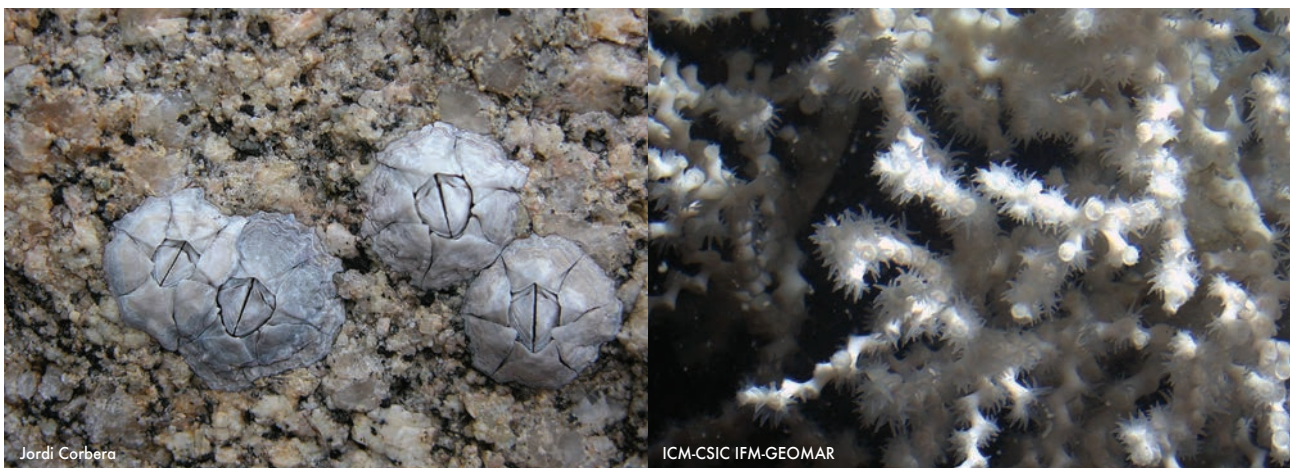
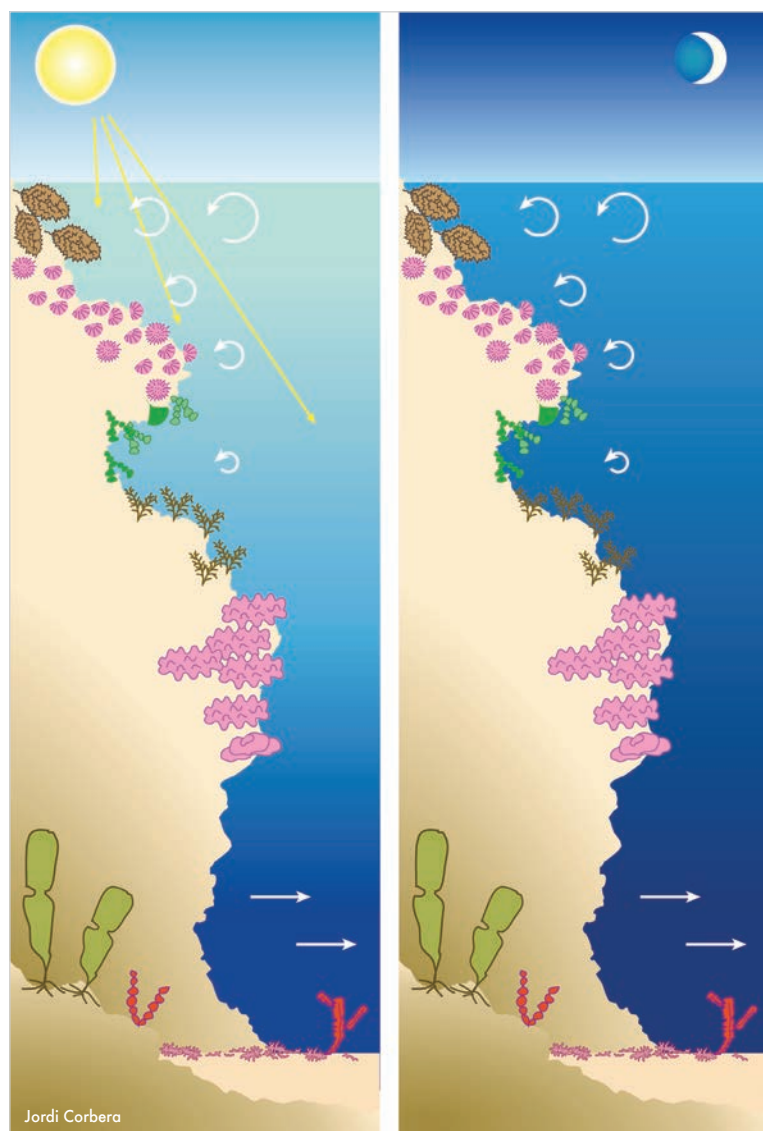


Fig. 8. El cirrípedo *Euraphia depressa* es una especie euriterma (←). Se cree que los corales de aguas frías son estenotermos, ya que toleran un rango de temperatura bastante concreto (→).

De esta manera, viendo que en los diferentes hábitats y bajo distintas condiciones ambientales hay diferentes valores de biodiversidad, podemos decir que el hábitat en sí condiciona la diversidad biológica.

5. Las algas como hábitat

Entre los organismos creadores de hábitats encontramos las algas. Las algas son protistas: seres eucariotas, unicelulares o multicelulares, que hacen la fotosíntesis y que constituyen uno de los principales productores primarios del ecosistema marino. Las algas multicelulares, que a menudo denominamos *macroalgas*, no tienen tejidos diferenciados, aunque pueden presentar ciertas estructuras más o menos especializadas: el hapterio o rizoide que les permite la fijación al fondo; el caulóide, una estructura similar al talo de las plantas; y los filoides, similares a las hojas de las plantas. Las variadas formas que presenta el talo de las algas son el resultado de diferentes maneras de crecer. Así, hay talos filamentosos —simples o ramificados—, arbusculares, comprimidos, erectos, incrustantes; además, algunos de estos talos pueden estar calcificados en mayor o menor grado, o cubiertos de sustancias mucilaginosas, por ejemplo.



Dentro de un mismo grupo de macroalgas (verdes, rojas o pardas) podemos encontrar una gran variedad de formas del talo y de tipos de crecimiento. Así, por ejemplo, algunas algas verdes tienen un talo más aplastado y delgado, como las del género *Ulva*; otras, en cambio, presentan un talo erecto más bien esponjoso y con ramificación dicotómica (es decir, que crecen dividiéndose en dos en cada ramificación), como las del género *Codium*.

Fig. 9. Esquema de algunos factores ambientales (hidrodinamismo, profundidad, luz, tipo de sustrato) y biológicos (tipo químico de alga, forma del talo, ritmos circadianos) que pueden afectar la fauna asociada a las algas.

Hay algas coralinas calcáreas que crecen sobre el sustrato y las unas sobre las otras, formando unos estratos calcáreos que sirven de sustrato para otros organismos, como esponjas, cnidarios y briozoos; estas algas forman las comunidades de coralígeno.

Algunas de las grandes macroalgas, como los kelp, que pueden llegar a medir más de 60 m de longitud, forman verdaderos bosques con una elevada producción biológica. Estas estructuras tridimensionales conforman el hábitat para numerosos organismos, ya que modifican los patrones oceanográficos costeros. El kelp proporciona un sustrato físico, además de un hábitat para otros organismos. El cuerpo de estas macroalgas se puede diferenciar en tres grandes partes: el hapterio, el talo y las frondes, además de las boyas flotantes o neumatocistos, las cuales también dan lugar a diferentes microhábitats que permiten la coexistencia de numerosas especies de organismos. Aunque estas macroalgas crean un hábitat en sí, para que ellas se establezcan, también es necesario que existan ciertas condiciones ambientales, como un sustrato más bien duro, una cierta disponibilidad de nutrientes en el agua y estar en una zona bien iluminada.

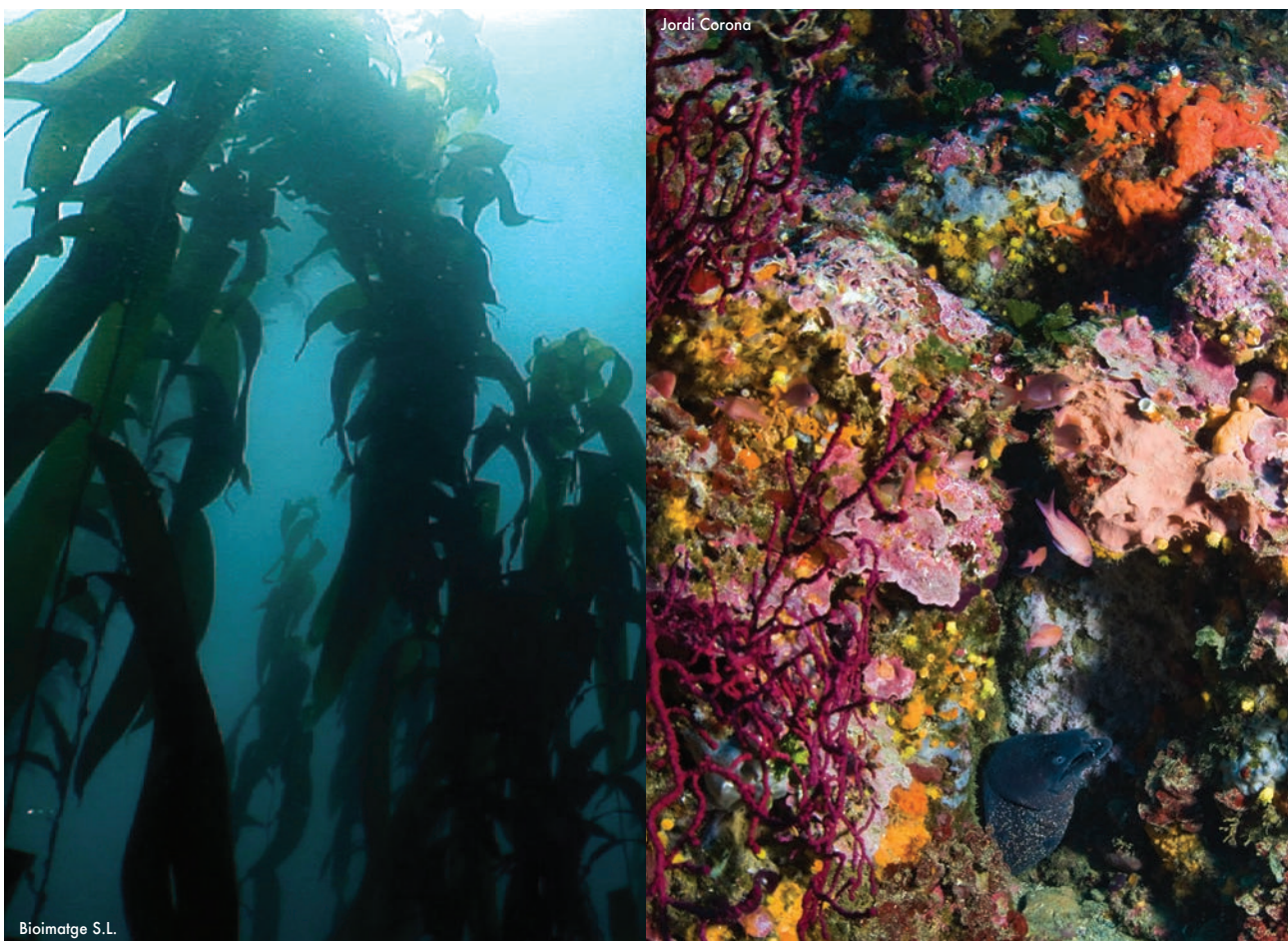


Fig. 10. (←) Bosque de kelp. (→) Coralígeno.

6. Diferentes algas, diferentes hábitats

Las diferencias en la estructura y forma del talo de las algas, así como su naturaleza química, condicionan la fauna que encontraremos asociada a las distintas comunidades de algas.

Hay numerosos organismos que viven asociados a las algas: por un lado, los que las emplean como fuente de alimento, viviendo sobre ellas o permanentemente cerca de ellas; por otro lado, los que usan las algas como refugio y los que emplean las algas como soporte, como algunos organismos epífitos. Los epífitos no parasitan las algas, pero, dado que cubren buena parte de su superficie, pueden llegar a impedir que fotosinteticen y, consecuentemente, provocarles daños.

En general, los talos más grandes y ramificados ofrecen más superficie y biomasa, y *a priori* pueden albergar un mayor número de organismos.



Jordi Corbera

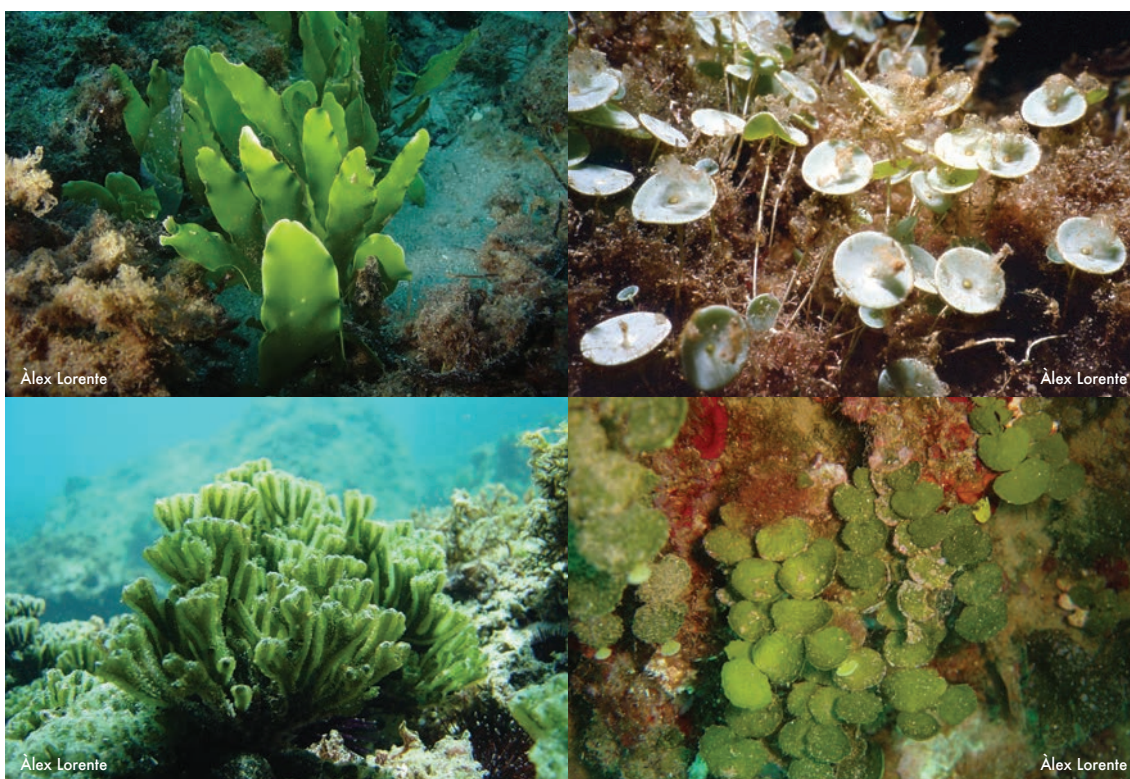


Fig. 11. (↑) Dentro de un mismo grupo de algas, como las verdes, encontramos especies con formas del talo muy variadas. (↓) Fotografías de diferentes especies de algas verdes, con talos de formas bien distintas (de ← a →): *Caulerpa* sp. *Acetabularia acetabulum*, *Codium* sp. i *Halimeda tuna*.

Las algas se clasifican en función de los diferentes pigmentos que contienen, responsables de sus diferentes coloraciones, así como por la presencia de otras sustancias en el interior de sus células –por ejemplo, sustancias de reserva, como el almidón– y por características de su pared celular. Las algas multicelulares se clasifican en tres grandes grupos: las verdes, las rojas y las pardas.



Jordi Corbera

Fig. 12. Aparte de las formas del talo, hay tres grandes grupos de algas que se diferencian por sus características químicas: algas verdes, algas rojas y algas pardas, además de algunas algas calcificadas.

Las algas verdes deben su nombre a la predominancia de la clorofila como pigmento fotosintético (clorofilas a y b), aunque también contienen carotenos y xantofilas. Suelen anclarse a las rocas de las costas, sobre todo en aguas templadas y frías, y algunas son muy resistentes a condiciones adversas, como los cambios notables en la temperatura y la salinidad del agua. Pueden ser filamentosas, tubulares o láminas aplanadas, entre otros tipos. Hay algunas algas verdes calcificadas, como las del género *Halimeda*, que tienen incrustaciones de carbonato cálcico.

Las algas rojas son también muy diversas, y en ellas la clorofila queda enmascarada por los pigmentos ficoeritrina y ficocianina, que les dan los tonos rojizos característicos. Suelen encontrarse a mayores profundidades que las algas pardas, y muchas de ellas crecen en lugares con fuerte hidrodinamismo. Sus talos son de formas muy variadas y en algunas especies presentan incrustaciones de carbonato de calcio o magnesio, lo que las endurece, como sucede en las algas

del género *Corallina*. Debido a estas incrustaciones de carbonato cálcico, los talos de estas algas forman estructuras muy estables que ofrecen una base sólida y un buen refugio a diferentes organismos fijos y vágiles; es decir, pueden formar, a su vez, un sustrato biológico que caracteriza comunidades como, por ejemplo, el coralígeno mencionado anteriormente.

Las algas pardas o feófitos tienen clorofilas a y c, carotenos y xantofilas –sobre todo fucoxantina– que les dan sus coloraciones marronadas o amarillentas. Presentan gran variedad de formas: las hay desde unicelulares microscópicas hasta laminariales gigantes de más de 100 m de largo con estructuras de gas (neumatóforos) que sostienen sus enormes frondes en dirección a la luz, e incluso hay algas con finos filamentos. Muchas presentan estructuras de fijación al sustrato, como hapterios o discos basales de adhesión; estos últimos sirven de sustrato para los organismos que viven sobre el disco y en su interior. De este modo se generan nuevas cavidades que suponen nuevas posibilidades de que especies de invertebrados las usen como refugio ante el embate de las olas y contra la depredación. Las algas pardas, al igual que las rojas, suelen encontrarse en lugares con gran hidrodinamismo y son bastante resistentes a la desecación, produciendo a veces un moco que las ayuda no solo a mantenerse húmedas, sino también a disuadir herbívoros y colonizadores. Por ello a menudo suelen encontrarse en zonas intermareales.



Fig. 13. (↑) Fotografías de alga verde (*Flabellia* sp.), roja (*Asparagopsis armata*) y parda (kelp), y (↓) de algas pardas (*Padina pavonica*) y rojas (*Corallina elongata*) calcificadas.

7. El zooplancton y las macroalgas

El zooplancton es el conjunto de organismos que viven suspendidos en la columna de agua, con una limitada capacidad de desplazamiento, supeditada sobre todo al movimiento de las masas de agua. Está compuesto por organismos heterótrofos de diferentes tamaños y de distintos grupos zoológicos, desde organismos unicelulares hasta las grandes medusas, pasando por una amplia variedad de crustáceos y de organismos gelatinosos. Dentro del zooplancton encontramos organismos que pasan todo su ciclo de vida formando parte de la masa de agua, y conforman el denominado holoplancton. Pero también hay una variedad de organismos que forman parte del plancton únicamente durante algunas etapas de su ciclo vital, y en conjunto forman el meroplancton (huevos, larvas y juveniles de diversos grupos de organismos pelágicos, que pasan estas fases de su ciclo vital en el plancton, donde se alimentan).

Los componentes más comunes del zooplancton que podemos encontrar asociados a las macroalgas se presentan a continuación:

- **Poliquetos.** Son gusanos anélidos con el cuerpo dividido en segmentos con apéndices laterales. Solo algunos grupos forman parte del holoplancton y desarrollan todo su ciclo vital en el ambiente pelágico.
- **Crustáceos.** Son los más representativos del zooplancton. Dentro de estos, los copépodos son los más abundantes. También encontramos anfípodos, misidáceos, isópodos y tanaidáceos.
- **Moluscos.** Dentro de este grupo encontramos heterópodos, con una concha en espiral similar a la de los moluscos gasterópodos terrestres, los pterópodos y algunos bivalvos.
- **Otros.** También podemos encontrar hidrarios, algunos equinodermos y otros organismos.



Fig. 14. Cogiendo una muestra de alga con el agua circundante.

II. Posibilidades de estudio

Las macroalgas pueden vivir en numerosos ambientes, y constituyen el hábitat de numerosos organismos. Podemos encontrarlas en zonas costeras iluminadas, a veces en lugares expuestos a un fuerte hidrodinamismo, o incluso en lugares muy expuestos a la desecación. Su gran variedad morfológica propicia el asentamiento de diferentes tipos y abundancias de organismos sobre sus talos.

Las algas, por tanto, nos permiten ver de forma muy cercana cómo el hábitat condiciona la diversidad. A través del estudio de la fauna asociada a diferentes tipos de algas, o a algas similares pero situadas en lugares con condiciones ambientales distintas, podemos observar su papel como hábitat y la diversidad asociada a estos hábitats (tanto en el diferente número de grupos taxonómicos como en la abundancia de organismos de cada grupo).

La actividad propuesta permite trabajar distintos aspectos (tanto por separado como combinados):

- **Diversidad.** A través de la observación de los diferentes organismos (y la cantidad de organismos de cada grupo) que colonizan distintos tipos de algas, se puede comparar la diversidad encontrada en diferentes tipos de algas y unificar las comparaciones a partir del peso del alga (número de individuos por unidad de peso del alga).
- **Factores ambientales y/o biogeográficos.** A través de la observación de los distintos organismos (grupos y número de individuos de cada grupo) asociados a las algas que viven en lugares con condiciones ambientales diferentes o en distintos lugares geográficos, se pueden determinar qué factores ambientales influyen en la fauna asociada a las algas.
- **Ritmos ambientales.** A través de la observación de la diversidad de organismos encontrados en una misma alga en diferentes estaciones del año o en diferentes momentos del día (por ejemplo, en zonas intermareales, esta comparación puede hacerse entre los tiempos de marea alta y marea baja), se pueden averiguar los factores ambientales que determinan la presencia de determinados grupos de organismos en determinados momentos del día o del año, y asociar esta información a sus ciclos vitales o a sus ritmos biológicos.

La biodiversidad de un lugar regula los flujos de materia y energía, juega un papel primordial en los ciclos biogeoquímicos y, por tanto, en los intercambios entre atmósfera, hidrosfera, litosfera y biosfera. El hecho de asociar el concepto de biodiversidad al de hábitat permite también entender el valor ecológico de los hábitats y promover su conservación o, por lo menos, entender los graves problemas ecológicos y también económicos que pueden derivar de la fragmentación y/o destrucción de los hábitats.

III. Material y métodos

1. Recogida de las muestras

1.1. Material de campo

- Bolsas de plástico
- Ropa de agua
- Formol
- Guantes
- Mascarilla
- Termómetro
- Botes de plástico para guardar las diferentes muestras
- Rotulador indeleble
- Tubo y gafas, si procede
- Cámara fotográfica

1.2. Metodología de muestreo

a) **Muestreo básico.** Se trata de realizar la recogida de uno o diferentes tipos de algas en una misma zona de muestreo (y en una misma área geográfica). Para mayor sencillez, se aconseja realizar el muestreo de algas superficiales (y si se realiza el muestreo en la zona intermareal, debe hacerse cuando la marea esté baja, lo cual resultará más fácil y menos peligroso; para ello, es útil disponer de una tabla de mareas para controlar este proceso).

Se recolectan un número representativo de algas –tres de cada tipo, por ejemplo– de diferentes grupos (rojas, verdes y pardas), o de algas del mismo tipo pero con morfologías diferenciadas; a mayor diferenciación, mejor se podrán analizar las diferencias de la fauna asociada a cada una (por ejemplo, alguna con un talo más o menos ramificado, otra con un talo más aplanado y ancho, otra calcificada, etc.).

El procedimiento de recogida consiste en cubrir el alga con la bolsa de plástico, de manera que la apertura de la bolsa quede cerca del fondo, y el alga junto con el agua que la circunda queden en el interior de la bolsa; de esta forma se recogerá no solo el alga en sí misma, sino también aquellos organismos que la rodean. Después se debe cerrar la apertura de la bolsa en la base del alga y separar esta del sustrato, ya sea tirando fuertemente con la mano o con la ayuda de algún instrumento, en el caso de que tenga rizomas o estructuras de adherencia.

Una vez recogida, se coloca el alga junto con el agua y su fauna asociada en un bote.

Seguidamente, para que la muestra se conserve, se añade una pequeña cantidad de formol (utilizando guantes para evitar irritaciones, así como una mascarilla) y se lleva al laboratorio para su posterior análisis.

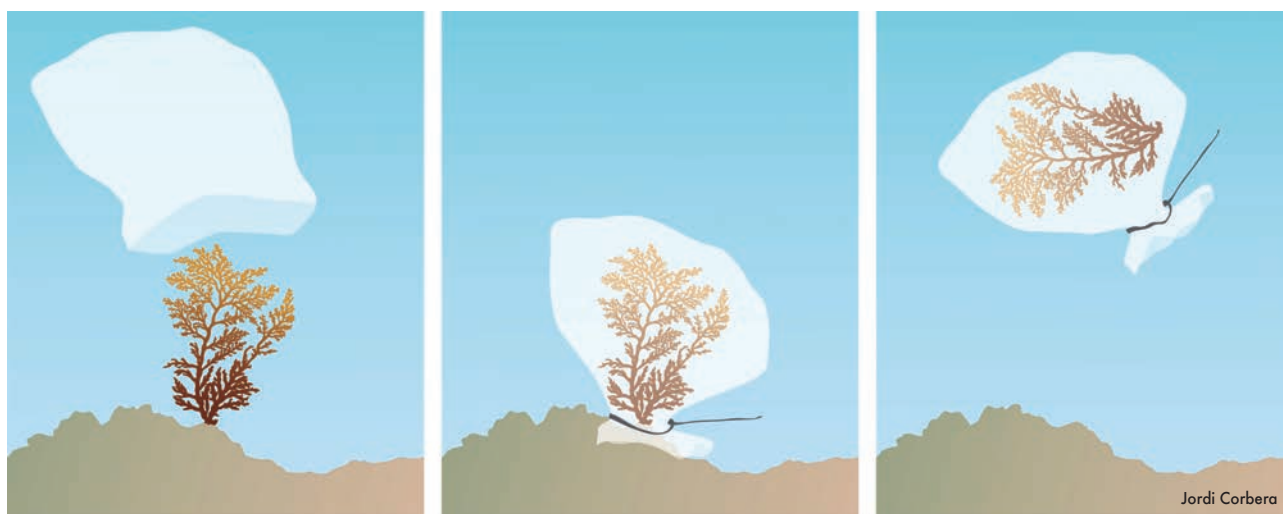


Fig. 15. Representación esquemática del muestreo básico propuesto (se indica cómo coger el alga con el agua circundante).

Es importante recoger datos ambientales de cada zona muestreada y anotar los valores en una tabla (como la que proponemos al final de la actividad); por ejemplo, se ha de registrar la temperatura del agua con la ayuda de un termómetro, el tiempo que hace ese día, la fecha y hora del muestreo y el tipo de sustrato. También resulta útil tomar fotografías.

- b) Muestreo en la zona intermareal.** Se trata de analizar la fauna asociada a una misma alga en diferentes momentos del día, cuando se ve afectada por distintos factores ambientales, como, por ejemplo, la subida y bajada de la marea. Como se ha comentado anteriormente, es útil disponer de una tabla de mareas. Se recolectarán, pues, ejemplares de una misma especie o también de especies de diferentes grupos en la zona intermareal, tanto durante la marea alta (extremando las precauciones) como durante la marea baja.

Si se desea realizar un estudio aún más extenso, cada uno de los apartados anteriores puede llevarse a cabo en distintas áreas geográficas, que presenten diferentes condiciones, como un mayor o menor embate de las olas, zonas con influencia o no de alguna urbanización próxima (evaluar el impacto antrópico), etc. Cuanto mayores sean las diferencias entre cada lugar, más claras se verán las diferencias en las comparaciones que se harán posteriormente.

La toma de fotografías durante todo el proceso, si es posible, siempre es recomendable.

- c) Muestreo a diferentes profundidades (opcional).** Mediante un procedimiento similar al anterior, se puede realizar la recogida de un número representativo de algas de una misma área geográfica, pero situadas en distintas zonas verticales de la franja litoral, de manera que estén sometidas a diferentes condiciones: unas en la zona superficial, sometidas a periodos de desecación; y otras a una mayor profundidad, de forma que estén permanentemente sumergidas.

Para ello, se puede recolectar una misma especie de alga que se encuentre a ambas profundidades o, en caso de que sean distintas, un mismo «tipo» de alga (por ejemplo, si se escoge un alga verde, que sean dos algas verdes y con una estructura de talo similar).

Para obtener las algas situadas a una mayor profundidad, lo ideal es encontrar una zona donde las algas estén permanentemente sumergidas, pero que sea muestreable sin necesidad de sumergirse y pueda recolectarse fácilmente desde la costa. Aunque las profundidades de las algas no sean muy distintas, lo interesante será que unas se hallarán permanentemente sumergidas (en condiciones hídricas más similares a las algas que se hallan a 5 m de profundidad), y las otras solo estarán sumergidas intermitentemente.

Si esto no es posible, el procedimiento de recogida puede realizarse usando una máscara de *snorkel* y un tubo para sumergirse, siempre y cuando el alumno se vea capacitado para ello, las condiciones atmosféricas lo permitan y se lleve a cabo bajo la supervisión de un adulto; si hay algún adulto que practique inmersión, puede recoger las algas equipado con escafandra autónoma.



Fig. 16. La zona de muestreo puede ser variada, desde una playa de arena hasta una costa rocosa. Intentad, siempre, muestrear en lugares de fácil acceso y protegidos.

2. Análisis de las muestras

2.1. Material de laboratorio

- Malla o tela de 60 a 100 micras de luz de malla
- Bote de plástico de 500 ml con tapón de rosca
- 2 bandejas de plástico (una para la filtración de los organismos asociados al alga y otra para depositar el alga)
- Pinzas
- Placas de plástico o vidrio
- Guantes, máscara y gafas de laboratorio para manipular las muestras con formol
- Alcohol de 70°
- Agua destilada
- Lupa
- Balanza

2.2. Tratamiento y filtrado de las muestras

Para el análisis de laboratorio, primeramente, es aconsejable que paséis la muestra fijada con formol a un recipiente con alcohol de 70°. Para hacerlo, debéis verter con cuidado la muestra en un cedazo fino, o filtrarla con un trozo de malla, recogiendo el líquido –agua de mar con formol– en un recipiente de plástico que se pueda cerrar. Hay que tener en cuenta que el formol es tóxico, por lo que es conveniente realizar esta operación en un lugar muy ventilado, con guantes y con máscara y gafas de laboratorio. Una vez tengáis la muestra en el cedazo o la malla, recogedla con mucho cuidado y colocadla dentro de un bote de plástico con alcohol de 70°. Para recoger la muestra, podéis rociarla o enjuagarla con el mismo alcohol, de forma que vaya cayendo en el recipiente de recogida. Seguidamente, estando la muestra en alcohol, podréis manipularla y analizarla más cómodamente y sin estar expuestos a los efectos tóxicos del formol.

Para analizar las muestras, primero hay que filtrarlas y posteriormente realizar el recuento de organismos. Para ello, debéis volcar toda la muestra del bote (que contiene el alga recolectada y la fauna asociada, en alcohol) en una de las bandejas de plástico. Con la ayuda de las pinzas, removéis un poco el alga, de manera que los organismos que pudieran estar en su interior se liberen y queden en el agua. Una vez hecho esto, podéis volver a poner el alga en el bote.

A continuación debéis cortar el bote de plástico de 500 ml con tapón de rosca por la base, así como el interior del tapón (de manera que, cuando lo enrosquéis al bote, quede un agujero); luego, colocad un trozo pequeño de malla (de 15 x 15 cm aproximadamente) bien extendido entre la boca del bote y el tapón recortado, de forma que la malla quede bien sujeta por la parte de la rosca y no haya arrugas. La estructura debe actuar como un colador.

Después colocad el bote con la malla encima de la otra bandeja de plástico, de forma que la base del bote quede hacia vosotros. Volcad la muestra de la primera bandeja de plástico (en la

cual se encuentra la fauna asociada al alga) a través del bote, de modo que los organismos queden atrapados en la malla, y el agua con alcohol quede en la bandeja.

El siguiente paso consiste en repartir los organismos de la malla en una placa de vidrio con un poco de agua destilada, para su posterior observación mediante la lupa binocular. Podéis volcar directamente la malla dentro de la placa, enjuagándola con un poco de agua, para que vaya cayendo en la placa de vidrio y así recuperar todos los organismos que han quedado retenidos.

Este procedimiento se realiza para cada una de las algas muestreadas.

Precaución: cuando se trabaja con formol, el ambiente debe estar debidamente aireado y se han de usar guantes (de látex) y una mascarilla.

2.3. Recuento total de individuos y especies

Se trata de determinar la presencia y número de individuos de los diferentes grupos de organismos encontrados, tras lo cual se podrán realizar cálculos de diversidad según las distintas fórmulas elegidas.

Los materiales proporcionados para la actividad incluyen una guía para la identificación de los organismos. Es conveniente realizar fotografías de las muestras y de los organismos concretos, y si tenéis dificultades para identificarlos, nos podéis enviar vuestras fotografías y os podemos ayudar a resolver vuestras dudas.

Para realizar el recuento de organismos, es necesario utilizar una placa de plástico transparente subdividida en, al menos, cuatro cuadrantes, sobre la cual se colocará la muestra. Entonces podréis evaluar:

- los diferentes tipos de organismos presentes;
- el número de individuos de cada especie o tipo, y, si son muy numerosos, el valor aproximado de individuos de cada especie encontrada; para ello, debéis contar los individuos que hay en uno de los cuadrantes y multiplicar por cuatro (número de cuadrantes totales en los que se ha subdividido la placa).

En una hoja de excel como la que os proporcionamos, id anotando la información que extraéis del recuento: nombre del organismo, número de individuos, color, forma y tamaño, etc.

Estos datos os permitirán obtener una aproximación de la diversidad presente en las diferentes algas y/o sometidas a distintas condiciones (zona geográfica, profundidad, temperatura, oleaje, etc.).

La biodiversidad se puede calcular mediante distintos índices, de los cuales el de Shannon y el de Brillouin son los más utilizados. Los valores obtenidos de los índices permiten comparar las muestras. El índice de Shannon supone que la diversidad responde a la probabilidad de que, al extraer al azar un individuo de una comunidad, este sea de una especie o taxón diferente; por

lo tanto, es un índice que no tiene en cuenta las abundancias de los individuos de las diferentes especies. En cambio, el índice de Brillouin, sí que tiene en cuenta cómo están representadas las especies —es decir, su abundancia—, a partir de la relación entre el número total de especies y el número de individuos de cada especie. Otros índices de biodiversidad que consideran las abundancias de los individuos —las abundancias totales o las abundancias de las diferentes especies— son el de Simpson y el de Margalef. Las fórmulas correspondientes a cada índice son las siguientes:

$$\text{Shannon-Weiner } H' = - \sum_i 1 p_i \ln p_i$$

$$\text{Brillouin } HB = (\ln N! - \sum \ln n_i!) / N$$

$$\text{Simpson } Ds = \sum_i 1 ((n_i (n_i - 1)) / (N (N - 1)))$$

$$\text{Margalef } Dm = (S - 1) / \ln N$$

n_i : número de individuos de la especie i

p_i : proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos

S : número total de especies

N_i : número total de individuos

2.4. Recuento de organismos en función del peso del alga

Para poder comparar las diferentes algas entre ellas, es necesario calcular el peso de cada alga y la media de individuos por unidad de peso del alga. Para llevar a cabo este proceso, debéis secar primero las algas con una estufa a 37 °C y/o al sol. Una vez hayan perdido toda el agua, pesadlas de una en una en una balanza. Seguidamente podéis proceder al cálculo del número de individuos por unidad de peso de alga y así saber finalmente la biodiversidad presente en cada una de las algas analizadas (es útil anotar los resultados en la hoja de cálculo). Con estos valores, podéis comparar la fauna asociada a los distintos tipos de algas muestreadas, tanto de la misma zona como de zonas distintas, o recolectadas en épocas del año distintas o a diferentes horas del día, así como relacionar el número de individuos con el tamaño y estructura del alga.

2.5. Procesamiento de los datos obtenidos y elaboración de conclusiones

Con todos los datos recogidos, podéis proceder al análisis de los mismos según los objetivos e hipótesis planteados al inicio de la actividad. Representar los resultados de manera gráfica o visual facilita su interpretación. Podréis elaborar conclusiones y reflexiones a partir de los resultados obtenidos y de la experiencia misma de la investigación, con las dificultades o problemas que hayan podido surgir a lo largo de la misma. Es también interesante que los diferentes grupos de alumnos compartáis, comparéis y discutáis las conclusiones a las que habéis llegado.

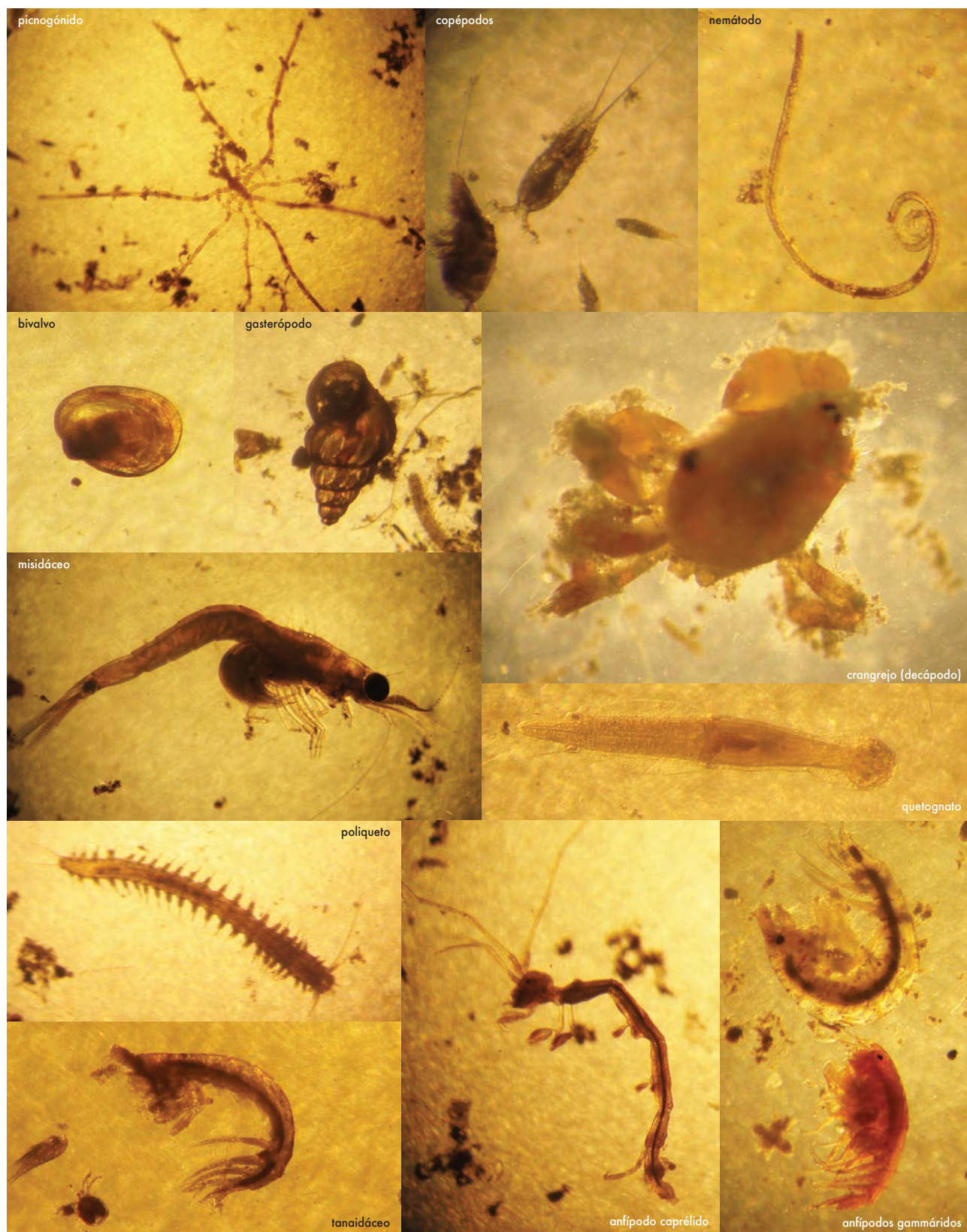


Fig. 17. Fotografías de algunos de los organismos encontrados durante el análisis de la fauna asociada a las algas, vistos con una lupa binocular, con su nombre en cada imagen. (fotografías de Anna Gili y Anna Withehouse)