

La colonización de sustratos en el mar

I. Introducción a la sucesión ecológica

Cualquier ecosistema es el resultado de un proceso en el cual un ambiente o biotipo va siendo colonizado sucesivamente por diferentes poblaciones de organismos, que, por su parte, constituyen comunidades cada vez más complejas. El límite de complejidad lo marcará la energía disponible y la capacidad de toda la comunidad de procesar y aprovechar esta energía de manera eficiente.

La *sucesión ecológica* es el proceso que muestra los cambios en el tiempo; es decir, la evolución de un ecosistema según su propia dinámica. Estos cambios a menudo se traducen en la sustitución a lo largo del tiempo de unas especies o estrategias vitales por otras. De hecho, podríamos pensar que los ecosistemas cambian en el tiempo como si fueran organismos, es decir, empiezan a existir, crecen, se desarrollan y envejecen; incluso podríamos decir que se «multiplican», propiciando la formación de ecosistemas similares a su alrededor; pero no mueren si no son fuertemente perturbados. Los cambios por los que va pasando el ecosistema permiten observar fases de juventud y fases más maduras, e incluso seguramente se pueden reconocer características de etapas pasadas, que son visibles en etapas más maduras —por ejemplo, claros en medio de un bosque.

La sucesión empieza cuando una causa, natural o antropogénica —causada por el hombre—, deja un espacio vacío de las comunidades biológicas que allí había, las altera enormemente o provoca la aparición de un nuevo espacio donde todavía no hay vida. Entre las causas naturales que alteran las comunidades de organismos y/o que pueden proporcionar nuevos espacios para la vida, encontramos, por ejemplo, las erupciones volcánicas, los incendios, los aludes y los deslizamientos de tierra.

1. Tipos de sucesiones ecológicas

Podemos clasificar las sucesiones en:

- *sucesiones primarias*, las que se originan en un lugar donde antes no había vida;
- *sucesiones secundarias*, las que acontecen tras la presencia de perturbaciones en el ecosistema.

El hombre puede interferir en sucesiones naturales perturbándolas, por ejemplo contaminando el agua del mar o construyendo un dique en la costa, lo que causa que se aceleren o ralenticen los procesos de sucesión.



Fig. 1. Entre las perturbaciones naturales de los ecosistemas que pueden provocar el comienzo de una sucesión está el «labrado» de los fondos marinos por el desprendimiento de grandes bloques de hielo continental (icebergs), en la Antártida.

2. La sucesión de organismos con diferentes estrategias

La sucesión empieza con el establecimiento en un lugar de especies pioneras, que suelen ser microscópicas, y que con su actividad metabólica van creando un hábitat que será más adecuado para el establecimiento de otras especies, sobre todo vegetales. Las especies vegetales aportarán un enriquecimiento de materia orgánica al ambiente, lo que, al mismo tiempo, permite el establecimiento sucesivo de consumidores de esta materia orgánica. La aparición y desaparición de especies favorecerá los cambios en la biocenosis —el conjunto de organismos— y también en el biotopo, hasta que el ecosistema llegue a un estado de complejidad mayor.

Los espacios perturbados o nuevos permiten la colonización por parte de organismos de zonas cercanas o que llegan transportados por el medio aéreo o acuoso. Los tipos de organismos que van colonizando el espacio van cambiando con el tiempo, hasta que se forma una comunidad madura. El proceso no se detiene, pero la velocidad de cambio disminuye a lo largo del tiempo: las comunidades pioneras tienen más capacidad de cambio que las más maduras. A este proceso de cambio en el tiempo de unas especies o unas estrategias vitales por otras lo denominamos *sucesión ecológica*. El tiempo que dura una sucesión ecológica hasta que se forma la comunidad madura es muy variable: desde días o meses hasta centenares o miles de años, por ejemplo. A lo largo de la sucesión se produce un incremento de las interacciones entre las especies, que compiten por el espacio y por los recursos alimentarios. Consecuentemente, aparecen situaciones de asociaciones de unas especies o de exclusión de otras, por lo que la complejidad del ecosistema aumenta.

3. Tendencias ecológicas en un proceso de sucesión

Desde el punto de vista ecológico, las sucesiones siguen una serie de tendencias, pero siempre encaminadas a formar la comunidad que denominamos *clímax*: el estadio de maduración total del ecosistema. En general, la complejidad del sistema y la resistencia a perturbaciones aumentan a medida que se desarrolla la sucesión. En los estadios tempranos, se observa un estallido de *producción primaria* —producción de materia orgánica que realizan los organismos autótrofos—,

que posteriormente se estabiliza. Igualmente, el cociente entre *producción bruta* –producción de materia orgánica total, es decir, producción total de energía química– y respiración –parte de la energía fijada en forma de materia orgánica se emplea en procesos de respiración celular y mantenimiento de tejidos– va disminuyendo a medida que avanza la sucesión. Así, en estadios maduros, el ecosistema presentará más especies longevas y de crecimiento relativamente lento, como, por ejemplo, los corales o los árboles. Otros parámetros que aumentan durante la evolución del ecosistema son la *diversidad* –grado de variedad de formas de vida y su cantidad– y la *resiliencia* –capacidad que tienen los ecosistemas para absorber las perturbaciones que los afectan–. Por un lado, aumenta la riqueza de especies, y también se produce un incremento de *nichos ecológicos* –conjunto de factores bióticos y abióticos de un ecosistema que son usados por una especie en concreto; o, dicho de otro modo, papel que juega una especie concreta dentro de un ecosistema–, lo que hace que no haya tanta dominancia de solo unas pocas especies. Por otro lado, también aumenta la resistencia a las perturbaciones –resiliencia–, en parte como consecuencia del aumento de complejidad en la red trófica –alargamiento de las cadenas tróficas y de las interacciones entre estas–, a su vez derivada del aumento de diversidad ecológica.

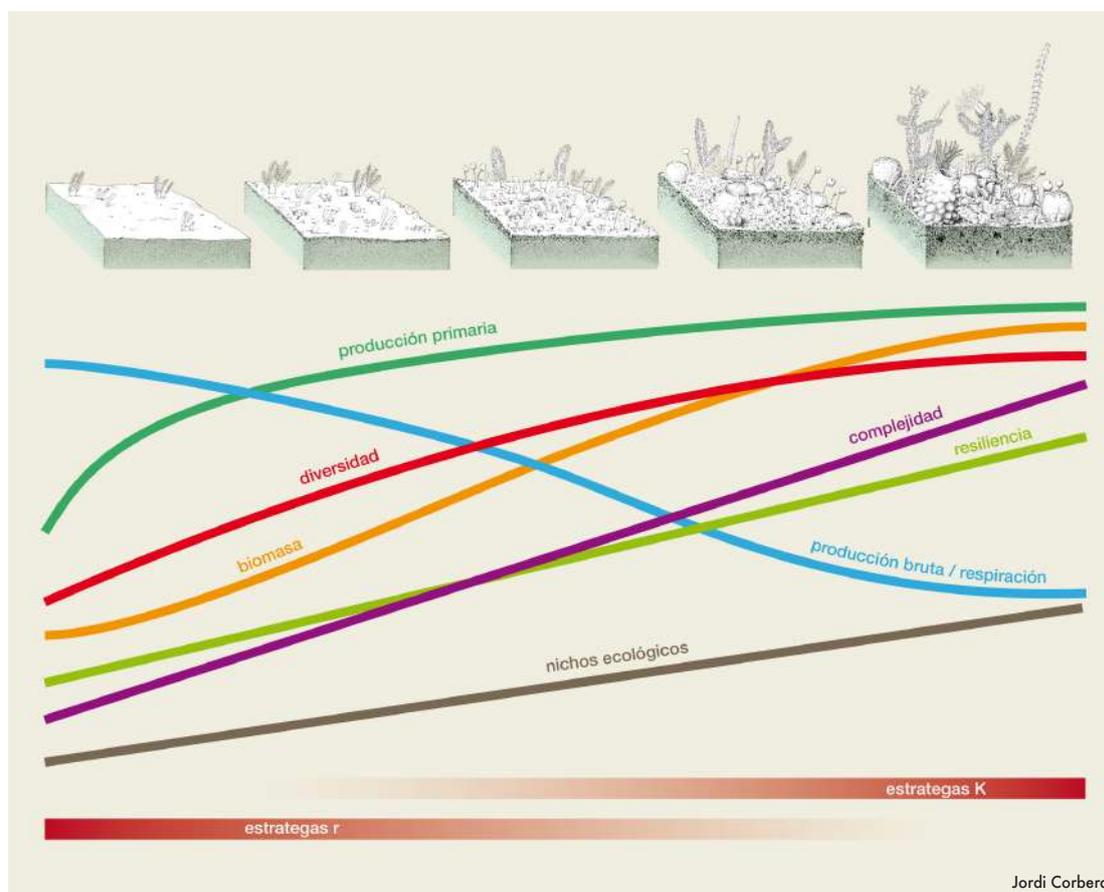


Fig. 2. Tendencias ecológicas en un proceso de sucesión.

En cuanto a los organismos vivos, al comienzo de la sucesión a menudo encontramos organismos pertenecientes a la llamada *estrategia de la r* u *oportunistas*: organismos con altas tasas de natalidad y de mortalidad, que invierten poca energía en el cuidado de su descendencia, crecen de manera exponencial si las condiciones ambientales les son favorables, y que suelen ser pequeños y tener vidas cortas y edades reproductivas menores. Se trata, por lo tanto, de organismos que engendran muchos descendientes, pero que les dedican pocos cuidados parentales. Suelen vivir en lugares efímeros, o en lugares aún poco colonizados. A medida que la sucesión avanza, los *estrategas de la r* son sustituidos por *estrategas de la K* —se denominan así porque sus poblaciones se mantienen casi siempre a niveles alrededor de la capacidad de carga (K) de aquella especie en el sistema—, con bajas tasas de natalidad y mortalidad, que invierten mucha energía en el cuidado de su descendencia, son de mayor tamaño, más longevos y de edad reproductiva tardía. Se trata, por lo tanto, de organismos que engendran pocos descendientes, pero les dedican muchos cuidados parentales hasta que completan su desarrollo. Suelen vivir en lugares más estables temporalmente y son muy buenos competidores.

Estos dos tipos de estrategias de supervivencia que los organismos desarrollan en función de un ambiente más o menos cambiante o estable se pueden observar a lo largo de la sucesión.

4. La fase de madurez o clímax

La fase clímax es la última fase de la sucesión, y en principio se observarán fases clímax casi idénticas —solo con muy pequeñas variaciones— en ecosistemas del mismo tipo. En un ecosistema en la fase de clímax se pueden observar señales que muestran el paso del tiempo; por ejemplo, los diferentes estratos de los bosques terrestres y de los bosques marinos tienen especies análogas a las de fases anteriores de la sucesión, y las orlas de vegetación concéntricas alrededor de las lagunas litorales corresponden a diferentes fases de la sucesión.

A veces, el concepto *clímax* se considera muy teórico e inalcanzable en la realidad.

5. Un ejemplo: el ecosistema dunar

Un ecosistema terrestre costero donde se puede observar la sucesión es el ecosistema de dunas que a menudo se encuentra a lo largo del litoral: se trata de un biotopo especial por las particularidades del sustrato —arena—: es móvil, contiene poca materia orgánica y nutrientes y casi no retiene el agua de la lluvia y del ambiente —bastante salino, seco, ventoso y con mucha insolación—. Pero si miramos el ecosistema dunar desde la playa, en dirección hacia el interior, podemos observar sucesivamente unos «subecosistemas»: la *playa* —con vegetación escasa sometida a las duras condiciones de la influencia marina—, las *dunas amarillas* —con vegetación dispersa pero con rizomas y sistemas radicales potentes y muy desarrollados—, las *dunas grises* —con vegetación más densa pero todavía adaptada al sustrato movedizo—, el *matorral* —formado por las especies

de matorrales similares a las que se encuentran en suelos «normales» cercanos—, y el *bosque* —del mismo tipo que los bosques de las zonas interiores vecinas—. En principio, tenemos que pensar que este bosque que encontramos sobre la antigua duna fue hace tiempo un matorral, que a su vez se formó en una duna gris que provenía de una amarilla, y así gradualmente; es decir, que podemos imaginar que visualizamos espacialmente los estadios temporales de una sucesión.

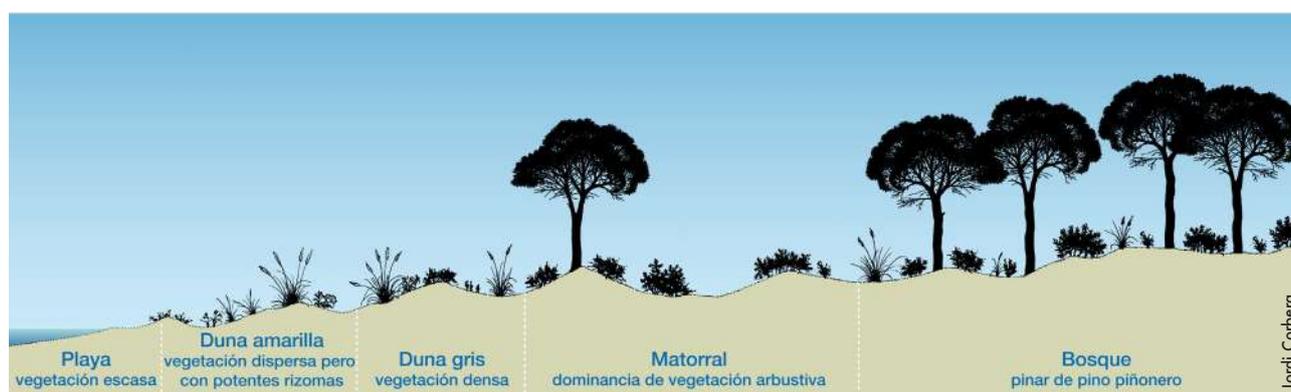


Fig. 3. Sucesión en el ecosistema de dunas costeras.

6. Sucesión y evolución

A pesar de que sucesión y evolución son dos procesos diferentes, tienen en común que transcurren en paralelo y que presentan ciertas tendencias similares, como serían el aumento de complejidad y la aparición de especies más especialistas —menos generalistas u oportunistas— con el tiempo. A lo largo de un proceso de sucesión, la aparición de diferentes especies que compiten con las existentes da lugar al desarrollo de nuevas relaciones o vínculos ecológicos (relaciones tróficas, de relación, etc.) que provocan el cambio y la adaptación, procesos a menudo ligados a mecanismos de selección natural e incluso de especiación. A lo largo de la sucesión, los ecosistemas interactúan con el medio físico y provocan cambios ambientales —nuevos hábitats o microhábitats— que facilitarán la presencia de nuevas especies o asociaciones. En conjunto, todo ello lleva a un proceso de cambio continuo que va ligado a la creación de nuevas oportunidades para la aparición de nuevas especies o estrategias, especialmente en sucesiones largas o en ecosistemas.

II. Posibilidades de estudio

Si bien los estudios sobre la sucesión ecológica han sido casi siempre ejemplificados en medios terrestres, cuentan con la desventaja del factor temporal: para observar cambios sustanciales en las comunidades terrestres, habitualmente hay que esperar periodos de tiempos que suelen estar en el orden de numerosos meses o años. En cambio, el medio marino ofrece la posibilidad de ob-

servar sucesiones ecológicas a escalas temporales mucho menores, más adecuadas a las escalas temporales propias de los estudios de primaria y secundaria. Así, el mar nos brinda una oportunidad única para introducir un concepto de vital importancia en la dinámica de los ecosistemas; el hecho de obtener resultados a corto plazo permite ensayar un proceso ecológico vital y hace posible entender la naturaleza como un sistema regido por la evolución.

De aquí parte la presente propuesta de estudio de una sucesión ecológica bentónica como resultado del proceso de colonización de un sustrato en el mar, estudio que permite, a su vez, ver el efecto que distintos factores ambientales pueden tener sobre esta sucesión.

La propuesta se concreta en la instalación de un pequeño sustrato artificial en una zona de mar, como puede ser el puerto de un pueblo o ciudad, con un diseño experimental que permita la observación de la colonización de este sustrato por parte de diferentes organismos, la observación de cambios en la sucesión ecológica que se acontezca debidos a factores ambientales como la luz o el tipo de sustrato, la rápida y fácil recogida de muestras para el posterior análisis en el laboratorio, y el cálculo de índices de diversidad. También se podrán estudiar algunas interacciones entre especies, como los episodios de competencia entre especies a lo largo del tiempo —un ejemplo sería estudiar qué efecto tiene la llegada de una especie nueva para las que ya se encontraban en el sustrato artificial.

Resumidamente, se proponen los siguientes estudios, los cuales son combinables entre sí y requieren la inclusión de información teórica adicional para su análisis:

- **Observación de la colonización del sustrato por parte de diferentes organismos, y estudio de los cambios en los tipos de organismos y sus abundancias.** Se trata de estudiar los tipos y abundancias de organismos que hay en cada momento del muestreo planificado, y averiguar las estrategias ecológicas de estos organismos.
- **Observación de la influencia de factores ambientales sobre el proceso de colonización y de sucesión.** Unos de los factores ambientales que se pueden estudiar son la luz y el tipo de sustrato: se estudia el proceso de colonización sobre diferentes tipos de sustrato y/o en sustratos sometidos a diferente régimen de luz, para evaluar el efecto de los factores ambientales sobre el pequeño ecosistema. Este estudio se puede relacionar con temas de contaminación y/o de transporte marítimo.
- **Diversidad.** Se trata de calcular la diversidad presente en los diferentes estadios del proceso de colonización y/o en los diferentes tipos de sustrato empleado.
- **Interacciones entre especies.** Se trata de observar las relaciones que se establecen entre los diferentes organismos a lo largo del proceso de colonización, independientemente del tipo de sustrato que se emplee.

III. Materiales y métodos

1. Propuesta para la confección de los sustratos artificiales¹

1.1. Material para la confección de los sustratos o arrecifes artificiales

- Plástico de diferentes tipos (según el diseño experimental), recortado a la medida de un portaobjetos. Si queréis hacer los sustratos con otros tipos de material, podéis emplear maderas, metales, piedra, etc.
- Opcional: varios tipos de pinturas o lacas (p. ej., pintura náutica).
- Cuerdas o cordeles (mejor si son de un material resistente).
- Máquina perforadora de papeles.
- Piedra, plomo o un bote de plástico lleno de arena.
- Pinzas para manipular las muestras.
- Botes de plástico para recoger las diferentes muestras.
- Rotulador indeleble.
- Cámara de fotos.
- Alcohol de 70°.
- Lupa y/o microscopio.

1.2. Procedimiento de construcción de un sustrato artificial

La construcción del sustrato o pequeño arrecife artificial puede seguir distintos modelos (según las diferentes hipótesis iniciales planteadas en cada caso), pero básicamente se centra en la confección de pequeñas placas de material plástico —para asegurar la buena conservación durante el tiempo de experimentación; la medida de estas placas puede ser similar a la de un portaobjetos; aun así, el material puede variar según el planteamiento experimental— y en el hecho de sumergir dichas placas mediante cuerdas en el lugar elegido —para atar las placas a las cuerdas, se puede emplear una máquina perforadora y pasar la cuerda—. Hay que usar un peso, atado al final de las placas, para asegurar el mantenimiento de la posición de las placas dentro del agua. Este peso puede consistir sencillamente en una piedra o un bote de plástico lleno de algún material pesado —por ejemplo, arena— y atado al sistema de placas mediante una cuerda.

Un posible diseño experimental sería emplear las placas como peldaños o escalones de una escalera confeccionada con las cuerdas, de forma que cada peldaño estuviera situado a una profun-

¹ ¡Recordad que siempre podéis pensar en otras maneras de diseñar este experimento!

idad diferente y afectado de diferente manera por factores ambientales, como la luz. Se pueden combinar también diferentes tipos de materiales para la confección de los peldaños o superficies que colonizar, y así usar sustratos más duros y/o blandos (plástico, madera, etc.), rugosos y/o lisos, e inocuos o recubiertos con diferentes tipos de sustancias (como pinturas variadas), para observar qué efectos pueden tener los diferentes tipos de sustrato sobre la colonización de las superficies por parte de los organismos.

Es importante construir el sustrato artificial de modo que se puedan observar las dos caras de cada peldaño: por ello, es conveniente que la cara superior y la inferior estén formadas por dos placas distintas.

Esquemáticamente, siguiendo la propuesta del sustrato formando una escalera, tendréis que hacer lo siguiente:

- Recortar los diferentes materiales que queráis emplear (los diferentes tipos de sustrato) según la medida de un portaobjetos –recordad que para cada «peldaño» podéis recortar el material dos veces: una para la parte superior y otra para la parte inferior.
- Hacer un agujero en cada uno de los dos extremos de cada sustrato recortado, procurando que estén todos los agujeros más o menos a la misma distancia del borde. Si usáis materiales difíciles de perforar, podéis sujetarlos mediante distintos tipos de nudos.
- Coger la cuerda –preferiblemente de plástico, para que dure más– y pasarla por el agujero de uno de los lados de cada sustrato. Dejar bastante espacio libre al inicio –para atar vuestro sustrato artificial a algún lugar desde tierra– y al final –para atarle un peso.
- Hacer lo mismo con otra cuerda y los agujeros del otro lado de cada sustrato.
- Cada dos sustratos –si queréis analizar las muestras por encima y por debajo–, hacer un pequeño nudo por encima y uno por debajo de la pareja de sustratos, para que no se muevan a lo largo de la cuerda, y mantener cierta separación con las parejas de sustratos anteriores y posteriores.
- Cuando tengáis la escalera confeccionada, donde los pares de sustratos hagan de peldaños, atar el extremo final de las cuerdas a un peso, de modo que quede equilibrado.
- Ahora ya podréis sumergir vuestro sustrato artificial en el mar. ¡Atadlo muy fuerte al suelo para que no desaparezca!

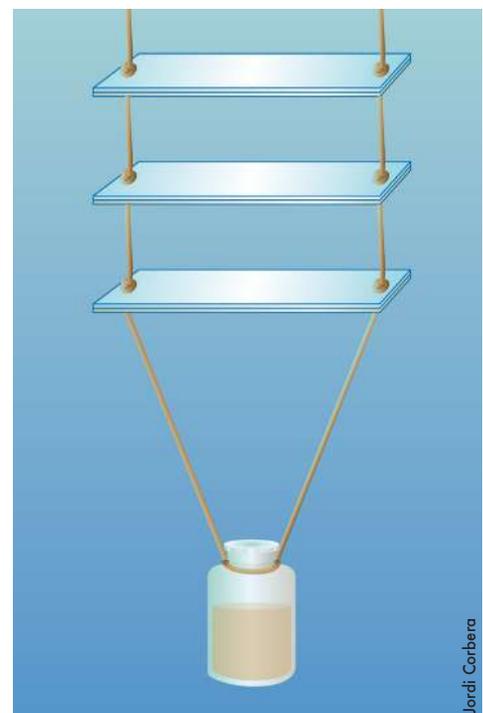


Fig. 4. Representación de cómo os quedará, aproximadamente, el sustrato artificial según nuestra propuesta.

2. Seguimiento del experimento

Una vez inmerso el sustrato artificial dentro del agua, se trata de realizar un seguimiento del estado de colonización de las placas, que puede alargarse en el tiempo según las posibilidades de cada cual —en pocos días, ya se observan resultados—. Este seguimiento se puede realizar de manera visual, mediante fotografías, y/o también con la toma de muestras de los diferentes estadios de la sucesión y la toma de fotografías posterior. Para esto último, idealmente se dispondrá de réplicas de los sustratos, a fin de recoger muestras equivalentes pertenecientes a diferentes días. La recogida de estas muestras consistirá en meterlas dentro de un bote con alcohol de 70° para que permanezcan en el mejor estado posible hasta su observación en el laboratorio, bajo la lupa y/o el microscopio óptico.

Es decir, durante el tiempo que dure el experimento:

- Tendréis que tomar fotografías de cada sustrato en cada momento del muestreo. Haced las fotografías siempre del mismo modo, para poder comparar los diferentes momentos de la colonización del sustrato.
- Podéis tomar muestras, si tenéis réplicas: coged cada sustrato (placa) diferente y metedlo en un bote (¡debidamente identificado!) con alcohol de 70°, para analizarlo posteriormente en el laboratorio.



Fig. 5. ← Sustrato antes de empezar el experimento y → sustrato al final de este.

3. Análisis de las muestras

La información recogida de las muestras corresponderá básicamente en determinar la presencia y la cantidad de los distintos grupos de organismos encontrados, tras lo cual se podrán realizar cálculos de diversidad según las diferentes fórmulas elegidas.

Podréis identificar los distintos organismos según la guía de identificación que encontraréis entre los materiales para realizar la actividad que os proporcionamos.

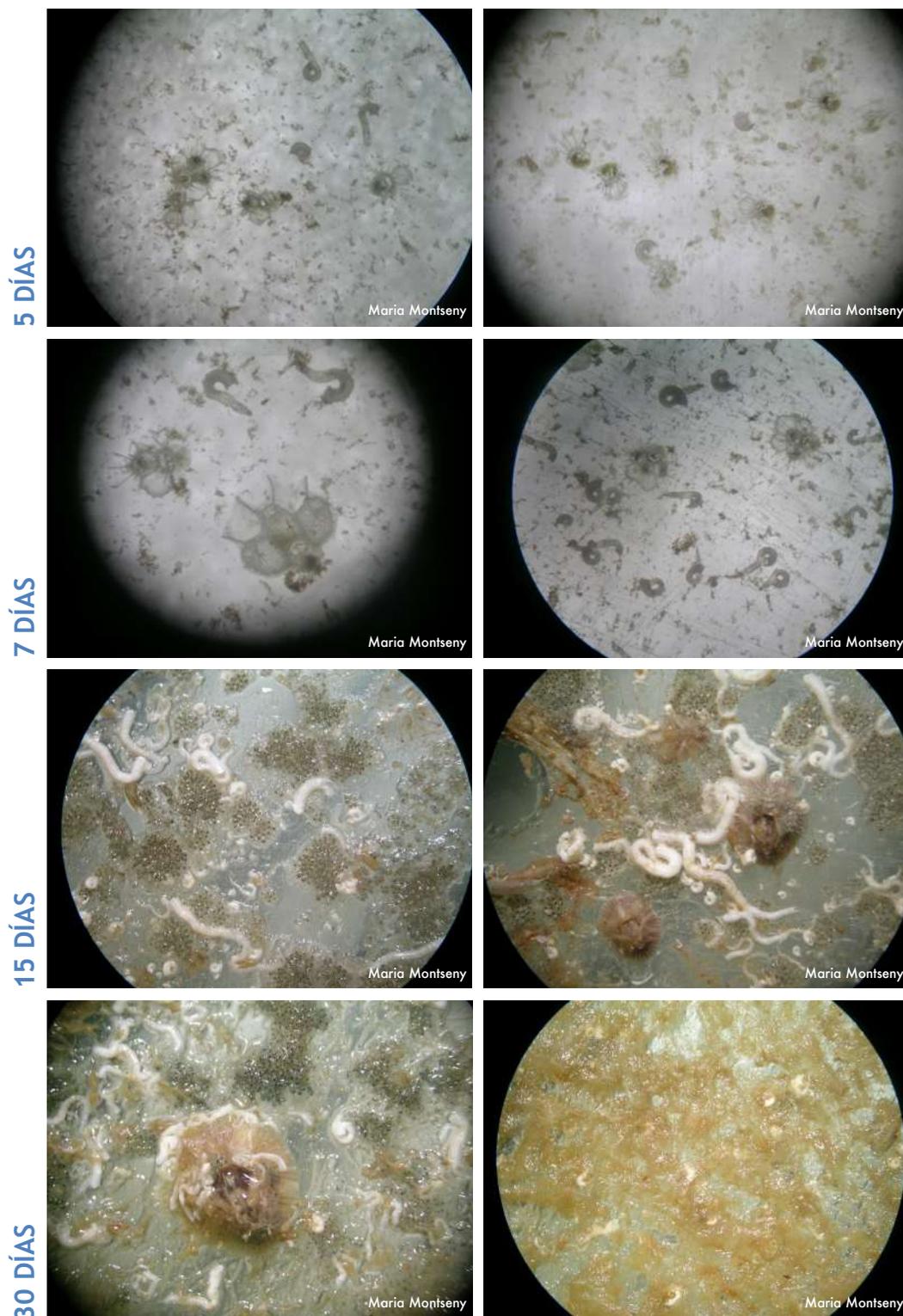


Fig. 6. (De ← a → i de ↑ a ↓) Fotografías de una porción de dos de los sustratos distintos elegidos para un experimento, tomadas en los días 5, 7, 15 y 30 desde el comienzo del experimento.

Es interesante tomar fotografías, bien con la cámara de fotos acoplada a la lupa binocular, o bien hacer ampliaciones de las fotografías que hayáis tomado, durante el muestreo, de cada una de las muestras, de porciones de las mismas y/o de organismos diferentes que aparezcan en cada muestra. Si fotografiáis los organismos que desconocéis y no sabéis cómo identificarlos o tenéis dudas al respecto, podéis colgar las fotografías en el foro de la actividad, y así los científicos os podrán ayudar a identificar los organismos y resolver las dudas sobre vuestras muestras. Todas las fotografías que toméis podrán servir posteriormente para ilustrar el trabajo final, si se considera adecuado, o presentar los resultados de vuestra investigación.

El estudio se puede combinar con la observación de la colonización temprana de las placas por parte de bacterias. Se trata de recoger agua del lugar donde se realiza el experimento, sumergir alguna placa durante un par de días y, posteriormente, realizar tinciones que permitan la detección de bacterias, por ejemplo, la tinción Gram (véase el apartado 3.3).

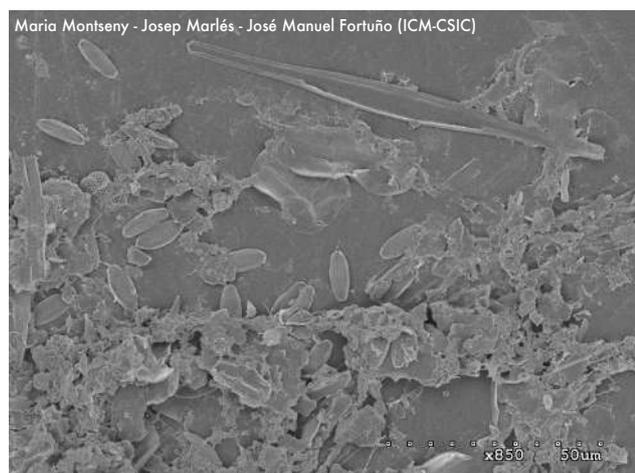
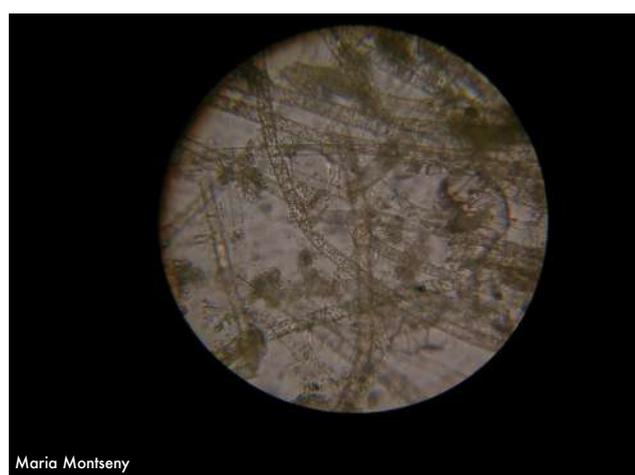


Fig. 7. Fotografías de algunas de las muestras miradas ↑ al microscopio óptico —para la mejor observación de algas— y ↓ al electrónico —se pueden observar diatomeas (*izq.*) y briozoos (*der.*).

3.1. Recuento de individuos y/o de su cobertura

Para el recuento de organismos, hay que tener en cuenta que quizá encontraréis organismos coloniales en las muestras, que parecen de más difícil cuantificación. Por ello, proponemos dos técnicas básicas de contaje, para las cuales será necesario dividir una placa de plástico transparente en 100 partes (confeccionad una cuadrícula), que después se pueda colocar sobre la placa con la muestra, para poder realizar el contaje. Entonces podréis contar, según el tipo de organismo que veáis:

- El número de individuos pertenecientes a cada categoría taxonómica encontrada.
- El recubrimiento que cada individuo tiene sobre la placa. Por ejemplo, un briozoo puede ocupar $3\frac{1}{2}$ cuadrados de la cuadrícula que habíamos hecho.

Los recuentos también se pueden combinar; es decir, se puede aproximar el recubrimiento que «ocuparía» un individuo aislado.

Si tenemos la placa subdividida en 100 cuadrados, podremos calcular fácilmente el porcentaje de recubrimiento de cada individuo o grupo. En el ejemplo anterior, el briozoo mencionado estaría recubriendo un 3,5% del total de la placa.

Observación: si solamente hacéis análisis de las muestras a través de las fotografías que toméis, podéis confeccionar una cuadrícula igualmente en el ordenador, siempre que dividáis las fotografías de las muestras del mismo modo.



Fig. 8. Las muestras se pueden observar y analizar mediante una lupa binocular.

3.2. Sucesión y diversidad: análisis de la diversidad biológica en los diferentes estadios de la sucesión ecológica

La presente propuesta incluye también el estudio de la diversidad presente en diferentes estadios de colonización de los sustratos artificiales y/o la diversidad presente en las placas sometidas a diferentes condiciones experimentales (diferente sustrato, diferentes condiciones de luz, etc.). La biodiversidad se puede calcular mediante índices, uno de los más empleados de los cuales es el de Shannon. Este índice 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. Otros índices de biodiversidad que sí tienen en cuenta las abundancias de los individuos —las abundancias totales o las abundancias de las diferentes especies— son el de Brillouin, el de Simpson y el de Margalef. A continuación, presentamos las fórmulas correspondientes a estos índices:

$$\text{Shannon} \quad H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

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

$$\text{Simpson} \quad D_s = \frac{\sum_{i=1}^S (n_i (n_i - 1))}{N (N - 1)}$$

$$\text{Margalef} \quad D_m = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

N_i número de individuos de la especie i

P proporción

S número total de especies

N número total de individuos

3.3. Tinción de Gram

3.3.1. Material necesario

- Mechero de alcohol o Bunsen.
- Vaso de precipitados.
- Asa de siembra (opcional).
- Pipetas de plástico.
- Cristal violeta o violeta de genciana.
- Agua dentro de un dispensador de agua.
- Lugol.
- Alcohol de 96°.
- Safranina.
- Aceite de inmersión.
- Microscopio óptico.

3.3.2. Protocolo de realización

Paso previo: elegid las muestras que analizar. Estas muestras serán portaobjetos que se habrán dejado durante cierto tiempo dentro de agua del lugar de muestreo.

- 1) Al principio, trabajad siempre cerca del mechero de alcohol o del Bunsen, y encima de un recipiente donde se puedan ir enjuagando y tirando los colorantes.
- 2) Dejad secar la muestra cerca del ambiente que genera la llama. Fijad la muestra al calor – flameadla un poco: pasadla por la llama unas tres veces.
- 3) Añadidle cristal violeta o violeta de genciana. Esperad 1 min.
- 4) Enjuagad con agua.
- 5) Añadid lugol y esperad 1 min.
- 6) Enjuagad con agua.
- 7) Añadid alcohol de 96° y esperad 15 s.

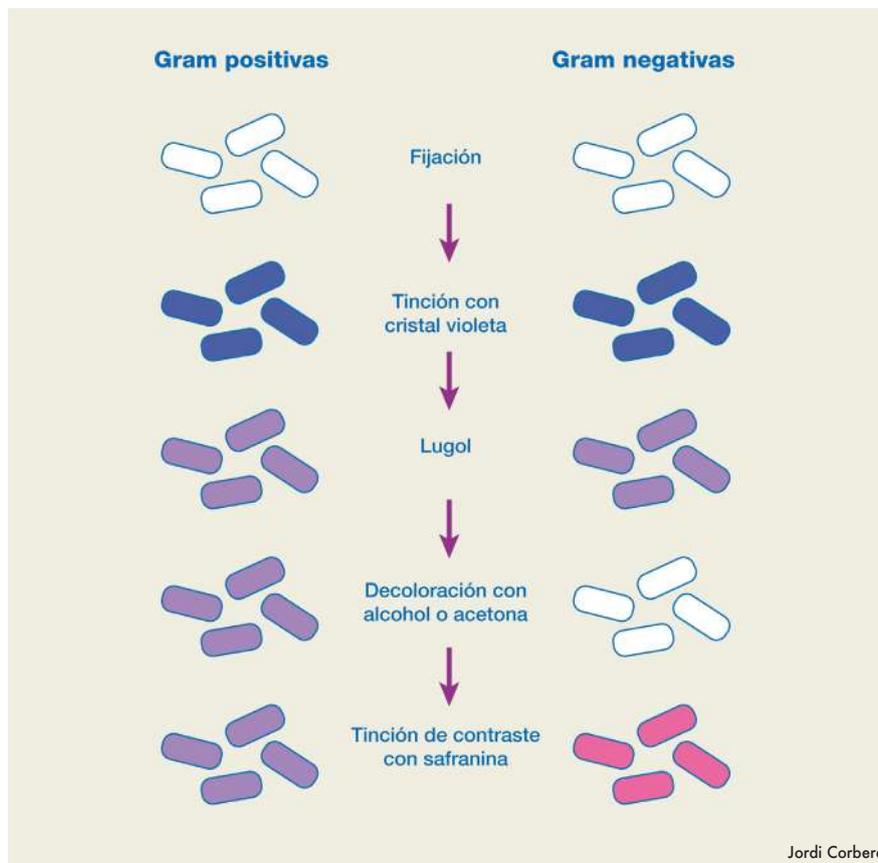


Fig. 9. Representación esquemática de la tinción de Gram.

- 8) Enjuagad con agua.
- 9) Añadid safranina y esperad 1 min.
- 10) Enjuagad con agua.
- 11) Una vez seca, observad la muestra al microscopio óptico –idealmente a 100X con aceite de inmersión.

3.4. Recogida, sistematización y procesamiento de los datos obtenidos y elaboración de conclusiones

- 1) Una vez hayáis contado y apuntado en una libreta los organismos totales y/o de cada grupo pertenecientes a una muestra, podréis apuntar los datos obtenidos en una tabla de resultados similar o igual a la que os proporcionamos (véase el documento «tabla_resultados_colonización») y a la que presentamos al final de esta guía, con datos ficticios a modo de ejemplo.

Tanto esta tabla y como los datos de ejemplo son solo orientativos: si queréis recoger más información, podéis añadir tantas columnas como creáis necesarias.

- 2) Una vez los datos y cálculos estén recogidos en un solo documento, podéis proceder al análisis de estos datos según los objetivos e hipótesis planteados al inicio de la actividad. Es recomendable que expreséis todos los resultados que podáis de manera gráfica y/o visual, porque esto facilita parte de su interpretación. Podéis relacionar los resultados obtenidos con los factores ambientales y con los conceptos teóricos adecuados.
- 3) Un buen ejercicio, para finalizar la actividad, es la elaboración de conclusiones y reflexiones tanto a partir de los resultados obtenidos como de la experiencia misma de la investigación. Es igualmente interesante hacer el ejercicio de comunicar de manera escrita y/u oral los resultados y conclusiones de la búsqueda a otras personas.

Centro educativo		IES XXX														
Curso		1.º Bachillerato														
Número de alumnos y profesores participantes		8 alumnos, 2 profesores														
Lugar(es) de muestreo		Puerto de Badalona														
Número de muestras recogidas		8														
Estación(es) del año muestreada(s)		Primavera-verano														
Duración global de la actividad		Segundo y tercer cuatrimestre														
Observaciones																
Muestra	Fecha	Hora	Días desde el inicio del experimento (contamos como día 0 el día en que se colocaron los sustratos en el mar)	Profundidad	Sustrato	Tratamiento del sustrato	Parte de arriba o de abajo del «escalón»	Condiciones ambientales	Número total de organismos en la muestra	Grupos de organismos observados	Número de organismos de cada grupo	Recubrimiento (%)	Observaciones	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Índice de Margalef
Muestra 1	12/08/11	08:00	15	A unos 2 m	Plástico opaco, rugoso	Sin pintura para barcos	Parte de abajo	Sol, pero ha llovido durante toda la semana	71	Bacterias	27	- (No las contamos para el recubrimiento)	Hemos hecho tinciones Gram, y el 57 % son grampositivas.			
										Algas unicelulares	16	- (No las contamos para el recubrimiento)	Son diatomeas			
										Anfípodos	8	16	Hay bastantes caprélidos			
										Isópodos	2	4	Se parecen mucho a los anfípodos, cuesta diferenciarlos			
										Gusanos	6	10				
										Briozoos	3	5	Son muy pequeños aún			
										Balánidos	1	3				
										Algas filamentosas	8	8	Muy largas			