

Hoja de trabajo del alumno sobre la sucesión ecológica

El concepto de sucesión ecológica se refiere a los cambios en la composición y estructura de las especies de una comunidad a lo largo del tiempo. En el proyecto VIRTUE-s, observamos la sucesión en discos colocados en un medio acuático (el mar, un lago o un río): después de algún tiempo, los primeros organismos adhieren a los discos y -dependiendo de la temporada y la ubicación geográfica- llegan más organismos y empiezan a competir con los primeros organismos por recursos como la luz, el espacio o el alimento. Este proceso se llama sucesión primaria¹.

Esta hoja de trabajo es un ejercicio sobre cómo se puede estudiar la sucesión utilizando los discos VIRTUE. Aprenderás a visualizar e interpretar los resultados obtenidos en un proyecto de ejemplo.

La hoja de trabajo:

- formulará las preguntas del estudio,
- te proporcionará alguna información previa sobre los métodos utilizados (que puedes necesitar para la interpretación de los resultados más adelante),
- y te dará los datos registrados en el experimento.

Tu tarea será:

- observar los datos,
- interpretarlos (usando algunas preguntas y consejos para ayudarte en el camino), y
- encontrar información adicional en Internet si es necesario.

En particular, el último punto es importante, porque - a diferencia de la enseñanza en el aula - en la enseñanza "virtual" te animamos explícitamente a encontrar y utilizar recursos de la web para hacer frente a tus tareas.

I. Objetivos del estudio

En esta hoja de trabajo utilizaremos los datos de un proyecto estudiantil que tuvo lugar en 2018 en una zona templada. Los objetivos de este proyecto eran:

1. Observar el orden cronológico de la aparición de los organismos en los discos;
2. registrar los cambios de la estructura de la comunidad y la biodiversidad en los discos a lo largo del tiempo;
3. determinar si existen diferencias en el desarrollo de una comunidad en la parte superior e inferior de un disco.

Las mismas preguntas se abordarán aquí basándose en los datos registrados por los estudiantes en ese proyecto.

¹ Por lo contrario, se observa una sucesión secundaria en las comunidades que han sido objeto de una perturbación como un incendio forestal salvaje o una deforestación completa. Esto puede compararse con un disco que anteriormente albergaba organismos pero que se secó debido a que fue sacado del agua durante mucho tiempo, resultando en la muerte de todos los organismos originales que crecían sobre él.

II. Materiel usados y Metodología de Análisis

Para proporcionar algunos conocimientos previos sobre el procedimiento experimental, en esta sección se describen los materiales y los métodos utilizados. Obsérvese que parte de esta información puede ser de importancia para las secciones IV y V, cuando intentemos interpretar los datos.

II.1 Materiales para el Proyecto:

- Discos y bastidores
- Cubos y platos
- Termómetro
- Refractómetro (para medir la salinidad)
- Balanza de cocina (para medir el peso)
- Cámaras; Cámaras de microscopio
- Microscopios estereoscópicos
- Rejillas de conteo de PVC (de construcción propia)
- Hojas de protocolo

II.2 Montaje de la estructura de discos

En el proyecto se decidió que el experimento duraría varias semanas, y que se colocaría un nuevo disco cada semana. Por lo tanto, la construcción de los bastidores tenía que tener esto en cuenta.

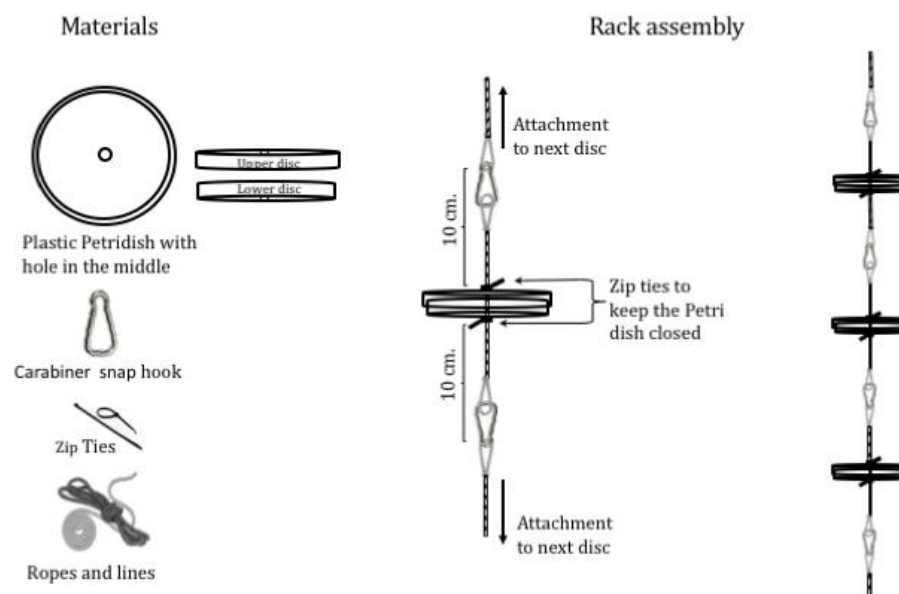


Figura 1: Montaje de los bastidores usando placas de Petri de plástico

Los discos y bastidores utilizados para el experimento eran nuevos. Estaban hechos de plástico (poliestireno) y se utilizaron los mismos materiales durante toda la investigación. La construcción se muestra en la figura 1. Unas Placas de Petri con orificios en el medio se utilizaron como discos y se unieron a líneas cortas de plástico. Estas fueron conectadas entre sí usando mosquetones de acero inoxidable. Se colocó un peso al final del soporte para que la construcción se mantuviera bajo el agua. Un máximo de tres pares de discos fue colgado de cada línea.

Con esta configuración fue posible añadir pares sucesivos de discos a una línea existente sin perturbar los discos más antiguos. Se preparó un par de discos (parte superior e inferior de la placa de petri, véase la Figura 1) para cada fecha de despliegue.

Para el etiquetado de los discos, se utilizaron dos métodos para asegurar una identificación adecuada más adelante:

- Se fijó una cinta de tela etiquetada (utilizando un marcador permanente) en la parte interior de los discos.
- Se fijaron cintas de cremallera codificadas por colores en las líneas que se encuentran encima de los discos.

II.3 Colocación de las estructuras de discos

Antes de iniciar el proyecto se decidió que los discos se colocarían durante 10 semanas consecutivas en la primavera (26 de marzo al 28 de mayo). El sitio de estudio era un muelle a las afueras del Centro Helmholtz de Investigación Oceánica de GEOMAR en Kiel, Alemania, en un puerto protegido con muy poca actividad de barcos.

Se colocó un disco en cada fecha prefijada añadiéndolo a una línea nueva o existente.

- Los discos se colocaban a unos 0,5 - 1,5 metros de la superficie del mar para asegurar que el bastidor estuviera bajo el agua en todo momento.
- La posición de los discos se cambiaba de vez en cuando de manera que cada disco tenía que cambiar de posición aleatoriamente a lo largo de la línea (arriba, en medio o abajo) durante la duración del proyecto. Esto se hizo para eliminar los efectos de luz y profundidad.

II.4 Medida de parametros ambientales

Para registrar los cambios de temperatura y salinidad de las aguas superficiales, estos parámetros se medían cada semana cuando se colocaba un nuevo disco. Se recolectaba el agua de mar con un cubo en el area de estudio y la temperatura se medía enseguida con un termómetro. La salinidad se determinaba con un refractómetro.

II.5 Recuperación de las estructuraas de discos y análisis cuantitativo de los discos

- La recuperación del bastidor (todos los discos al mismo tiempo) tuvo lugar una semana después de la colocación del último disco. (Así, los primeros discos habían estado en el agua durante las 10 semanas completas desde el 26 de marzo al 4 de junio, mientras que los últimos (más recientes) discos sólo habían estado en el mar durante 1 semana, es decir, desde el 28 de mayo al 4 de junio).
- Los bastidores se transportaron al laboratorio en cubos llenos de agua de mar. Una vez allí, los bastidores fueron desmantelados y se separaron los discos superiores e inferiores.
- Los estudiantes se dividieron en grupos. Cada equipo era responsable de un grupo de discos (superior e inferior).
- Los discos (superior e inferior) fueron colocados individualmente en platos profundos etiquetados y sumergidos en agua de mar.
- El porcentaje de los discos cubiertos con organismos incrustantes fue estimado usando la guía para la Estimación Visual del Porcentaje de Cobertura²
- Se hizo una identificación inicial de los organismos.
- Se estimó la biomasa:
 - Se permitió que los discos se secaran por goteo.
 - Cada disco fue pesado por separado en la balanza de la cocina.
 - Los resultados se registraron en una hoja de protocolo.
 - Se restó el peso de un disco de referencia seco para obtener el peso de la biomasa (húmeda).
- Se tomaron fotos de los discos para la documentación y la posterior estimación del porcentaje de cobertura, ya sea visualmente (como control) o utilizando un programa de procesamiento de imágenes.
- Recuento de organismos:
 - Los discos (todavía sumergidos en agua) se colocaron bajo el microscopio estereoscópico.
 - Se colocó una rejilla de conteo en la parte superior del disco.

- Los discos se examinaron primero bajo el aumento más bajo del microscopio estereoscópico para identificar las especies principales.
- Luego, se utilizó un aumento que permitió ver un cuadrante entero en la cuadrícula mientras se reconocían los organismos.
- Los organismos en varios cuadrantes al azar se contaron manualmente.
- Los resultados se registraron en la hoja de protocolo.
- A partir de los números obtenidos para los cuadrantes aleatorios, los datos se extrapolaron al área total del disco.

Sólo se contaron los organismos que podían asignarse claramente a un disco en particular. (No se consideraron las especies "visitantes" que podrían haberse desplazado de un disco a otro durante el transporte). En este experimento, los organismos para el análisis fueron balanos, gusanos tubulares y pólipos. Además, se estimó visualmente el porcentaje del disco cubierto por macroalgas filamentosas, que son difíciles de contar individualmente.

III. Datos del experimento

III.1 Factores ambientales

En Tabla 1, se encuentran los datos de temperatura y salinidad en cada fecha de colocación de los discos:

Fecha de colocación	Temperatura (°C)	Salinidad (ppt)
26. Mar.	2.5	15.3
3. Apr.	4.7	12.0
9. Apr.	7.0	12.0
18. Apr.	8.4	14.0
23. Apr.	7.2	14.0
30. Apr.	10.0	14.5
7. May	12.5	13.0
15. May	12.7	11.0
22. May	14.0	12.0
28. May	16.6	12.5

Tabla 1: Datos de temperatura y salinidad

(Estos datos están disponibles en los archivos Table1.ods y Table1.xlsx)

Obsérva que la unidad "ppt" de la Salinidad se refiere a "partes por mil". (En sentido estricto, la salinidad se expresa como una fracción de masa de sal disuelta en gramos por kilogramo de agua de mar).

III.2 Biomasa

En la Tabla 2 se encuentran datos de biomasa (en gramos) de los discos al tiempo de los anlisis.

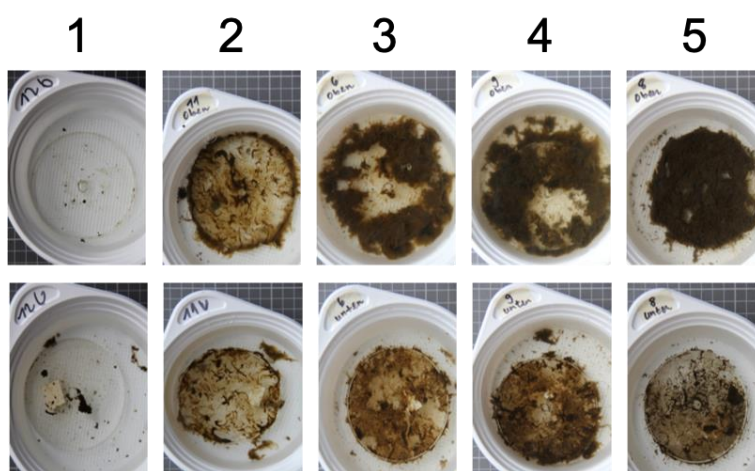
Semanas en el agua	Biomasa (g)	
	Disco superior	Disco inferior
1	0.3	1.0
2	2.8	3.1
3	12.6	9.6
4	9.3	9.4
5	16.5	12.7
6	20.5	11.9
7	21.2	13.0
8	20.8	15.2
9	26.6	16.8
10	21.0	8.0

Tabla 2: Datos de biomasa (pero umédo))

(Estos datos están disponibles en los archivos Table2.ods y Table2.xlsx)

III.3 Porcentaje de cobertura

Aquí, os enseñamos fotografías de discos que se mantuvieron el agua durante 10 semanas desde mediados de Abril hasta finales de Mayo (Figura 2).



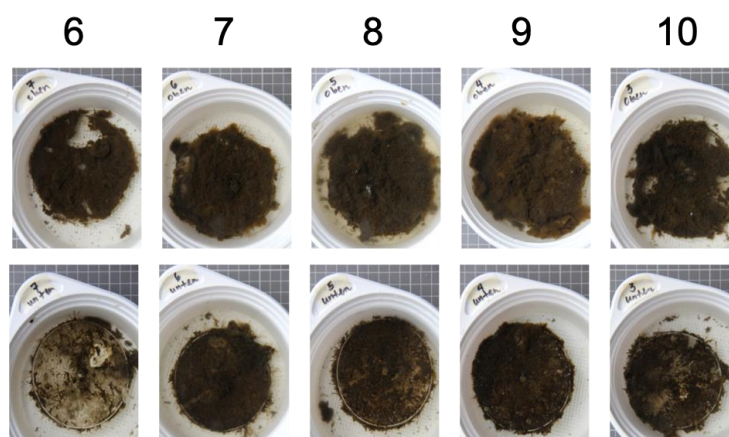


Figura 2: Fotografías de los discos superiores e inferiores (en la fila superior e inferior de cada par). Los números indican las semanas en el agua (pares superiores semanas 1-5, pares inferiores semanas 6-10).

(Las fotos originales están disponibles en el archivo Photos_of_Discs_Week1-5.png y Photos_of_Discs_Week6-10.png.)

III.4 Identificación de especies y recuento

Utilizando las placas de identificación de especies^{1b}, se hizo la identificación y el recuento de los organismos. A excepción de las algas, para las que se estimó un porcentaje de cobertura, los organismos en los discos se contaron manualmente a través del microscopio estereoscópico. Los valores dados en la Tabla 3 son el número total de individuos observados en un disco. Para la casilla sombreada en gris, los estudiantes no entregaron ningún resultado.

Weeks in the water	Algae		Barnacles		Polyps		Tube Worms	
	(%)		(number of individuals)		(number of individuals)		(number of individuals)	
	upper disk	lower disk	upper disk	lower disk	upper disk	lower disk	upper disk	lower disk
1	2	5	0	0	0	0	0	0
2	55	55	0	0	0	0	0	0
3	55	55	0	0	0	0	0	0
4	45	40	0	0	0	49	0	0
5	35	10	0	0	83	0	187	22
6	87	28	0	2	7	69	216	22
7	65	40	10	20	109	60	886	766
8	60	40	14	51	17	24	1116	724
9	95	85	32	16	24	62	1061	722
10	90		3	292	58	166	1893	1926

Tabla 3: Abundancia de las diferentes especies: Las algas se estimaron como porcentaje de cobertura, para los demás organismos se entraron los números totales en los discos.

(Los datos están disponibles en los archivos Table3.ods y Table3.xlsx)

^{1b} Puedes consultarlas y descargarlas desde aquí <https://virtue-s.eu/es/contenidoen-espanol/placas-para-la-identificacion-de-especies>

IV. Análisis y presentación de los datos

Tu tarea ahora es analizar los datos obtenidos de este proyecto. Para ello, los datos están disponibles en formato de hoja de cálculo para LibreOffice, OpenOffice y Excel (véase los archivos citados anteriormente). Todas las siguientes tareas pueden ser resueltas usando cualquiera de estos programas. En caso de duda, consulte un tutorial para el software de su elección. (YouTube tiene una amplia selección de guías visuales, y hay muchos consejos en los foros). Todas las tareas gráficas también se pueden hacer en papel con un lápiz y una regla.

1. Crear un gráfico de series de tiempo (gráfico de barras o gráfico lineal) para la temperatura y la salinidad.
2. Crear un gráfico de barras (gráfico de columnas) de las series temporales de los valores de la biomasa en los discos superiores e inferiores con la información de tiempo como "semanas en el agua" en el eje x.
3. Estimar el porcentaje de cobertura de los discos que se muestra en las fotos anteriores (Figura 2, proporcionada en los archivos Photos_of_Discs_Week1-5.png y Photos_of_Discs_Week6-10.png). Para la estimación visual, utilice la guía que se encuentra a continuación (Figura 3, proporcionada en el archivo Visual_Estimation_of_Percentage_Cover). Crea una nueva tabla para el porcentaje de cobertura similar a la Tabla 2. Traza los gráficos de barras con los datos de la tabla.

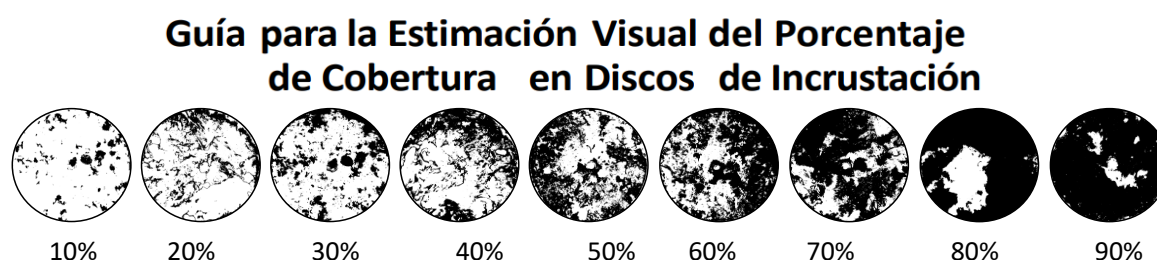


Figura 3: Herramienta para la estimación visual del porcentaje de cobertura

Si se trabaja en equipo, cada miembro del equipo puede hacer su propia estimación del porcentaje de cobertura y comparar los resultados de todos después. Se pueden calcular las diferencias entre las estimaciones del equipo y a partir de ellas estimar el margen de error medio de este método.

4. Crear una gráfica de dispersión de la biomasa en el eje y contra el porcentaje de cobertura en el eje x para los datos de los discos superiores. (Opcionalmente, haga que el software de la hoja de cálculo añada la línea de regresión y deje que calcule el coeficiente de correlación²)
5. Create a scatter plot of biomass on the y-axis versus percentage cover on the x-axis for the data of the upper discs. (Optionally, have the spreadsheet software add the regression line and let it calculate the correlation coefficient.²)
6. Traza los resultados de la tabla 3 de diferentes maneras:
 - Traza el porcentaje de cobertura de algas y el número de organismos de cada especie en función del tiempo en gráficos de barras individualmente para cada especie. Diferencia entre los discos superiores e inferiores.
 - tarea opcional: Combina los diagramas de todos los organismos en un gráfico para el disco superior e inferior respectivamente. Usar una escala logarítmica para el número de organismos y un segundo eje y lineal para el porcentaje de cobertura de las algas.

² Si no tienes familiaridad con estos terminos, mira <https://milnepublishing.geneseo.edu/natural-resources-biometrics/chapter/chapter-7-correlation-and-simple-linear-regression/> para una buena introducción. Aquí puedes encontrar un video tutorial para aplicar esto en una hoja de cálculo https://www.youtube.com/watch?v=f4_GwWdUNqI.

7. Cuenta cuántas especies diferentes están presentes en los discos cada semana (esta vez, no es necesario diferenciar entre el disco superior e inferior) y construye un diagrama que muestre el cambio en la riqueza de especies (número de especies) con el tiempo.
8. Calcular el Índice de Diversidad de Simpson para los discos superiores e inferiores más antiguos. Básicamente, el Índice de Simpson es una medida de la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra no sean de la misma especie. Va de 0,0 (ninguna probabilidad porque todos los individuos son de la misma especie) a 1,0 (100% de probabilidad). Para calcular el índice, utilice la definición:

$$D = 1 - \frac{\sum_i^I n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde

D = Índice de Diversidad de Simpsons

n_i = Número de individuos de especie i

I = Número total de especies

N = Número total de individuos de todas las especies.

Con esto, se puede comparar la biodiversidad del disco superior e inferior al final del experimento (semana 10) usando los datos del proyecto (use sólo gusanos tubulares, pólipos y balanos).

V. Interpretación de los resultados

Usando los diagramas que creaste arriba, ahora estás listo para interpretar los resultados del proyecto. En la sección V.2 damos algunas pistas que te ayudarán en este análisis y proporcionamos algunas palabras clave para obtener información adicional sobre los diferentes organismos que puede encontrar en Internet.

Importante: los datos presentados aquí son los datos originales del proyecto de los estudiantes. No han sido alterados para que se vean mejor ni manipulados para reflejar situaciones de libros de texto idealizadas. Contienen incertidumbres de medición, errores de conteo y también lagunas de datos. Por lo tanto, reflejan la situación real del proyecto de los estudiantes donde esto es lo que hay que trabajar. Como consecuencia, en muchas interpretaciones no habrá un "correcto" o "incorrecto" bien definido. Lo que buscamos es más bien un "quizás": utiliza los datos, trata de ver patrones y tendencias, pero también discute las posibles fuentes de error o incertidumbres. Explica dónde los resultados se ajustan a tus expectativas y a la teoría biológica y dónde difieren. Aprovecha al máximo los datos que tienes.

V.1 Tareas

Discute los siguientes temas:

1. ¿Cómo cambian la temperatura y la salinidad a lo largo de la duración del experimento?
2. Compara el cambio de la biomasa con el tiempo en los discos superiores e inferiores. ¿Qué características son dignas de mención? Interpreta tus observaciones.
3. ¿Ves alguna relación entre la biomasa y el porcentaje de cobertura de los discos? Explícalo. (Opcionalmente: ¿Qué tan bien se correlacionan la biomasa y el porcentaje de cobertura de los discos? ¿Qué significa esto?)
4. Describe y discute el crecimiento de las cuatro especies: ¿qué desarrollo hay en función del "tiempo en el agua" y en relación con los discos superiores e inferiores?
 - a. Algas
 - b. Gusanos tubulares
 - c. Pólipos
 - d. balanos

5. Explica el aparente orden de aparición de los organismos en los discos. ¿Cuáles podrían ser las razones de esto?
6. ¿Es plausible que la temperatura o la salinidad del agua hayan afectado al asentamiento y crecimiento en los discos? Si es así, ¿cuándo y de qué manera?
7. ¿Qué especies podrían estar compitiendo entre sí por el mismo tipo de recursos? ¿Qué recursos son esos? ¿Ve usted pruebas de ello en los datos?
8. Compara los índices de diversidad del disco superior e inferior al final del experimento. ¿En qué se diferencian? Explique la diferencia.

V.2 Pistas

Para ayudarte a interpretar los datos, aquí tienes algunos consejos que puedes usar. (Puede que no estés familiarizado con algunas de las palabras usadas aquí, pero son muy fáciles de buscar en la web). Aunque la mayor parte de esta información es relevante para este experimento, tendrás que decidir por ti mismo qué partes son importantes para tu interpretación de los datos.

- Los datos presentados aquí fueron recogidos por los estudiantes en un proyecto de clase. Por lo tanto, los resultados son "reales" y no idealizados. Por ejemplo, los estudiantes pueden haber raspado accidentalmente algunos de los organismos mientras manipulaban los discos. En consecuencia, algunos de los datos pueden no ser incondicionalmente fiables.

- El área de muestreo estaba en la costa oeste del fiordo de Kiel en las coordenadas geográficas 54°19'47.6 "N 10°09'00.2 "E.

- Puede haber un efecto de sombreado cuando los discos superiores están lo suficientemente crecidos como para reducir la cantidad de luz disponible para el disco inferior.
- Las algas más comunes eran el *Ectocarpus*, un alga filamentosa marrón. Tiene dos etapas en su ciclo de vida, primero un gametofito haploide, que es menos tolerante a los cambios de salinidad, y más tarde un esporofito diploide más tolerante.
- *Polydora sp.*, la especie de gusano tubular más común que se encuentra en los discos, depende de los sedimentos (que se acumulan gradualmente en los discos de la columna de agua) para construir sus tubos. Las corrientes en el fiordo de Kiel son bastante débiles.
- La liberación de larvas de balanos por parte de los animales adultos está determinada por la concentración de fitoplancton y por la turbidez. Coincide mayormente con la floración del fitoplancton en primavera. Las larvas de balanos son planctónicas. Los primeros estadios de las larvas son positivamente fototácticos (lo cual es una ventaja ya que se alimentan de fitoplancton). El último estadio larvario, la larva *Cypris*, es el estadio que después de algunos días o semanas se asienta en un sustrato. Este estadio no se alimenta y es negativamente fototáctico.
- La larva plánula de los pólipos, específicamente de *Obelia sp.*, forma parte del zooplancton a la deriva en el agua. En esta etapa, son positivamente fototácticas pero se vuelven negativamente fototácticas cuando es el momento de asentarse en una superficie sólida.
- Los organismos pueden estar compitiendo por el espacio en los discos o por el mismo tipo de alimento.
- Dependiendo de las especies nativas que se encuentren en la zona, la mayoría de los organismos desovan a finales de la primavera o principios del verano, es decir, tan pronto como se alcanza la temperatura adecuada y hay suficiente alimento disponible para las larvas que se alimentan.

Autores:

Dr. Sally Soria-Dengg and Dr. Joachim Dengg
 GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel
 Düsternbrookerweg 20, 24105 Kiel
 Alemania
 E-Mail: sdengg@geomar.de

V. 05-2020

Copyright: Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0);
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>