

## Versió para professors del full de treball sobre la Sucesió

Aquest document complementa el "Full de treball de l'alumne sobre la successió" amb més informació prèvia per al professor. El full de treball de l'alumne per si mateixa ha de contenir suficient informació per a permetre als estudiants completar les tasques (si és necessari amb alguna ajuda addicional dels recursos de la web).

<b>I. Objectius pedagògics</b>	<b>2</b>
<b>II. Antecedents</b>	<b>3</b>
II.1 Marc Experimental	3
II.2 Temaris	3
II.3 Continguts d'aquest conjunt de documents	4
<b>III. Anàlisi de los Dades</b>	<b>4</b>
III.1 Factors Ambientals	4
III.2 Biomassa	5
III.3 Percentatge de Cobertura	5
III.4 Diagrama de dispersió de la biomassa enfront del percentatge de cobertura	6
III.5 Identificació i recompte d'espècies	6
III.6 Riquesa d'Espècies	8
III.7 Biodiversitat	8
<b>IV. Interpretació</b>	<b>9</b>
IV.1 Patrons de temperatura i salinitat	9
IV.2 Augment de la biomassa amb el temps	10
IV.3 Percentatge de cobertura i biomassa	10
IV.4 Desenvolupament d'espècies en els discos superiors i inferiors	12
IV.4.1 Algues	12
IV.4.2 Poliquets	13
IV.4.3 Hydraris	14
IV.4.4 Balànids	14
IV.5 Ordre d'aparició dels organismes	15
IV.6 Efectes de la temperatura o de la salinitat	15
IV.7 Competició	16
IV.8 Biodiversitat	16
<b>V. Altres recursos</b>	<b>17</b>

## I. Objectius pedagògics

Els principals propòsits dels exercicis del full de treball de l'alumne que acompanya a aquest document són:

- proporcionar un "substitut" de les dades reals dels experiments de camp que no es van poder realitzar o completar per qualsevol motiu,
- utilitzar aquests exercicis com a preparació per a un projecte, en el qual els estudiants podran practicar la visualització i l'anàlisi de les dades que generaran en el seu propi projecte,
- entrenar als estudiants en la interpretació dels resultats dels gràfics i taules,
- practicar l'elaboració d'un argument basat en dades reals, i
- fer que els estudiants siguin conscients dels possibles esculls quan planegin els seus propis projectes.

(Ha de destacar-se la importància d'aquest últim punt perquè els estudiants solen subestimar la necessitat d'una anàlisi i una documentació durant un experiment. En les dades que aquí es presenten, hi haurà ambigüitats i errors rotunds per part dels equips que els van registrar que probablement plantejaran problemes en l'anàlisi).

Per a aquest exercici pot ser necessari que els estudiants tinguin alguns coneixements bàsics sobre la successió biològica, la competència i la vida en els mitjans aquàtics.

Com s'explica en el full de treball, totes les dades presentades són dades reals: són els resultats d'un projecte de classe que havia d'ajustar-se al temps disponible en l'horari de l'escola. Per consegüent, els requisits científics en termes de, per exemple, doble cecs, redundàncies o estimacions d'error van haver de reduir-se per a ajustar-se al calendari. (Com a exemple: una segona estructura de discos també es va desplegar com a rèplica o reemplaçament en cas que les mostres es danyessin o es perdessin. No obstant això, el segon bastidor no es va analitzar a causa de la falta de temps). Per tant, aquestes dades són una bona representació de la mena de resultat que es pot esperar al final d'un projecte de classe.

El full de treball proporciona una sèrie de tasques entre les quals el professor pot triar aquelles que són apropiades per a les capacitats dels estudiants i l'objectiu d'un curs. Al mateix temps, les dades estan obertes a la interpretació i per tant no hi ha necessàriament respostes correctes o incorrectes. La tasca dels estudiants és analitzar les dades disponibles, interpretar-los i fer un argument plausible per als seus resultats. Per a l'avaluació dels resultats, a continuació es donen exemples dels possibles resultats d'una anàlisi.

Les tasques centrals per als estudiants són:

- visualització de les dades mesurades,
- descripció dels resultats,
- interpretació i discussió de les seves conclusions.

Per a la visualització, es proporcionen arxius de dades en format LibreOffice i OpenOffice (.odt-\*files) i en format Excel (.xlsx). Si els estudiants no estan familiaritzats amb l'elaboració de gràfics en un programari de full de càlcul, es poden consultar en la web nombrosos tutorials (o videotutoriales) per als diferents paquets de programari.

## II. Antecedents

### II.1 Marc Experimental

Les dades utilitzades aquí són d'un projecte estudiantil que va tenir lloc durant 10 setmanes consecutives en la primavera (del 26 de març al 28 de maig) de 2018. El lloc va ser un moll als afores del Centre de Recerca Oceànica GEOMAR Helmholtz en Kiel, Alemanya. La construcció dels discos, així com la recuperació i el anàlisi van ser realitzades pels estudiants.

El marc temporal de l'experiment va ser triat per a ajustar-se a l'horari d'aquesta escola en particular, però també tenint en compte les condicions ambientals: en latituds més altes, els desplegaments hivernals no solen ser aconsellables, ja que no s'instal·laran organismes en els discos, o molt pocs. Els desplegaments d'estiu són més interessants i els projectes durant aquest temps poden ser més curts. Segons les espècies autòctones que es trobin en la zona, la majoria dels organismes fresen a la fi de la primavera o principis de l'estiu, és a dir, tan aviat com s'aconsegueix la temperatura requerida i hi ha suficient aliment disponible per a les larves que s'alimenten.

El procediment experimental descrit en la fulla de treball de l'estudiant és una variació de l'enfocament VIRTUE-s (vegeu <https://virtue-s.eu/> per a més detalls).

Cal destacar una vegada més que el disseny d'aquest experiment es va adaptar a l'horari de l'escola i al mateix temps que els estudiants van poder dedicar al projecte. La forma senzilla d'examinar la successió en els discos hauria estat

- Posar un (o millor: diversos) discos en l'aigua a principis de la primavera, després examinar-los cada setmana per un període de 10 setmanes per a veure quin creixement addicional ha ocorregut en la setmana anterior, i tornar a posar-los en l'aigua fins a la setmana següent. (Noti's, tanmateix, que això és bastant difícil sense danyar el creixement dels discos). O:
- desplegar 10 discos al mateix temps a principis de la primavera i recuperar i examinar un d'ells cada setmana.

Com era molt més fàcil per a l'escola fer que tota la classe examínés tots els discos junts en un sol dia, es va triar un "enfocament invers", on es va desplegar un disc cada setmana i després de 10 setmanes tots els discos van ser recuperats i analitzats al mateix temps.

Això, tanmateix, té implicacions per a la interpretació dels resultats, que abordarem a continuació.

### II.2 Temaris

Depenent de la configuració, amb aquesta mena de mètode es poden abordar una sèrie de temes ecològics diferents.

(Els aspectes considerats en aquesta fulla de treball es destaquen en negreta).

1. Diferències i similituds de la successió ecològica entre els mitjans terrestres i aquàtics.
2. **Comparació del reclutament de primavera, estiu i tardor.**
3. **Efectes de la disponibilitat de llum en l'estructura de la comunitat.**
4. **Desenvolupament de la diversitat d'espècies amb el temps.**
5. Canvis en l'estructura de la comunitat amb el temps.
6. Comparació de la successió en dos llocs aquàtics diferents.
7. Fenologia vs. Successió.
8. Altres...

## II.3 Continguts d'aquest conjunt de documents

El full de treball de l'alumne inclou:

- Informació sobre els materials i mètodes utilitzats en l'experiment.
- Una descripció dels mètodes d'anàlisi dels discos després de la recuperació.
- Les dades obtingudes per la classe de l'escola.
- Arxius de dades per a usar amb el programari del full de càlcul.
- Tasques per als estudiants i consells per a ajudar a la interpretació dels seus resultats.

La versió per al professor assumeix que el professor estigui familiaritzat amb el contingut del full de càlcul de l'estudiant. Afegeix:

- Exemples per a visualitzar els resultats en diagrames.
- Exemples per a la interpretació dels resultats (incloent fets i informació addicional sobre el reclutament dels organismes incrustants més comuns).

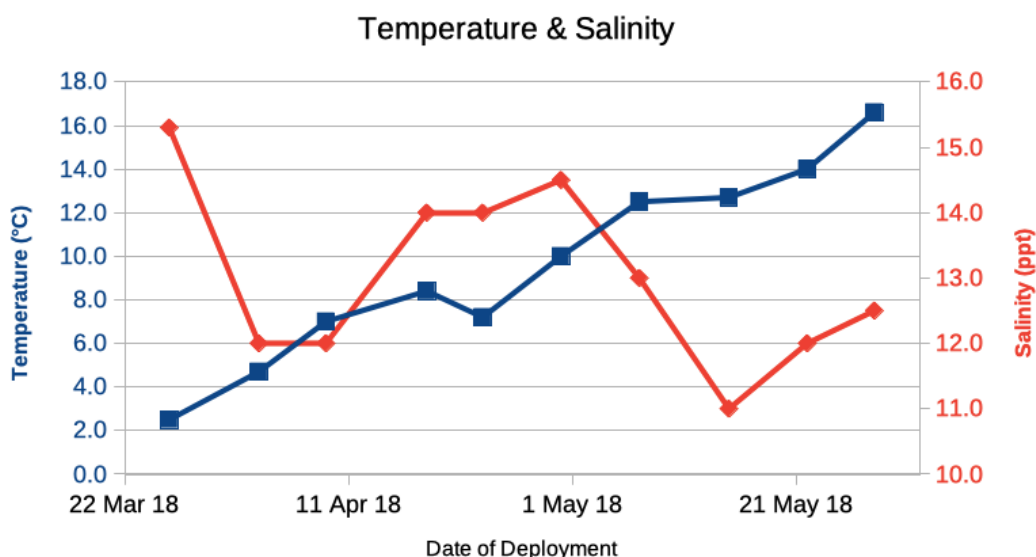
## III. Anàlisi de los Dades

Les taules amb les dades i les tasques de visualització estan en la fulla de treball de l'estudiant. Aquí, procedirem directament als gràfics resultants. (Totes les figures mostrades en aquest document van ser creades amb LibreOffice usant les dades del full de càlcul proporcionat amb aquest exercici).

En aquesta secció mostrarem exemples de gràfics que mostren els resultats esperats de les tasques corresponents en la fulla de treball de l'estudiant, abans de continuar amb la discussió i l'anàlisi en la següent secció.

### III.1 Factors Ambientals

La temperatura de la superfície de la mar i la salinitat es van registrar a intervals setmanals durant l'experiment (Figura 1).



*Figura 1: Patrons de temperatura i salinitat durant les 10 setmanes del projecte*

Observi que, a diferència dels següents gràfics, la Figura 1 la data de col·locació dels discos està en l'eix x. Aquest serà un punt a tenir en compte més endavant, quan s'usin "setmanes en l'aigua" com a variable de temps.

### III.2 Biomassa

Les dades de la biomassa en la part ascendent i descendent de la placa de Petri (veure Fig. 1 en la fulla de treball d'estudiant) es mostren en la Figura 2.

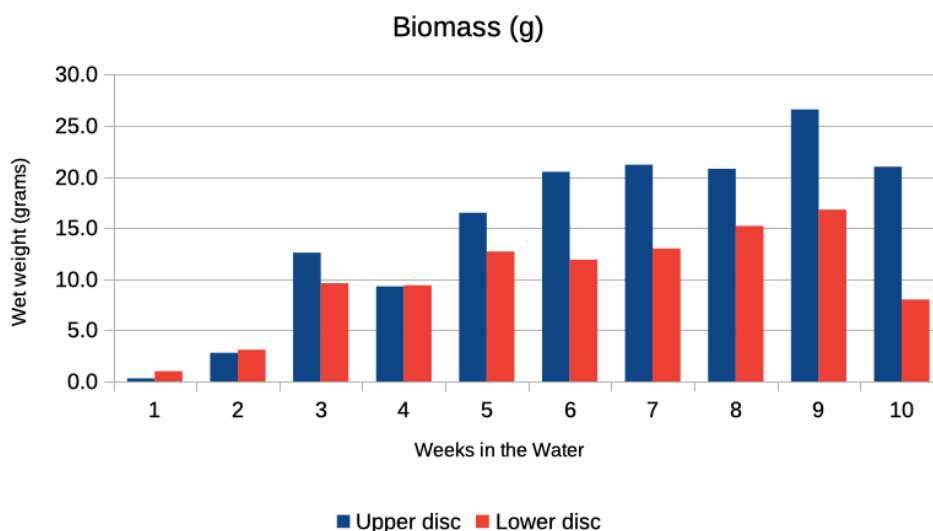


Figura 2: Biomassa final (pes humit) després de diferents períodes de temps en l'aigua durant el projecte de 10 setmanes.

A partir d'ara, "setmanes en l'aigua" s'utilitzarà com a variable de temps. Observi's que, encara que és temptador utilitzar frases com "el disc de la setmana 3", això pot donar lloc a ambigüitats perquè no es refereix a la setmana 3 de l'experiment: El disc que ha estat en l'aigua durant 3 setmanes va ser en realitat desplegat en la setmana 8 de l'experiment, és a dir, el 15 de maig. En aquest document, la paraula setmana sempre es referirà a les setmanes en l'aigua per a denotar les diferents durades d'exposició.

### III.3 Percentatge de Cobertura

L'estimació visual del percentatge de cobertura que es va donar com a tasca als estudiants és un mètode bastant subjectiu amb una precisió de tal vegada el 10%. L'avantatge d'aquest mètode, no obstant això, és que és ràpid i que fins i tot els alumnes més joves poden fer-ho per si mateixos. A partir de les fotos proporcionades amb la fulla de treball dels alumnes, es van obtenir els següents resultats mitjançant estimació visual:

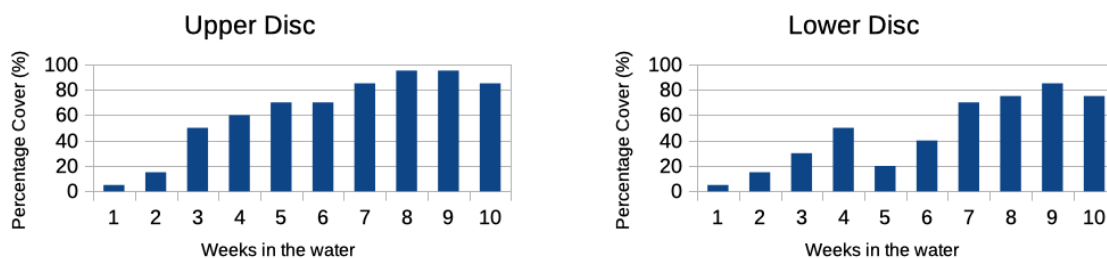


Figura 3: Sèrie cronològica de Percentatge de cobertura (%) dels discos superiors i inferiors

Si els estudiants van treballar en equip i van fer estimacions individuals, els seus resultats probablement diferiran entre un 5 i un 10%. Això els donarà una idea de la precisió i fiabilitat d'aquest mètode.

### III.4 Diagrama de dispersió de la biomassa enfront del percentatge de cobertura

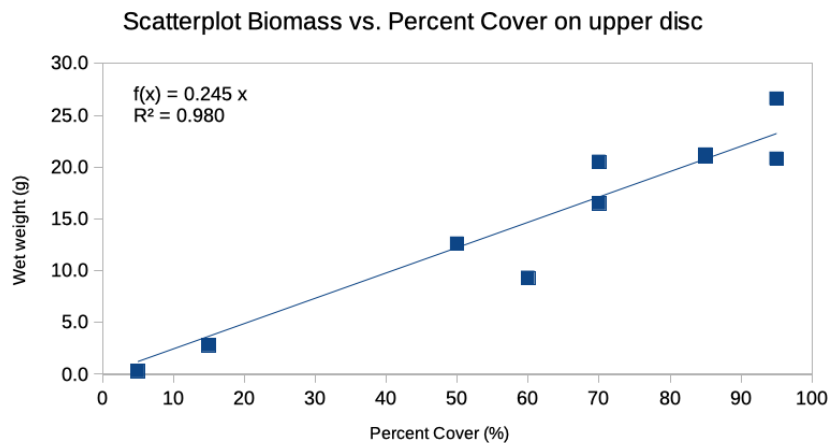
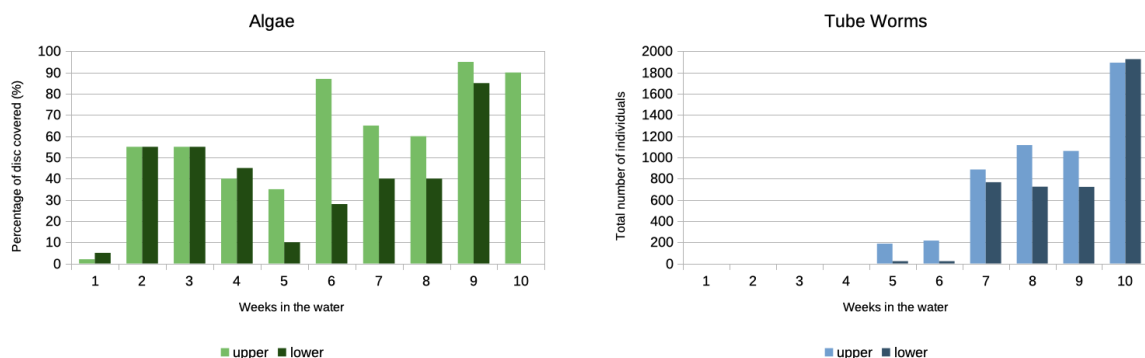


Figura 4: Diagrama de dispersió i línia de regressió per a la biomassa (en grams) vs. percentatge de cobertura (%) per als discos superiors.

LibreOffice calcula un coeficient de correlació de 0,96 per a les dues variables. Encara que aquesta correlació és alta (i estadísticament significativa amb un valor de probabilitat  $p < 0,001$ ), cal no oblidar que només es tracta de 10 mesures.

### III.5 Identificació i recompte d'espècies

Els resultats que es donen en la Taula 3 del Full de Treball de l'alumne poden ser presentats de diferents maneres. El nombre d'organismes pot ser mostrat en gràfics de columna individualment per a cada espècie (Figura 5):



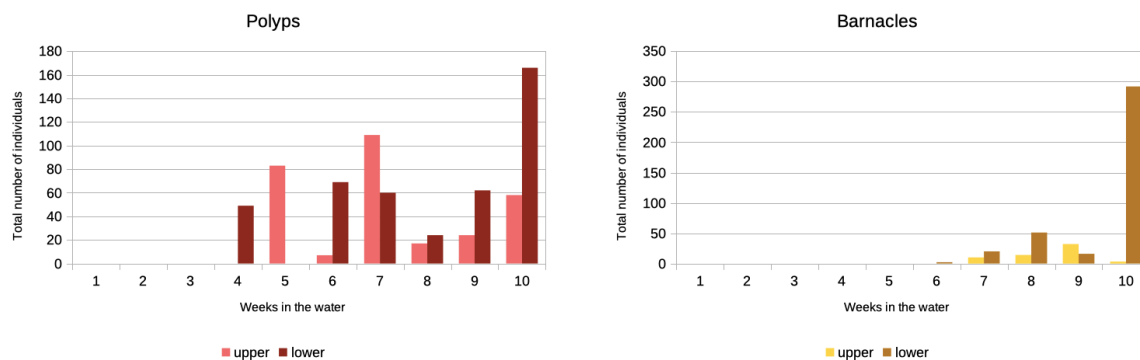


Figura 5 : Desenvolupament de la composició de les espècies en un disc al llarg del temps. El percentatge de cobertura (algues) i el nombre d'individus (poliquets, pòlips, balànids) es mostren per als discos superiors i inferiors.

Els diagrames també poden combinar-se per a tots els organismes (Figura 6). (S'observi que ara el nombre d'organismes es mostra en una escala logarítmica).

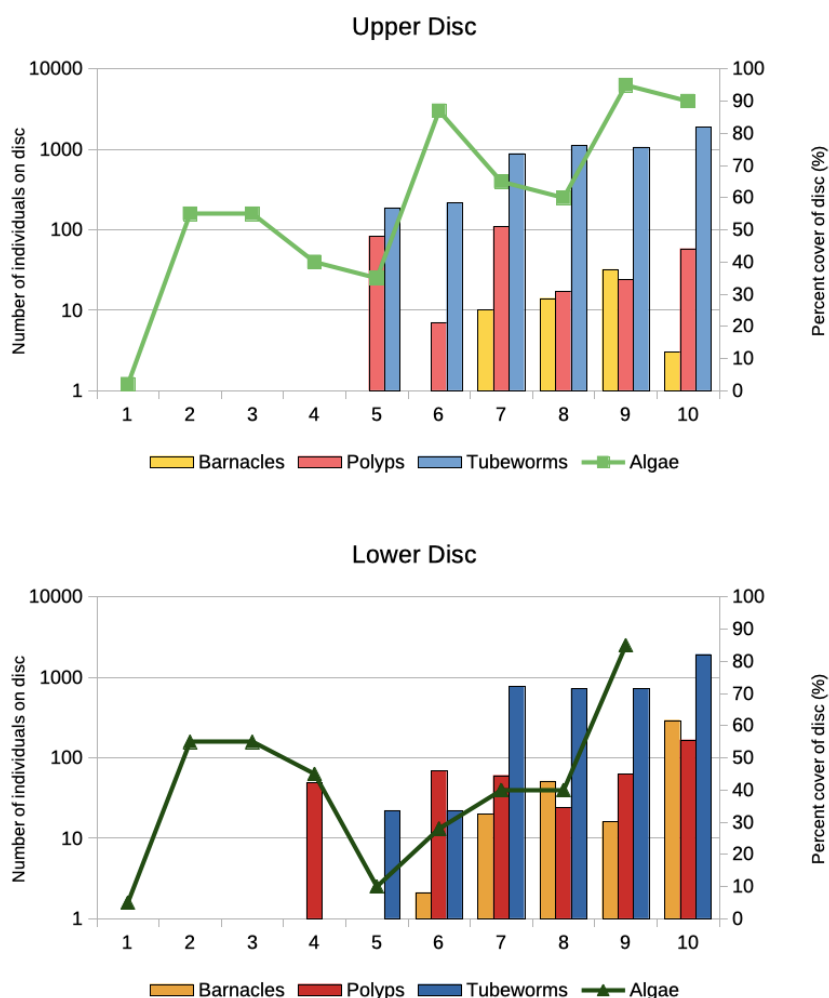


Figura 6: Successió d'organismes incrustants en el disc superior i inferior. La línia mostra el creixement de les algues (eix I dret) i les columnes el nombre total d'invertebrats (eix I esquerre; noti's que l'escala és logarítmica).

### III.6 Riquesa d'Espècies

Simplement comptant quantes espècies diferents són presents en els discos per a cada setmana, es va construir un diagrama que mostra el canvi en la riquesa d'espècies amb el temps. (Figura 7).

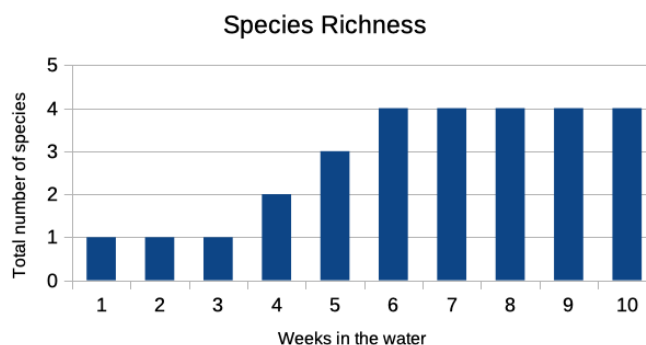


Figura 7: Canvi de la riquesa d'espècies en els discos al temps

La riquesa d'espècies en els discos augmenta amb el temps. En la setmana 6, ha aconseguit el seu màxim en termes del nombre d'espècies considerades en aquest estudi) i no torna a disminuir després d'això.

### III.7 Biodiversitat

El càlcul dels índexs de biodiversitat es descriu a una altra part del conjunt de documents de VIRTUE-s (es vegi <https://virtue-s.eu/ca/contingut-en-catala/quantificacio-analisi> ).

Aquí, utilitzem l'Índex de Diversitat D de Simpson (vegeu la fulla de treball de l'estudiant, secció IV.7) per a comparar la biodiversitat dels discos superiors i inferiors més antics al final de l'experiment (setmana 10):

Disc Superior	n	$\Sigma$	N	D
Poliquets	1893			
Pòlips	58	3584868	1954	0.06
Balànids	3			
Disc Inferior				
Poliquets	1926			
Pòlips	166	3819912	2384	0.32
Balànids	292			

Taula 1: Components del càlcul de l'Índex de Simpson.

## IV. Interpretació

Utilitzant els diagrames anteriors, els estudiants poden ara interpretar el desenvolupament de cadascuna de les espècies, així com comparar el creixement de les espècies individuals en el disc superior i el disc inferior. Si analitzen les dades amb atenció, també trobaran algunes contradiccions en les dades que abordarem a continuació.

Una vegada més, la numeració utilitzada aquí correspon als números de les tasques en el full de treball de l'estudiant:

Les tasques 1 - 3 es refereixen principalment a la descripció de les característiques oposades en els diagrames i a donar interpretacions molt simples. Les tasques 4 - 8 aprofundeixen en l'anàlisi de les dades biològiques i les seves interpretacions.

Encara que no tots els diagrames són necessaris per a cada tasca, els estudiants han de ser conscients de tots els diagrames i ser capaços d'utilitzar-los per als seus arguments. (En la següent discussió, les figures que ja es van mostrar anteriorment es repetiran per a facilitar la lectura).

És important tenir en compte que aquestes dades es van produir sense repeticions i que cada número va resultar de l'anàlisi d'un sol disc. Per consegüent, les explicacions han de continuar sent especulatives, mentre que en un estudi científic real, les rèpliques reforçarien la fiabilitat de les dades i la seva interpretació. No obstant això, aquest serà un bon exercici perquè els estudiants examinin les causalitats i facin deduccions educades basades en les dades.

### IV.1 Patrons de temperatura i salinitat

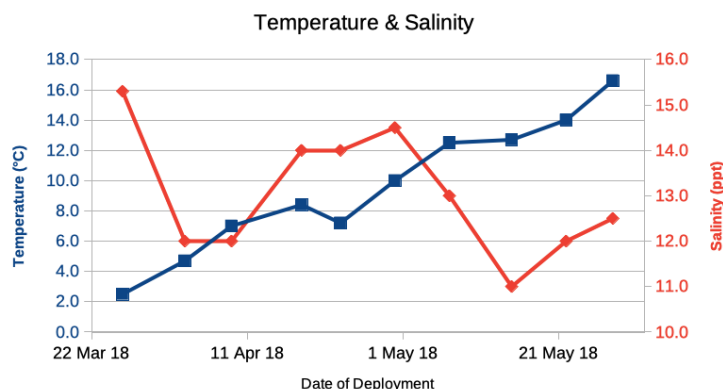


Figura 8: Patrons de temperatura i salinitat durant les 10 setmanes del projecte

La temperatura va mostrar un augment constant a la primavera, des d'una freda temperatura hivernal de 2,5 °C a la fi de març fins a 16,6 °C a la fi de maig. Aquest augment de temperatura reflecteix clarament l'escalfament estacional de la superfície de la mar, amb una lleu interrupció en la setmana del 23 d'abril (és a dir, corresponent al 5° desplegament).

La salinitat va variar entre 11,0 i 15,3 ppt. Les salinitats entre 14 i 20 ppt són normals en aquesta part de la Mar Bàltica, però no són rares les salinitats lleugerament més altes o més baixes. No obstant això, en particular en les dues primeres setmanes de maig es va produir una marcada disminució de la salinitat fins al seu valor mínim abans que comencés a augmentar de nou. La raó dels canvis en la salinitat no és òbvia. Pot haver-hi hagut pluja o entrada d'aigua dolça d'un riu. (Si els estudiants introdueixen les coordenades del lloc de mostreig en Google maps o en un programari similar i fan un acostament, poden veure el petit riu Schwentine a l'est del lloc de mostreig. Des d'aquí, les salinitats inferiors (aigua dolça

barrejada amb l'aigua circumdant) poden aconseguir la posició del bastidor). Totes aquestes interpretacions són plausibles.

## IV.2 Augment de la biomassa amb el temps

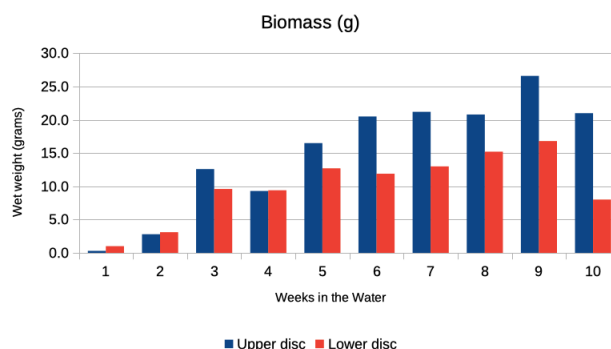


Figura 9: Biomassa final (pes humit) després de diferents períodes de temps en l'aigua durant el projecte de 10 setmanes.

Generalment, la biomassa dels discos inferiors és menor que la dels superiors. Això indica que o bé hi ha menys creixement en els discos que miren cap avall, o les espècies que creixen allí tenen menys biomassa.

La biomassa mostra un augment gairebé continu amb una durada creixent de desplegament. Hi ha algunes lleugeres variacions que poden deure's a les diferents condicions inicials quan es van col·locar els discos, però aquestes són menors. No obstant això, en els discos més antics apareix una pronunciada disminució de la biomassa: tant el disc superior com l'inferior, que han estat en l'aigua durant 10 setmanes, tenen una biomassa significativament menor que els discos que es van desplegar una setmana després.

Encara que no sempre és necessàriament cert, és raonable suposar que com més temps hagin estat els discos en l'aigua, més organismes haurien d'assentar-se o créixer en ells (almenys fins a un cert punt). No obstant això, també pot haver-hi una pèrdua (contínua/periòdica?) de biomassa a causa del herbivorisme i la depredació per part dels organismes que "visiten" els discos, com els peixos o els caragols. També es podria especular que la pèrdua de biomassa en els discos pot ocórrer per estrès mecànic (acció de les ones durant les tempestes?) o per una manipulació descuidada durant la recuperació o l'anàlisi. Cadascuna d'aquestes interpretacions és vàlida, i no tenim manera de determinar quina és la correcta.

## IV.3 Percentatge de cobertura i biomassa

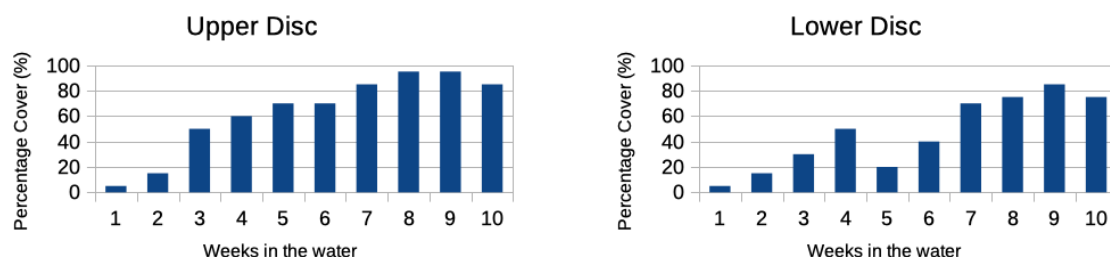
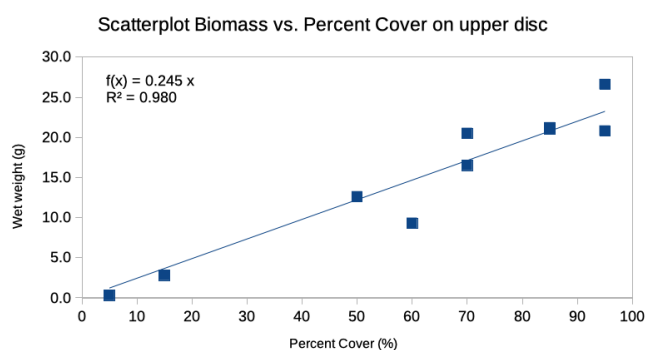


Figura 10: Sèrie cronològica de la cobertura percentual (%) dels discos superiors i inferiors

Encara que les tendències en el percentatge de cobertura són molt similars a les de la biomassa, això no és vàlid per a tots els detalls de les sèries temporals. Mentre que en els discos superiors hi ha un augment gairebé constant del percentatge de cobertura amb el temps d'exposició, els discos inferiors mostren una marcada disminució del percentatge de cobertura entre 4 i 5 setmanes en l'aigua. Tant la cobertura percentual com la biomassa mostren una disminució entre la setmana 9 i 10, però això és molt més pronunciat en la biomassa que en la cobertura percentual.

Tant la biomassa com la cobertura percentual donen xifres totals més altes per als discos superiors que per als inferiors, la qual cosa indica que el creixement és més vigorós en els discos orientats cap amunt.



*Figura 11: Diagrama de dispersió i línia de regressió per a la biomassa (g) vs. percentatge de cobertura (%) per als discos superiors*

Almenys per als discos superiors, existeix una clara correlació lineal entre el percentatge de cobertura i la biomassa. L'alt i estadísticament significatiu coeficient de correlació de 0,96 sembla confirmar-ho. (Per als discos inferiors, el coeficient de correlació és menor amb 0,72, però encara així significatiu).

Clarament, un s'esperaria que la biomassa es correlacionés inicialment amb el percentatge de cobertura, almenys fins al punt en què el disc està completament colonitzat (100% de cobertura) i el creixement de la biomassa continua en capes superposades. La relació no ha de ser lineal perquè els diferents organismes afegeixen diferents quantitats de biomassa per unitat de superfície. El fet que vegem un major declivi de la biomassa que el percentatge de cobertura entre les setmanes 9 i 10 podria haver-se del gran percentatge de cobertura ja present: en la setmana 9 els discos superiors estaven gairebé completament colonitzats i els discos inferiors també estaven coberts en més del 80%. Es podria sospitar que en el disc que va estar en l'aigua durant 10 setmanes, ja s'havia produït el creixement en diverses capes i que d'alguna manera (tal vegada durant l'acció de les fortes ones) es van perdre les capes superiors del creixement (portant amb si la biomassa - presumiblement sobretot algues -), mentre que les capes inferiors van romandre i encara van cobrir en la seva majoria les mateixes, però ara amb una biomassa considerablement menor. Aquesta hipòtesi es recolza en les fotos dels discos després de 9 i 10 setmanes. (No obstant això, com ja s'ha discutit en l'última secció, la manipulació descuidada durant el transport també pot ser la causa).

## IV.4 Desenvolupament d'espècies en els discos superiors i inferiors

### IV.4.1 Algues

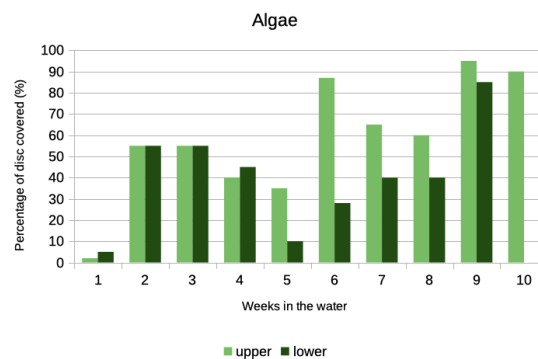


Figura 12: Percentatge de cobertura (%) de les algues

Aparentment, les algues de la part superior i inferior creixen igual de ràpid en discos que han estat en l'aigua per menys de 4 setmanes. Sembla a "explotin" des de la setmana 1 a la 2, des de menys del 5% a més del 50% de cobertura. No obstant això: els estudiants diligents probablement notaran que alguns de les altres dades, és a dir, les fotos de la setmana 2 (Figura 2 en la fulla de treball per a estudiants), les estimacions de la cobertura total (Figura 3 en aquest document) i el desenvolupament de la biomassa (Figura 2 en aquest document), estan en completa contradicció amb els números reportats per al percentatge de cobertura de les algues en la setmana 2. Si simplement pel fet que una estimació de la cobertura d'algues per si sola no pot ser significativament major que una estimació de la cobertura total, hem de concloure que els números de la setmana 2 no han estat reportats correctament per l'equip d'estudiants responsables d'aquests discos.

Així que, ignorant l'aparent ràpid creixement inicial de les algues, què més podem dir? Atès que ja veiem algunes algues després de la setmana 1, continua sent plausible argumentar que les algues són les primeres a poblar els discos, particularment en l'època de l'any dels desplegaments tardans (d'al voltant dels discos 6 a 1, és a dir, de mitjan abril a principis de juny) on definitivament hi hauria suficient llum solar.

Les dades de la setmana 3 i 4 indiquen que inicialment el creixement de les algues es produeix a ritmes similars en els discos superiors i inferiors. No obstant això, en els discos més antics (setmana 5 i superiors), hi ha notablement menys algues en els discos inferiors. Això pot haver-se de l'ombreig. Quan les algues (i altres organismes) dels discos superiors cobreixen una bona part de la superfície, això pot reduir la llum que arriba al disc inferior, la qual cosa dificulta que les algues d'allí creixin al seu màxim potencial.

La reducció del creixement de les algues en els discos superiors de les setmanes 4 i 5 en relació amb la setmana 3 sembla de nou qüestionable a la llum de les fotos. Encara que el tipus exacte de creixement no es pot determinar a partir de les fotos, en la setmana 4 no s'ha comptat cap altra espècie en el disc superior i en la setmana 5 només un nombre comparativament petit de poliquets. Per tant, hem d'assumir que les fotos mostren majorment algues, i la coberta sembla ser tan alta o més alta que en la setmana 3. Para el disco más antiguo (semana 10), no tenemos ningún número de algas en el disco inferior, pero como se discutió anteriormente (sección IV.3) tenemos que asumir que una gran parte de las algas se perdió en ese disco.

#### IV.4.2 Poliquets

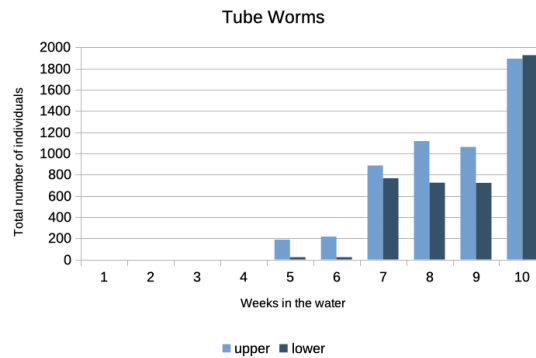


Figura 13: Nombres d'individus de poliquets.

Els poliquets són l'espècie més abundant en els discos. (Noti's que el seu número total aconsegueix gairebé 2000 individus en el disc més antic, on els balánids només arriben a prop de 300.) No apareixen en els discos més joves en absolut, i en els discos superiors només en aquells que han estat desplegats més de 5 setmanes (és a dir, abans de finals d'abril). En els discos inferiors s'observa un augment substancial del nombre d'individus només després de 7 setmanes en l'aigua. Sembla haver-hi canvis abruptes en el creixement a banda i banda dels discos entre les setmanes 6 i 7 i 9 i 10.

Els poliquets creixen preferentment en el disc superior (setmanes 5 a 9). (No obstant això, en els discos més vells (setmana 10) el creixement en el costat inferior es reporta com lleugerament més fort que en el costat superior).

Com s'indica en els consells per als estudiants, *Polydora sp.*, l'espècie de poliquets que es troba en aquests discos, construeix els seus tubs a partir dels sediments que s'assenten en els discos. Això pot explicar el reclutament preferencial en el disc superior: els corrents són prou febles com per a permetre que els sediments s'acumulin en els discos en 4 setmanes. Per als discos inferiors la situació és menys clara: encara que el sediment no "cauria cap avall" des de dalt com en els discos superiors, encara podria ser portat allí pel moviment de l'aigua i després adherir-se a la superfície. Sembla probable, no obstant això, que aquest sediment estaria compost per partícules més lleugeres i trigaria més a acumular-se, la qual cosa explicaria el menor nombre de poliquets en els discos inferiors.

L'inesperat gran nombre de poliquets en el disc inferior en la setmana 10 és difícil d'explicar. Podria haver-hi una connexió amb la pèrdua de biomassa en aquest disc (vegeu la secció IV.7 a continuació) o podria ser també un simple error de recompte.

#### IV.4.3 Hydraris

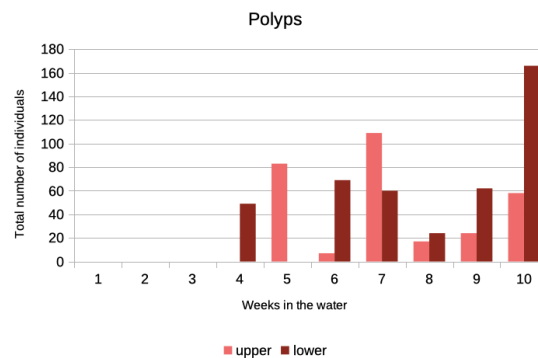


Figura 14: Número de pòlips

Els primers pòlips apareixen en el disc (inferior) que havia estat desplegat durant 4 setmanes, però la seva aparició posterior és una mica erràtica: en els discos de la setmana 5, només estan en el disc superior, en la setmana 6 principalment en el disc inferior. La població sembla ser molt baixa en els discos de la setmana 8, mentre que en els discos més antics es troben números més alts.

Inicialment, els pòlips d'aquest experiment no mostren una clara preferència pel disc superior o inferior, però per als 3 discos més antics sembla establir-se una preferència pel disc inferior.

Les larves de planula dels pòlips, específicament de *Obelia sp.*, són positivament fototàctics mentre encara estan a la deriva en l'aigua com a plàncton, però es tornen negativament fototàctics quan arriba el moment d'assentar-se. Això ens portaria a esperar més pòlips en els "llocs ombrejats", és a dir, en els discos inferiors.

#### IV.4.4 Balànids

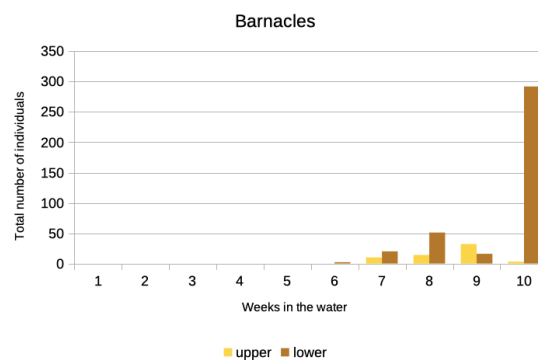


Figura 15: Nombre d'individus de balànids

No es van trobar balànids en els discos que havien estat en l'aigua per menys de 6 setmanes (és a dir, desplegats després del 23 d'abril). Això podria significar que l'assentament dels balànids es va acabar a mitjan abril, o que els que van arribar més tard no es van assentar encara perquè requereixen la presència d'alguna cosa més en els discos abans de poder colonitzar-los.

Excepte el disc de la novena setmana, els balànids s'assenten preferentment en els discos més baixos, amb números molt alts en la part inferior del disc més antic.

Com s'indica en les pistes per als estudiants, l'alliberament de larves de balànids pels animals adults està determinada per la concentració de fitoplàncton i per la terbolesa. Coincideix en la seva major part amb la floració del fitoplàncton a la primavera, que en aquest lloc sol produir-se entre març i mitjans d'abril. Després del fresi, les larves de balànids són planctòniques i positivament fototàctiques. Això és un avantatge ja que s'alimenten de fitoplàncton que és abundant en la columna d'aigua superior. L'últim estadi larvari, la larva *Cypris*, és l'estadi que finalment s'assenteixi en un substrat després d'alguns dies o setmanes. Per tant, si els balànids alliberen les larves de març a mitjan abril, esperem veure'ls assentar-se en els discos a la fi d'abril o maig. No obstant això, a causa de la incertesa quant al moment (no tenim dades sobre la presència o absència de larves de xiprer en l'aigua), la segona de les nostres hipòtesis inicials no pot descartar-se a partir d'aquestes dades: és concebible que els balànids no s'assentin en una superfície "en blanc" abans que almenys una fina biopel·lícula s'hagi establert en ella.

Pel fet que l'estadi de larva *Cypris* és negativament fototàctic, preferiria l'assentament en el disc inferior. A més, els balànids són alimentadors de filtre i obtenen el seu aliment "filtrant" les partícules de menjar de la columna d'aigua. Per consegüent, per als quals s'assenten en els discos superiors, els sediments que cauen sobre els discos poden obstruir el seu aparell de filtració i posar-los en desavantatge.

#### IV.5 Ordre d'aparició dels organismes

Estrictament parlant, a partir d'aquest experiment no és possible determinar l'ordre d'aparició de les espècies. En lloc de seguir la història temporal d'un sol disc, el creixement en els discos que es van desplegar en diferents moments i per períodes cada vegada més breus es va examinar simultàniament al final de l'experiment. s

Per tant, no sabem quan es va assentar realment la primera macroalga en el disc que havia estat en l'aigua durant 10 setmanes. No obstant això, en el Bàltic les espores de les algues són presents durant tot l'any i al març hi ha suficient llum per a donar suport al creixement i el desenvolupament de les algues. A més, es van trobar algues en tots els discos en totes les setmanes de l'experiment. Per tant, sembla segur assumir a partir de les dades que les macroalgues van ser les primeres a assentar-se en cada disc.

En el cas dels poliquets, argumentem que el sediment ha d'haver-se acumulat en el disc fins ara buit abans que es pugui aconseguir un assentament reeixit. Per als pòlips, no hi ha un argument clar per a cap punt en particular en el temps. L'aparició de balànids en els discos coincideix amb la fenologia/estacionalitat del reclutament. De fet, per a totes les espècies animals els cicles de reproducció probablement jugarien un paper, que al seu torn podria dependre de la temperatura de l'aigua.

Per tant, sobre la base de les dades disponibles, l'ordre d'aparició dels organismes en els discos en aquest experiment és:

Macroalgues primer, pòlips segon, balànids per últims.

#### IV.6 Efectes de la temperatura o de la salinitat

L'alga més comuna, *Ectocarpus*, té dues etapes en el seu cicle de vida, un gametòfit haploide, que és menys tolerant als canvis de salinitat i un esporòfit diploide més tolerant. Quant a la baixa cobertura d'algues en el disc de la cinquena setmana (Figura 5 y Figura 6), es pot especular que això pot haver estat causat per la disminució sobtada i persistent de la salinitat que es va produir just després del desplegament a la fi d'abril (Figura 1). Les algues joves que es van assentar durant aquest temps poden haver-se estressat amb les salinitats molt baixes, la qual cosa pot haver influït en el seu creixement i desenvolupament en les setmanes següents. Les algues que es van assentar abans en discos que havien

estat en l'aigua unes setmanes més poden haver aconseguit una etapa més tolerant en el seu cicle de vida i, per tant, es van veure menys greument afectades.

Respecte a la temperatura, és molt possible que la temperatura de l'aigua influeixi en l'alliberament de les larves, però això no s'aprecia de les dades.

#### IV.7 Competició

Quant a la possible competència per l'espai, és evident que els primers a arribar tindrien un avantatge, tret que els que arribin tard aconsegueixin desplaçar-los o es beneficiïn de les influències externes que afecten un competidor.

Com s'ha assenyalat anteriorment, en aquesta època de l'any els primers a arribar semblen ser les algues, amb poliquets i pòlips després d'això. No hi ha indicis d'una competència per l'espai entre els poliquets i les algues. Els poliquets bé podrien construir els seus tubs sota les algues: no necessiten llum, i les algues no es veurien afectades per les estructures tubulars. Almenys en les últimes etapes de creixement dels discos, els pòlips i les algues, així com els pòlips i els poliquets no semblen competir per l'espai perquè els pòlips es troben principalment en la part inferior mentre que les algues i els poliquets poblen la part superior. Teòricament, podria haver-hi competència per l'espai entre les larves d'assentament dels pòlips i els balà: tots dos eviten la llum i s'assenten preferentment en el disc inferior. No obstant això, quan els balànids es van assentar finalment, encara hi havia més d'un 20% d'espai lliure en els discos inferiors (Figura 3). A més, totes dues espècies poden coexistir entre si perquè no competeixen pel menjar: els balànids són filtradors (mengen fitoplàncton i detritus) i els pòlips són depredadors que s'alimenten de zooplàncton petit. D'altra banda, els balànids que poden haver intentat assentar-se en la part superior dels discos van trobar molt poc espai que quedava allí. Fins i tot si es van assentar en la part superior dels discos (Figura 15), probablement es van asfixiar eventualment per algues, poliquets i sediments.

Es podria plantejar un argument interessant per a una competència en la part inferior dels discos entre les algues i les tres espècies animals: la imatge del disc més antic indica que la major part del seu creixement d'algues pot haver-se caigut en algun moment, obrint així espai perquè les altres espècies ho recuperin. Això podria explicar el número total comparativament alt de cadascuna de les altres tres en la part inferior del disc de la setmana 10.

No obstant això, cal assenyalar que no hi ha una clara separació entre les espècies. Encara que hi ha períodes intermedis durant les etapes inicials d'assentament en els quals algunes espècies poden trobar-se només en la part superior o inferior del disc però no en totes dues (setmanes 4 a 6), en l'etapa d'assentament més "madura" cada espècie que és present en un costat dels discos està també present en l'altre. Respecte a la possible competència per l'espai, és evident que els primers a arribar tindrien un avantatge, tret que els que arribin tard aconsegueixin desplaçar-los o es beneficiïn de les influències externes que afecten un competidor.

#### IV.8 Biodiversitat

Per al disc que ha estat en l'aigua durant 10 setmanes, l'índex de Simpson és de 0,06 per al disc superior i 0,32 per a l'inferior (referència Taula 1). Així, la possibilitat de triar a l'atzar dos individus que no són de la mateixa espècie és només del 6% per al disc superior mentre que augmenta al 32% per a l'inferior. Encara que la riquesa d'espècies és major en el disc inferior, el valor absolut continua sent bastant baix.)

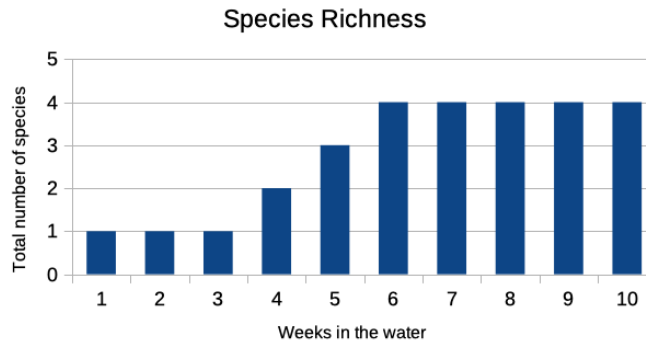


Figura 16: Patró de la riquesa d'espècies en el disc amb el temps

Això pot atribuir-se al nombre desproporcionadament alt de poliquets. En termes d'individus, el disc superior està gairebé completament dominat per ells. En el disc inferior, encara dominen per molt, però almenys els balànids contribueixen significativament a la mescla.

No obstant això, cal tenir en compte que en l'anàlisi de l'Índex de Simpson només es van utilitzar les 3 espècies animals. Les algues no poden incloure's en el càlcul perquè no es van poder fer recomptes individuals. La riquesa d'espècies (un altre índex per a la biodiversitat que considera les 4 espècies) va aconseguir el seu punt màxim després de la 6a setmana d'experiment. Això no significa que la comunitat ja hagi aconseguit la seva etapa de clímax, però es deu al baix nombre d'espècies presents en aquest experiment i al fet que les etapes juvenils d'altres organismes bentònics només s'assentaran en els discos més endavant l'any. (Per exemple, en aquest lloc en particular els musclos començaran a créixer en l'estiu, i per a la tardor hauran superat completament tota la resta).

## V. Altres recursos

Abdel Aleem, A. 1957. Succession of marine fouling organisms on test panels immersed in deep-Water at La Jolla, California. *Hydrobiologia*. 11:40.

<https://doi.org/10.1007/BF00021007>

BIOTIC: Biological traits Information Catalogue: *Obelia longissima*

<http://www.marlin.ac.uk/biotic/browse.php?sp=4538>

Chalmer, P.N. 1982. Settlement patterns of species in a marine fouling community and some mechanisms of succession. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 58: 73-85.

Chase, A.L., Dijkstra, J.A., Harris, L.G. 2016. The influence of substrate material on ascidian larval settlement. *J. Mar. Poll. Bull.* 106: 35-42.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.049>

Cifuentes, M., Krueger, I., Dumont, C.P., Lenz, M., Thiel, M. 2010. Does primary colonization or community structure determine the succession of fouling communities? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 395: 10-20.

Gyory, J., Pineda, J., Solow, A. 2013. Turbidity triggers larval release by the intertidal barnacle *Semibalanus balanoides*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 476: 141-151.

<https://doi.org/10.3354/meps10186>, or  
[https://www.researchgate.net/publication/235735768\\_Turbidity\\_triggers\\_larval\\_release\\_by\\_the\\_intertidal\\_barnacle\\_Semibalanus\\_balanoides](https://www.researchgate.net/publication/235735768_Turbidity_triggers_larval_release_by_the_intertidal_barnacle_Semibalanus_balanoides)

- Khalaman, V.V., Komendantov, A., Malavenda, S.S., Mikhaylova; T. 2016. Algae versus animals in early fouling communities of the white sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 553: 13-32.  
<https://doi.org/10.3354/meps11767>
- Thomas, D.N., Kirst; G.O. 1991. Salt tolerance of *Ectocarpus siliculosus* (Dillw.) Lyngb.: Comparison of gametophytes, sporophytes and isolates of different geographic origin. *Bot. Acta.* 104: 26-36.

**Autors:**

Dr. Sally Soria-Dengg y Dr. Joachim Dengg  
GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel  
Düsternbrookerweg 20, 24105 Kiel  
Alemania  
E-Mail: [sdengg@geomar.de](mailto: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/>