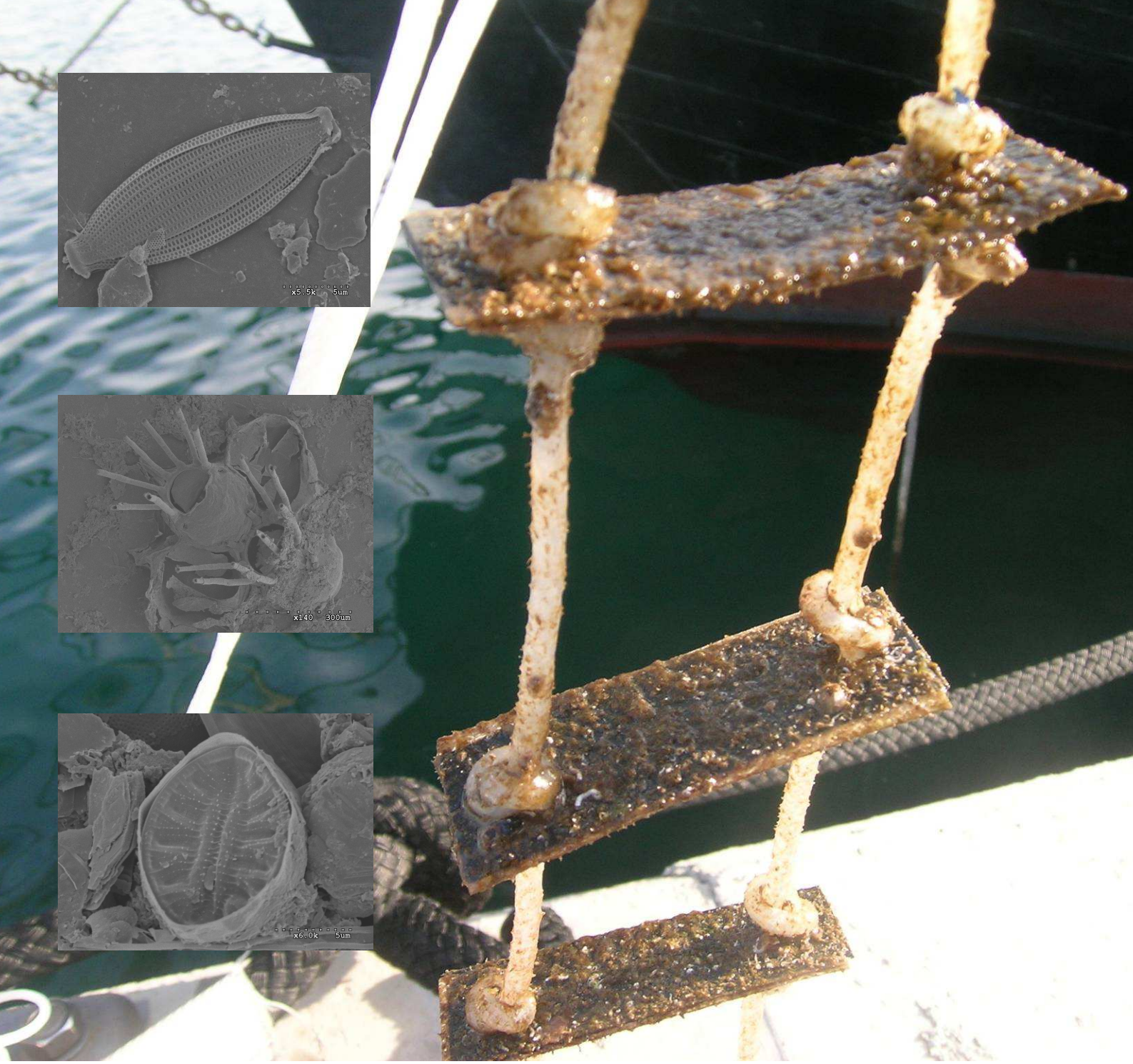


TREBALL de RECERCA

Estudi de la successió primària en esculls artificials en un port marítim

- Maria Montseny Cuscó-

TREBALL de RECERCA

Estudi de la successió primària en esculls artificials en un port marítim

Àmbit: Biologia marina

- Maria Montseny Cuscó-

Dirigit per Josep Marlès

2n de Batxillerat

Escola Frederic Mistral Tècnic Eulàlia

Barcelona. Desembre 2008

Resum

La llum i el temps són factors importants en tots els ecosistemes i especialment en ecosistemes aquàtics, ja que constitueixen variables ambientals que condicionen la seva evolució i equilibri. L'objectiu principal del treball de recerca és estudiar el desenvolupament de les successions primàries all llarg del temps en esculls artificials submergits en un ambient marí i observar les conseqüències de la incidència, directa o no, de la llum en aquests esculls pel que fa al desenvolupament de la successions primàries.

Crec que els resultats que he obtingut demostren satisfactòriament que la incidència de la llum és un factor determinant en la constitució de les successions primàries en ambients marins. Per altra part, els resultats també demostren que el temps és un factor que actua condicionant la diversitat de les formes de vida que colonitzen aquests medis marins, concretament la diversitat s'incrementa amb el temps.

El mar sempre ha estat un motiu d'interès molt especial per mi i amb aquest estudi he pogut aprendre tot un conjunt de tècniques de treball en l'àmbit de la biologia marina. Crec que he aplicat correctament la metodologia científica i estic segura que les conclusions que finalment he pogut elaborar són interessants.

Summary

Light and time are basic factors in all ecosystems, especially in the aquatic ones as they constitute environmental variables which determine their evolution and balance. The main purpose of my Research Project is to reach to study of development, through the time, of the primary communities in artificial reefs plunged into aquatic environments, and to be able to observe the consequences of the light incidence, either direct or indirectly, on these reefs and so, develop the primary community.

Then results that I got from my work show clearly that the light incidence in a decisive factor in the structure of the primary communities in aquatic environments. Besides, the results also show that time is an element which acts conditioning the living diversity in these marines environments, diversity which increases with the time.

The sea has always been an interesting and special issue for me. I have been able to learn a lot of the work techniques in the biological marine environment.

I really believe I have correctly put into practice some scientific methodology and the conclusions I have achieved require serious wise interest.

ÍNDEX Pàg.

1. Introducció 4
2. Objectius - hipòtesis de la recerca 6
   2.1. Objectiu principal 6
   2.2. Hipòtesis de treball 6
3. Bases teòriques 7
4. Metodologia 12
   4.1. Estructura i materials del escull 12
   4.2. Immersió del escull i seguiment de la seva evolució 13
   4.3. Observació i identificació d'organismes 15
   4.4. Observació de bacteris: tinció de gram 16
5. Resultats 18
   5.1. Resultat de mostres amb la lupa i taules de diversitat 18
      5.1.1. Mostres de 5 dies 18
      5.1.2. Mostres de 7 dies 20
      5.1.3. Mostres de 10 dies 22
      5.1.4. Mostres de 15 dies 24
      5.1.5. Mostres de 30 dies 26
      5.1.6. Mostres de 45 dies 28
      5.1.7. Mostres de 65 dies 30
   5.2. Resultats microscòpia electrònica 33
      5.2.1. Mostres de 7 dies 33
      5.2.2. Mostres de 15 dies 35
   5.3. Resultats de la detecció de bacteris 37
6. Conclusions 38
7. Bibliografia 40

1. INTRODUCCIÓ

Abans de començar a pensar el tema del meu treball de recerca , ja tenia ben clar que el meu treball seria un treball pràctic amb abundant treball de camp i que estaria relacionat amb la biologia marina, i és que m'agradaria poder treballar en un futur coma biòloga marina. Un cop determinat l'àmbit del treball primerament pensava fer un estudi dels esculls artificials que hi ha al Port de Barcelona, aquests porten submergits més de 3 anys. El estudi d'aquets esculls es podia fer només a partir de fotografies i alguna petita mostra a causa de les grans dimensions i la profunditat on es troben aquests esculls. No m'agradava la idea de fer un treball de recerca a partir d'unes fotografies i finalment, vaig decidir-me a estudiar un tema potser menys conegut: les etapes inicials de la colonització dels esculls artificials. Vaig contruir jo mateixa uns petits esculls de plàstic transparent que tenien la grandària d'un portaobjectes, amb la idea que podrien ésser observats directament al microscopi òptic. Desprès de construir diversos esculls i submergir-los vaig obtenir tota una sèrie de mostres amb diferents dies colonització des de 5 a 65 dies. Posteriorment, aquestes mostres van ser observades amb diferents tècniques per tal d'analitzar les etapes del procés de colonització.

La meva recerca te com a principal finalitat estudiar com són les successions primàries en un escull artificial. Concretament en els primers estadis d'aquesta successió , per tal de determinar com s'inicia una colonització d'un escull artificial, els quals tenen com a funció principal recuperar fons marins danyats.

Teòricament, en els primers estadis d'una successió primària en un ambient marí, seran els bacteris els primers colonitzadors (espècie oportunista) i desprès ho seran les algues unicel·lulars, especialment les diatomees. Una de les finalitats del meu treball és comprovar que això és així. D'altra banda, el meu estudi es centra també, en la manera de com evoluciona la successió. Atès que en les successions primàries o secundàries observades en ambients continentals (illes de nova formació, boscos cremats..) un dels paràmetres que varia és la diversitat, que s'incrementa a mesura que passa el temps fins arribar a un límit, hauria de passar el mateix en ambients marins.

Els factors ambientals poden incidir de manera diferencial en l'evolució de la successió i un dels factors que teòricament més importància té en els ecosistemes marins és la llum. També la temperatura és un factor ambiental que segurament afecta el desenvolupament de les successions, però això implicaria un estudi estacional que si bé no renuncio a dur-

lo a terme en un futur, de moment no ha estat objectiu de la meva recerca. Per tant, el meu estudi fa referència principalment a dos factors molt importants: la il·luminació de la superfície de l'escull i la textura d'aquesta superfície.

La realització d'aquest treball ha estat possible gràcies a la col·laboració dels responsables del Port de Badalona, que em van permetre situar els esculls en una zona protegida. Durant aquests mesos he aprés un munt de tècniques, que aplicat rigorosament i que m'han permès treure un resultats molt interessants i unes conclusions que, en la meva opinió, em permeten assolir gran part dels objectius inicials i corroborar les primeres hipòtesis.

La major part del la feina l'he dut a terme en el Port de Badalona i en el laboratori de l'escola. La microscopia òptica m'ha servit per identificar alguns dels organismes colonitzadors i, efectivament, els petits esculls de plàstic transparent m'han servit perfectament per fer observacions directes al microscopi. L'observació a la lupa binocular ha estat també una feina llarga i a voltes feixuga, perquè no dir-ho, però el resultat de cada observació es convertia per a mi en un maravellós trofeu.

Una de les tècniques utilitzades en el meu treball, és l'ús la microscòpia electrònica. Malgrat que constitueix una petita part de tota la feina d'observació, sóc molt conscient que pocs estudiants tenen el privilegi de utilitzar aquest tipus d'aparells i menys per treballs de recerca de batxillerat, i és per això que em sento afortunada i estic molt agraïda a l'Institut de Ciències del Mar de Barcelona (ICM-CSIC) que han fet possible que pugues analitzar les mostres amb el microscopi electrònic de rastreig. El resultat d'aquestes observacions ha estat molt important, especialment per a la identificació de diatomees i per completar de manera rigorosa la meva recerca.

2. OBJECTIUS - HIPÒTESIS DE RECERCA

2.1 L'objectiu principal de la meva recerca és estudiar la successió primària en un escull artificial , col·locat en una zona de port marítim, i observar l'evolució de l'escull en funció del temps i de diferents paràmetres ambientals: la il·luminació, rugositat del substrat, i temperatura (estacionalitat).

2.2 En relació a l'objectiu anterior he establert diverses hipòtesis de treball:

- "En un escull artificial, els primes colonitzadors segurament són bacteris."
- "La colonització per bacteris deixa pas a la colonització d'algues unicel·lulars, probablement diatomees, que són presents de manera molt especial en la majoria d'ambients marins, especialment substrats."
- "En un escull artificial s'ha d'observar un increment de la diversitat biològica al llarg de les primeres etapes de colonització."
- "Si variem les condicions ambientals el tipus de successió que s'observa serà diferent."

  En funció a la il·luminació, la meva hipòtesi és que les algues només creixeran en la zona de l'escull que està de cara a la llum i no en la zona d'ombra permanent.

  En funció de la rugositat del substrat, la meva hipòtesi és que com més rugós sigui el substrat, més superfície cosa que facilitarà que els organismes s'hi arrelin i per tant, més diversitat.

  En funció de l'estacionalitat, la meva hipòtesis és que els organismes que trobem per l'escull a l'estiu han de ser diferents dels que trobem a l'hivern. Ja que a més temperatura de l'aigua més activitat , per tant més organismes haurien de colonitzar l'escull que durant els messos en que l'aigua està més freda i hi ha menys activitat i doncs, menys colonització dels esculls.

3. BASES TEÒRIQUES

Els conceptes teòrics necessaris per dur a terme la meva recerca són molt bàsics, ja que la majoria formen part del currículum de estudis de secundària i batxillerat científic. Són els següents:

Els esculls artificials són estructures submergides de forma intencionada sobre el fons marí per imitar algunes característiques dels esculls naturals (esculls coral·lins). Els esculls artificials tenen una funció principal de regenerar ecosistemes submarins danyats, però han estat desenvolupats arreu del món amb objectius ben diversos com els següents :

- Conservar la biodiversitat marina
- Proporcionar protecció a les espècies de la zona on està aquest escull
- Reduir els impactes negatius sobre hàbitats naturals existents
- Evitar el pas d'embarcacions d'arrossegament per sobre de fons sensibles
- Restaurar hàbitats malmesos per accions antropogèniques
- Millorar el rendiment de la pesca artesanals
- Implementar la pesca recreativa
- Proporcionar beneficis econòmics a les activitats subaquàtiques
- Investigació científica (per exemple , millorar els coneixements sobre els processos de colonització o successions.)

Des de la seva concepció s'han utilitzat diferent estructures com a esculls artificials. Es poden trobar des d'elements tant simples a base de roques, fusta , cordes (esculls amb materials naturals) a elements més sofisticats construïts amb fibra de vidre o formigó armat (esculls amb materials artificials). També s'han utilitzats com a esculls tot tipus de deixalles com ara cotxes , avions, tancs...

En els esculls artificials s'hi dóna una successió ecològica. Aquest concepte és un dels més importants en l'ecologia. Es defineix com a successió el procés gradual de substitució d'unes poblacions per unes altres en un ecosistema al llarg del temps. El procés de successió s'atura quan s'arriba a un ecosistema equilibrat. Aquest equilibri implica la presència de poblacions molt ben adaptades i ben relacionades entre elles. És el què s'anomena comunitat clímax.

La successió és un procés generalment lent , que pot durar uns quants milers d'anys . Existeixen dos tipus de successions, la successió primària i la successió secundària.

- Successió primària: És la successió que és produeix en una zona on mai han habitat éssers vius. Una illa volcànica acabada de formar i els esculls artificials són clars exemples d'aquest tipus de successió.

-Successió secundària: La successió secundària és aquella que es produeix en una zona on ja hi havia una comunitat establerta, que per causes catastròfiques , ha desaparegut.

Característiques de les successions:

1) En general,en tota successió la colonització s'inicia a través d'espècies oportunistes, es a dir, espècies amb pocs requeriments nutritius i ambientals , capaces de suportar condicions ben diverses.

2) Les espècies que colonitzen inicialment solen tenir una alta taxa reproductiva, aquestes s'anomenen "espècies de l'estratègia de la "r"

3) Poc a poc les espècies amb una taxa reproductiva alta son substituïdes per "espècies de l'estratègia de la k" , es a dir, espècies on la reproducció depèn de la població o capacitat de càrrega.

Com he esmentat anteriorment l'objectiu principal d'un escull és regenerar un ecosistema marí. Un ecosistema és el conjunt format per la comunitat o biocenosi (conjunt de poblacions que habiten en un ecosistema) i el biòtop que li correspon. El biòtop en aquest cas correspondria a l'escull artificial, ja que és l'ambient físic on s'instal·la una comunitat. El biòtop consta de un medi , en el meu treball serà un medi aquàtic, i un substrat que és el suport o superfície on s'assenten els organismes.

Els factors ambientals abiòtics són les variables fisicoquímiques que influeixen en la vida dels organismes . Els més importants són la humitat, la salinitat , la temperatura i la llum entre altres. Aquests factors abiòtics poden ser determinats per alguns organismes en concret , per exemple, pel que fa a la llum aquesta influeix decisivament en la distribució dels éssers vius. Algunes espècies prefereixen la màxima insolació possible mentre que

d'altres tot el contrari. La temperatura serà també un factor abiòtic estudiat en el meu treball , que suposo que serà també determinant.

Una part del treball serà calcular la diversitat de les diferents mostres recollides, per fer-ho existeixen dos índex que ens permeten calcular la diversitat d'una comunitat: l'índex de Shannon i l'índex de Brillouin.

L'índex de Shannon és probablement el més utilitzat, ja que és fàcil de calcular , però no és sensible a l'abundància. Per tant, en comunitats de poblacions poc abundants, el fet que el nombre d'individus de les diferents espècies sigui baix, no queda reflectit en el valor de diversitat. Mentre que l'índex de Brillouin matisa millor el valor de diversitat. Per exemple, segons l'índex de Shannon la diversitat serà la mateixa en una primera comunitat de 2 enciams, 4 cucs i 7 ratolins que en una segona de 20 enciams,40 cucs i 70 ratolins. Això no té importància si entenem la diversitat únicament , com el grau d'incertesa o probabilitat que, en prendre una mostra a l'atzar de la comunitat , cada individu sigui d'una espècie diferent . Ara bé, si entenem que la diversitat indica també la probabilitat d'interacció entre les poblacions, la diversitat seria major en la segona comunitat. Podríem dir doncs, que l'índex de Shannon ens dóna una diversitat per tot l'ecosistema , mentre que l'índex de Brillouin calcula la diversitat de la mostra analitzada.

Les característiques generals dels microorganismes i organismes que he observat en la successió primària dels meus esculls són les següents:

- Els bacteris tenen un paper clau en la colonització del esculls, és per això que és important saber que són exactament. Els bacteris són organismes de dimensions microscòpiques, estan molt difosos per tot tipus de medis naturals fins i tot els més extrems com ambients sense oxigen o amb una elevadíssima salinitat. Són organismes procariotes, és a dir no tenen nucli, es multipliquen per divisió i ho fan a gran velocitat si és troben en unes condicions ambientals adients podríem dir doncs, que són "espècies de l'estratègia de la "r". Els bacteris consten d'una paret bacteriana situada per fóra de la membrana citoplasmàtica atenent a l'estructura d'aquesta paret bacteriana podem distingir dos grans grups de bacteris: els grampositius i els gramnegatius. Una altra classificació dels bacteris té en compte la forma del bacteri com a criteri diferenciador, en aquest cas podem distingir: cocs (arrodonits), bacils (allargats) vibrions (en forma de cua) i espirils (forma espiral).Tots els bacteris tenen una funció ecològica en la majoria de medis del planeta. Constitueixen l'etapa final en els cicles de la matèria orgànica , ja que

tenen el paper de descomponedors de la matèria final. A la vegada serveixen d'aliment a organismes més grans, fet que els situa en la base de la cadena tròfica.

- Les diatomees són organismes eucariotes (nucli amb membrana nuclear), concretant són algues unicel·lulars molt presents en ambients marins. Tota alga unicel·lular posseeix clorofil·la , per tant són capaces de fer la fotosíntesi. Les algues unicel·lulars juntament amb els protozous formen el microplàncton oceànic. La seva importància ecològica és enorme ja que són productors als quals proporcionen aliment a múltiples organismes més grans. Les diatomees poden ser de molt tipus les estudiades en la meva recerca la majoria són bentòniques , es a dir formen part del bentos (conjunt d'organismes que habiten sobre un substrat mar, com poden ser roques, el fons marí mateix ...).

- Les algues filamentoses són organismes eucariotes del grup dels protoctists que estan constituïts per llargs filaments de cèl·lules autotròfiques, és a dir fan la fotosíntesi, que constitueixen tal·lus macroscòpics. Existeixen diverses espècies d'algues, aquestes en concret, pertanyen al grup de les algues verdes.

- Els poliquets són una classe d'anèl·lids. Als anèlids se'ls coneix popularment sota el nom genèric de cucs. Viuen en el medi aquàtic o terrestre. Són de mida petita amb un cos allargat, cilíndric i tou. S'alimenten de matèria orgànica. Presenten un cos dividit en anells. Algunes espècies tenen quetes (filaments rígids) que utilitzen per desplaçar-se. Tenen la boca situada al principi, ulls simples i altres receptors sensitius al seu voltant.
Els poliquets en concret són els anèl·lids més primitius i el grup més nombrós, viuen en ambients marins, normalment amagats al fang o dins de tubs construïts per ells mateixos. És poden desplaçar pel substrat gràcies a unes diminutes potes que tenen anomenades parapodis i gràcies a les quetes. La majoria de poliquets respiren mitjançant brànquies.

Poliquet trobat a una mostra d'escull de 30 dies inferior llis

- Els serpúlids són una família d'anèl·lids poliquets de l'ordre de *sabel·limorfs* que habiten dins de tubs calcaris fixos (de vagades amb un opercle que tanca el tub), de cos allargat i el tòrax ben diferenciat del abdomen. Les espècies més importants són *Serpula vermicularis* (sèrpula o cuc de closca), *Pomatoceros triqueter* (cuqueta de closca),

Hydroides sp i Spirorbis sp (espirorbis). Totes elles són comunes a les costes dels Països Catalans. En el escull però només he identificat *Pomatoceros triqueter* i *Spirobis.*

Els espirorbis són poliquets sedentaris de l'ordre dels *sabel·limorfs*, de petita talla i cos asimètric, habiten als fons marins litorals dins un tub calcari enrotllat en espiral. I la cuqueta de closca és un anèl·lid poliquet sedentari que viu envoltat d'un tub calcari.

Cuqueta de closca (esquerra) i espirorbis (dreta)

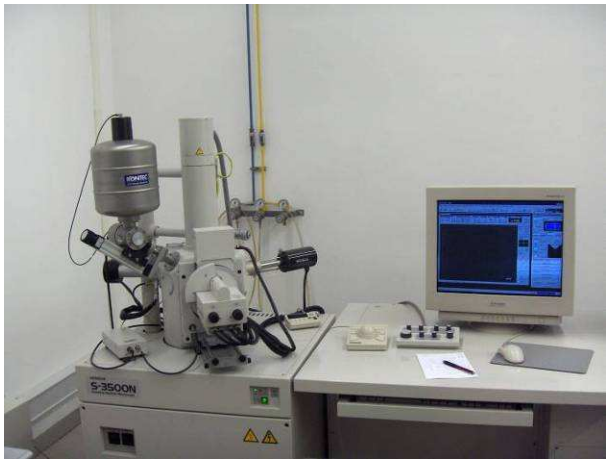
- Els briozous són uns grup d'invertebrats pertanyents al grup dels metazous de la branca dels *lofoforats* . Són animals de petites dimensions, colonials, semblants externament a les molses. Al escull hi ha una gran presència d'aquest organismes.

Briozous

- Un organisme també present en la successió primària d'un escull són els balanus, un gènere de crustacis de la família de *Balaniade* són coneguts vulgarment amb el nom de **"**gla de mar". El seu cos està totalment envoltat per una closca de color blanc - grisenc que el protegeix. Sempre colonitza roques, pedres i altres closques , però sempre en zones costaneres de poca profunditat. S'alimenten de plàncton.

Balanus que colonitzen l'escull

Per tal de poder observar amb més precisió i a més augmenta els microorganismes de les successions inicials tindré l'oportunitat de utilitzar un microscopi electrònic.



Microscopi electrònic de rastreig permet observar la ultraestructura dels microorganismes, aquests sempre s'observen morts ja que la tècnica requereix tractar el material amb sals de plata letals per les cèl·lules, no permet tenyit amb colors i requereix d'un tècnic especialista per fer-lo funcionar.

Microscopi electrònic del ICM

4. METODOLOGIA

4.1. Estructura i materials de l'escull

Per a dur a terme els objectius i per comprovar les hipòtesis necessitem un escull artificial. He construït doncs, uns "mini-esculls" amb materials ben corrents, com plàstic i cordes plastificades, però molt eficaços.

Aquests tenen una estructura ben pensada per tal de treure els màxims resultats. La mida dels esculls no és gaire gran , ja que tan sol fan 1,5 metres d'alçada i 9 centímetres de llarg i 3cm d'amplada cadascun.

L'estructura general dels esculls recorda a una escala vertical, composta de quatre "esglaons" que en realitat són petites plaques horitzontals unides entre elles per una corda de plàstic. Aquestes petites plaques faran la funció de substrat per tots els microorganismes que s'hi assentin. D'aquestes plaques n'hi ha de dos tipus unes de plàstic negra i unes altres de plàstic transparent, aquestes tenen la mida adequada per ser utilitzades en el microscopi òptic i electrònic, ja que és a on s'hi assentaran les diferents espècies.

A diferència d'altres treballs de recerca , referents també a successions, he introduït innovacions per tal d'augmentar els resultats i així arribar a conclusions més complexes.

La primera petita diferencia respecta altres treballs és que les plaques estan col·locades horitzontalment una sobre l'altre, de la següent manera: placa de plàstic transparent, placa de plàstic negra (es a dir un substrat fosc) i finalment una altre placa de plàstic transparent. Es a dir he col·locat una placa transparent a banda i banda d'una placa fosca. Les tres plaques formarien un "esglaó" de l'escull.

D'aquesta manera tenim una placa superior i un altre inferior amb característiques diferents, ja que la placa inferior (situada per sota de la placa fosca) no rebrà llum solar , fet que impedirà el creixement d'algues ja que aquestes necessiten de la llum solar per fer la fotosíntesis**.** Mentre que la superior rebrà completament la il·luminació del sol , per tant hi hauran vida vegetal (algues).

Un altre tret característic d'aquest escull és que també disposa de dos superfícies diferents una de llisa i una de rugosa (passant paper de vidre pel placa de plàstic transparent). Variant el tipus de superfície suposo que també variaran els tipus de microorganismes que s'hi assentin i que en una placa rugosa hi haurà més nombre d'organismes , ja que amb la rugositat s'augmenta la superfície que pot ser colonitzada.

Treballo amb dos rèpliques de cada variant de tal manera que tenim, quatre esglaons , quatre plaques fosques i vuit plaques transparents amb les següents característiques:

Dues plaques amb superfície llisa , superior (amb llum solar)

Dues plaques amb superfície llisa , inferior (sense llum solar)

Dues plaques amb superfície rugosa , superior (amb llum solar)

Dues plaques amb superfície rugosa, inferior (sense llum solar)

Gracies a les millores que presenta l'escull podré comprovar si condicions ambientals com la il·luminació i la rugositat d'un substrat afecten de tal manera que els organismes que es fixin en una placa (llisa i amb llum) siguin diferents que els organismes que es fixin en un altre placa (rugosa i sense llum).

Escull artificial abans de submergir-lo

Un escull no colonitzat i un ja colonitzat(dreta)

4.2. Immersió de l'escull i seguiment de la seva evolució

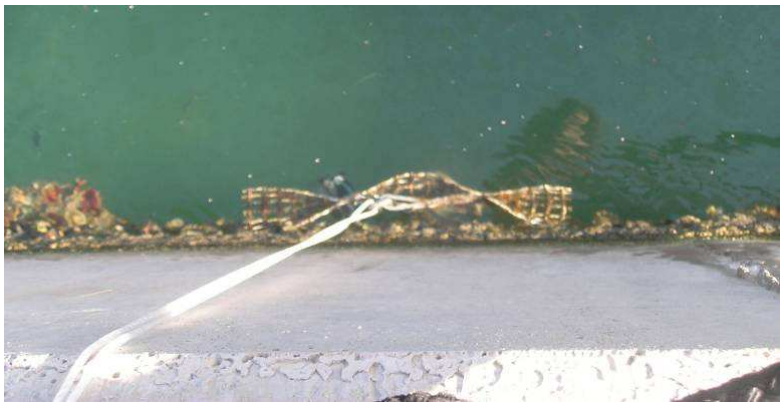
Un cop elaborat un escull artificial, havia de submergir-lo el mar , per tal d'observar els primers estadis de la successió i la seva l'evolució general.

L'escull el vam submergir en el Port de Badalona. Allà vaig pogué utilitzar un amarre una mica apartat del públic, on hi vaig subjectar els esculls. Els esculls no estaven a gran profunditat sinó que la primera mostra estava a 54 cm per sota el nivell de mar i la última a 84 cm per sota el mar.

Port de Badalona on està submergit l'escull

Per tal de fer el seguiment de l'evolució de la successió primària en els esculls periòdicament , uns dies determinats, vaig anar al port a recollir i substituir uns esculls per altres , de tal manera que vaig recollir tot de plaques en diferents estadis de colonització, segons el temps en que han estat submergides. Les mostres que vaig recollir són les següents: Durant l'estiu juliol, agost i setembre vaig recollir: dos plaques superior llis, dos plaques inferior llis, dos plaques superior rugós, dos plaques inferior rugós de 5,7,10,15,30,45,i 65 dies. Les temperatures de l'aigua quan vaig recollir les mostres oscil·laven entre 24ºC i 22ºC. Durant la tardor i l'hivern vaig recollir noves mostres de 7,15 i 30 dies, la temperatura de l'aigua oscil·lava entre 22ºC i 18,5ºC, per tal d'observar com influeix la temperatura en la colonització dels esculls. Si l'aigua té més temperatura hi haurà més activitat , per tant més organismes durant els mesos d'estiu colonitzaran l'escull tot el contrari que quan l'aigua presenti temperatures més baixes.

Les mostres recollides les vaig posar en pots amb alcohol de 70º, perquè aguantessin fins al dia de er analitzades.

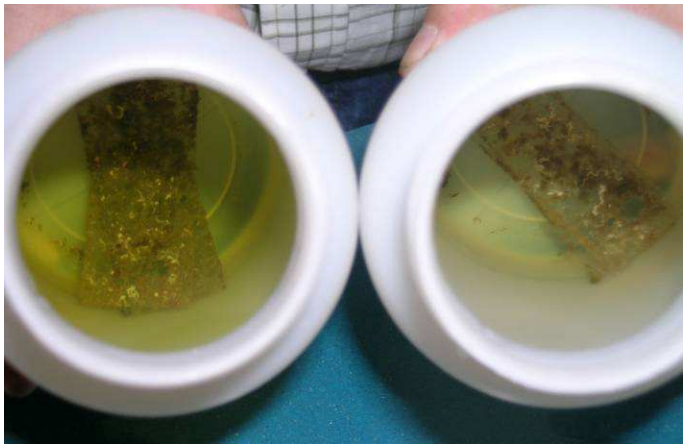


Escull submergit vist des de dalt

A mesura que vaig anar recullin mostres, ja vaig poder observar a ull nu que sobtadament, ben aviat , tant sols amb 7 dies, s'hi havia fixat al escull una gran quantitat d'organismes. També vaig observar que amb 15, 30 dies l'escull estava ja tot recobert de organismes i que a mesura que l'escull estava submergit més dies la quantitat d'organismes augmentava ràpidament. Tot i així a l'escull de 45 i 65 dies a simple vista no vaig observar-hi gaires diferències, suposo per què estaven ja massa colonitzats.

Escull colonitzat 30 dies

Sense haver fet una observació rigorosa dels organismes colonitzadors del escull, vaig observar grans diferències en quan a plaques superiors i inferiors, sobretot pel que fa al color, ja que les plaques superiors presentaven una tonalitat verdosa, marronosa mentre que les plaques inferiors no. També els organismes semblaven aparentment diferents.



Diferències entre plaques superiors(esquerra) i inferiors (dreta) de 30 dies

Pel que fa a la rugositat del substrat, al recollir les mostres no vaig veure gaires diferències, com tampoc amb mostres d'hivern i estiu.

Jo recollint mostres del escull

4.3.Observació i identificació d'organismes

Per tal d'observar quins organismes es fixen en l'escull i sobretot per poder calcular la diversitat vaig observar les plaques en el microscopi òptic, però sobretot amb lupa , ja que els organismes eren d'un cert tamany el qual era idoni utilitzar lupa enlloc de microscopi òptic. Amb la lupa vaig identificar alguns organismes, sobretot aquells més abundants i vaig fer càlculs de diversitat. Per fer aquets càlculs vaig contar aproximadament el nombre d'organismes que hi havia per cada placa i gràcies a un programa del Excel vaig

calcular la diversitat de cada mostra. En els càlculs de diversitat nomes he tingut en compta aquests organismes més característics i representatius, deixant de banda les diatomees (dimensions massa microscòpiques per ser calculades), les algues filamentoses molt difícil també de calcular-ne el nombre, i algun organisme que no he identificat trobat esporàdicament i que he considerat que no tenia una importància clau.

Per altre banda, vaig tenir l'oportunitat de poder observar algunes mostres en un microscopi electrònic de rastreig del Institut de Ciències del Mar de Barcelona per tal d'identificar millor alguns organismes i observar-ne alguns que no es poden veure ni amb lupa ni amb el microscopi òptic de l'escola, propis dels primers estadis de colonització de l'escull.

Concretament vaig observar quatre mostres: Dos plaques de 7 dies llises una de superior i una d'inferior , també dos de 15 dies llises una superior i una altre inferior . Vam trobar resultats interessants, que ja esmentaré més endavant, a més d'analitzar les meves mostres a un nivell molt rigorós i complexa.

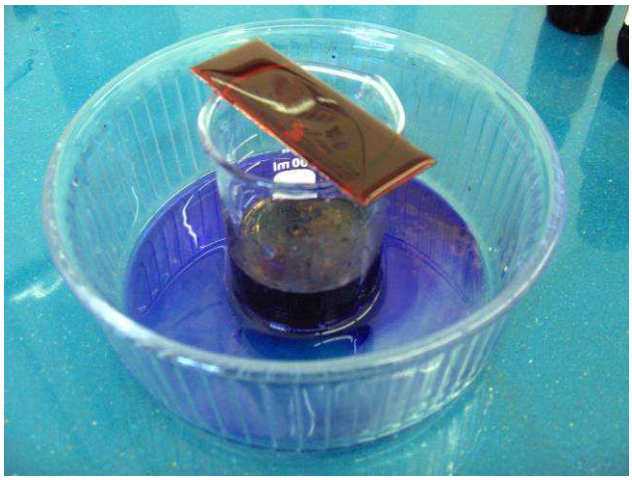
4.4. Observació de bacteris: Tinció de gram

Per tal de demostrar la primera hipòtesis , és a dir, per demostrar que els primers colonitzadors són el bacteris vaig fer una proba en el laboratori tot utilitzant la tècnica anomenada tinció de gram. Aquesta tècnica permet detectar i observar bacteris fixats al portaobjectes.

Primer vaig posar un portaobjectes dins d'un pot amb mostra d'aigua del Port de Badalona, on hi ha l'escull, i vaig deixar que els bacteris es fixessin durant uns 3 dies. Tot seguit vaig seguir els passos següents:

- Vaig secar el portaobjectes a temperatura ambient.
- Tot seguit vaig fixar la mostra al calor (flamejant unes 3 vegades aprox.).
- Vaig agregar-li cristall violeta o violeta de genciana i vaig espera 1 minut. Aquest tint tenyirà de color morat els bacteris Gram positius.
- Després vaig esbandir el portaobjectes amb aigua.
- Vaig agregar-li lugol (color grogós, marronós) i esperar 30 segons.
- Vaig tornar a esbandir la mostra amb aigua.
- Després vaig afagir-li alcohol 96º i vaig esperar uns 15 segons.
- Vaig tornar a esbandir el portaobjectes amb aigua.

- Tot seguit afegir-li safranina (color grana) i vaig esperar 1 minut. Aquest tint tenyirà de color rosat els bacteris Gram negatiu.
- Finalment vaig esbandir, per última vegada, la mostra amb aigua.



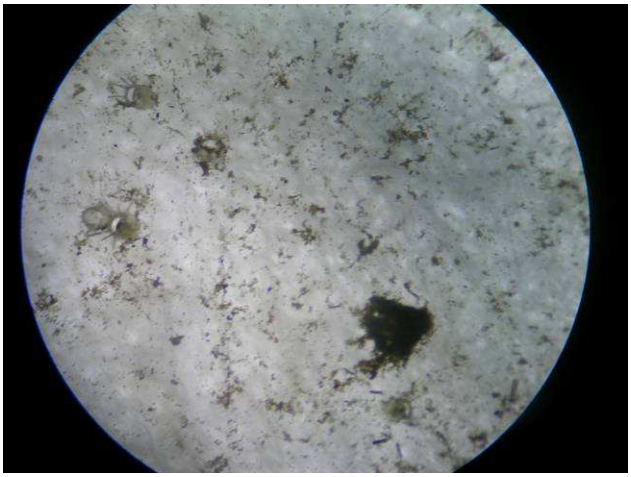
Un dels passos de la tinció de grams concretament al afegir-hi lugol

5. RESULTATS

5.1. Resultat de mostres amb la lupa i taules de diversitat

5.1.1. Mostres de 5 dies

5 dies Superior Llis



En només 5 dies d'immersió l'escull presenta ja, briozous però aquests no formen colònies, es distingeixen individus de dos gèneres diferents *Microporella* i *Metroperiella*, alguns serpúlids i un balanus. Hi ha certa presència d'algues filamentoses, però no cobreixen la superfície superior.

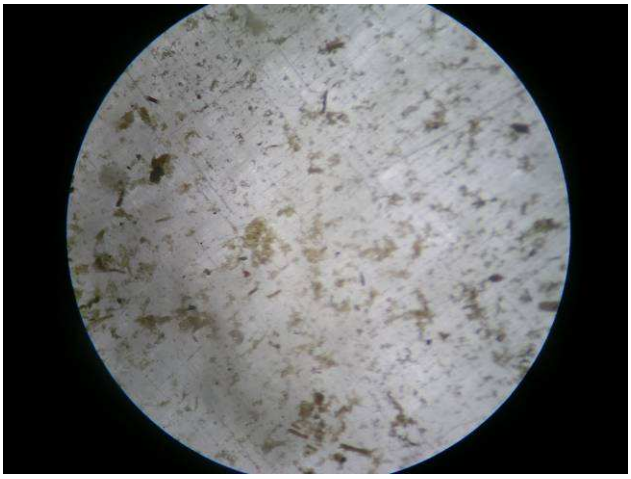
Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	17
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,3216
Identificació de la mostra:		5 dies Superior Llis		Índex Brillouin	1,0295
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin			
Briozou	12	28,83545523			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	2	1			
Serpúlid *Spirorbis*	2	1			
Balanus	1				

5 dies Inferior Llis

Les mostres de 5 dies inferior presenten igual que les superiors, briozous, serpúlids i balanus. Però en aquest cas no hi ha presència d'algues.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	52
Tipus de mostra:		Successió primària en un escull		Índex Shannon	1,1806
Identificació de la mostra:		5 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,0542
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin			
Briozou	38	148,5517095			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	1				
Serpúlid *Spirorbis*	8	15,29920802			
Balanus	5	6,906890596			

5 dies Superior Rugós

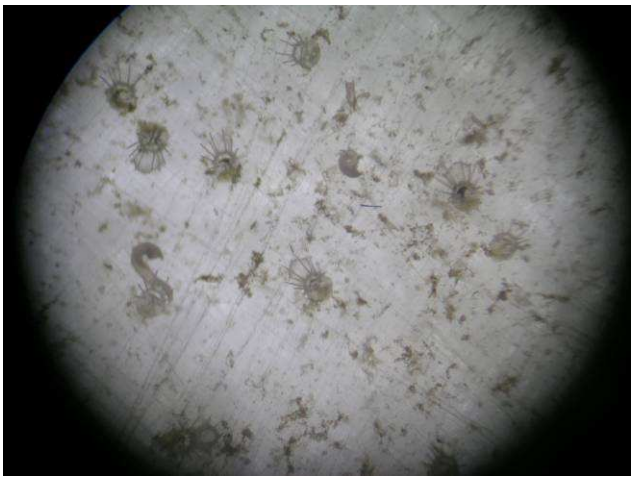


Les mostres de 5 dies superior rugós presenten diferències respecte les mostres superiors llises, pel que fa a la quantitat d'organismes. Les espècies trobades són les mateixes però el nombre d'individus de cada espècie és més gran.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	39
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,5123
Identificació de la mostra:		5 dies Superior Rugós		Índex Brillouin	1,3717

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	10	21,79106111	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	10	21,79106111	
Serpúlid *Spirorbis*	19	56,75545583	
Balanus	0		

5 dies Inferior Rugós



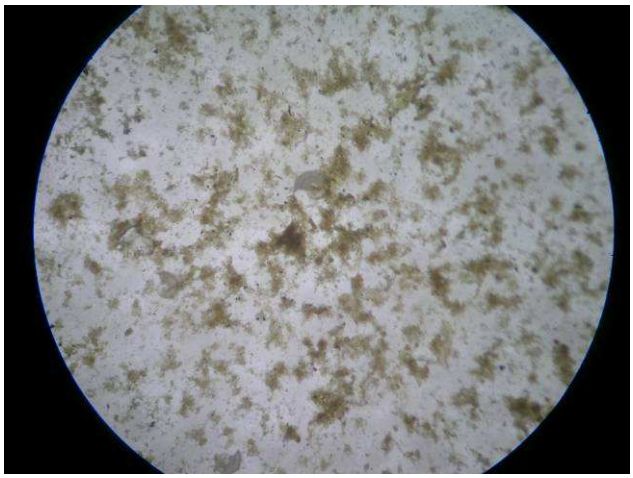
La gran diferència entre les plaques inferiors llises de 15 dies i les plaques inferiors rugoses és l'augment en les poblacions de serpúlids tan en *Pomatoceros triqueter* com en *Spirorbis.*

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	94
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,6659
Identificació de la mostra:		5 dies Inferior Rugós		Índex Brillouin	1,5742

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	32	117,6632637	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	38	148,5517095	
Serpúlid *Spirorbis*	22	69,92913296	
Balanus	2	1	

5.1.2. Mostres de 7 dies

7 dies Superior Llis



Desprès de 7 dies d'immerssió les mostres superiors llises estan més recobertes d'algues filamentoses tot i que no recobreixen tota la superfície. Pel que fa les altres espècies , respecte les mostres de 5 dies superiors llises, el nombre d'individus va augmentant.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	86
Tipus de mostra:		Succcessió primària en escull		Índex Shannon	1,6122
Identificació de la mostra:		7 dies Superior llis		Índex Brillouin	1,5144
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				**Esborrar totes les dades**	
Tipus d'organisme	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**			
Briozou	21	65,46970134			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	20	61,07738392			
Serpúlid *Spirorbis*	43	175,335174			
Balanus	2	1			

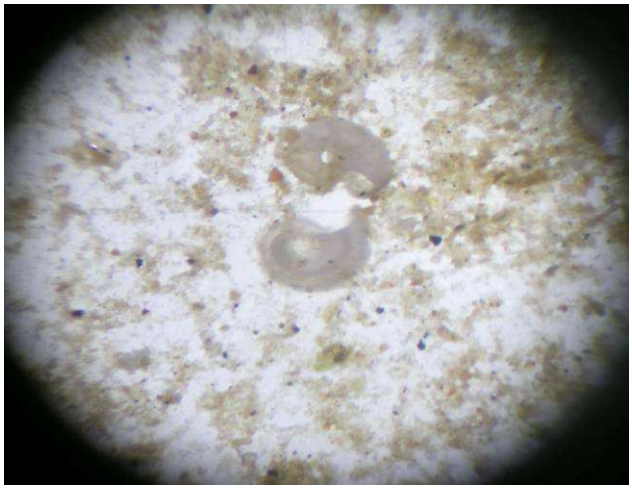
7 dies Inferior Llis

El nombre d'individus de cada espècie ha augmentat molt respecte les plaques de 5 dies inferior llis.

En aquesta imatge s'observen briozous del gènere *Microporella* (a l'esquerra de la imatge i *Metroperiella* (a la dreta). A la part superior es distingeixen dos serpúlids.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	737
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,5397
Identificació de la mostra:		7 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,5231
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				**Esborrar totes les dades**	
Tipus d'organisme	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**			
Briozou	129	723,1729493			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	344	2407,887211			
Serpúlid *Spirorbis*	258	1700,013139			
Balanus	6	9,491853096			

7 dies Superior Rugós



El nombre d'individus també ha augmentat respecte als 5 dies d'immersió

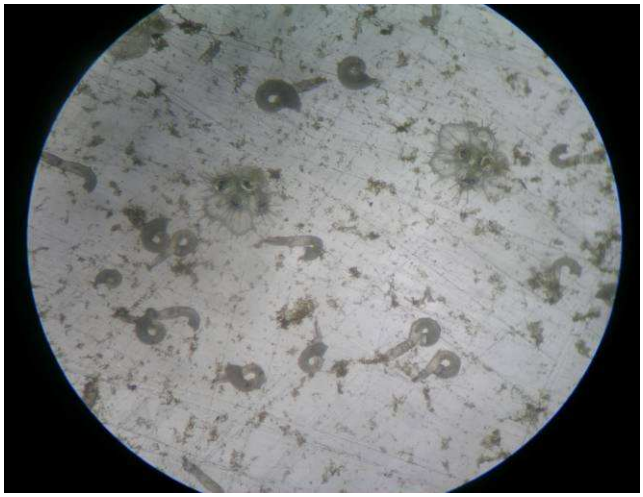
Al centre de la imatge es diferencien dos serpúlids *Spirorbis.*

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	433
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,4111
Identificació de la mostra:		7 dies Superior Rugós		Índex Brillouin	1,3864

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes | **Esborrar totes les dades**

Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin
Briozou	43	175,335174
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	215	1360,882433
Serpúlid *Spirorbis*	172	1034,21357
Balanus	3	2,584962501

7 dies Inferior Rugós



Com totes les plaques de 7 dies, en les inferiors rugoses també ha augmentat considerablement el nombre d'individus de cada espècie, respecte a 5 dies d'immersió.

Durant els 7 dies d'immersió no he trobat noves espècies.

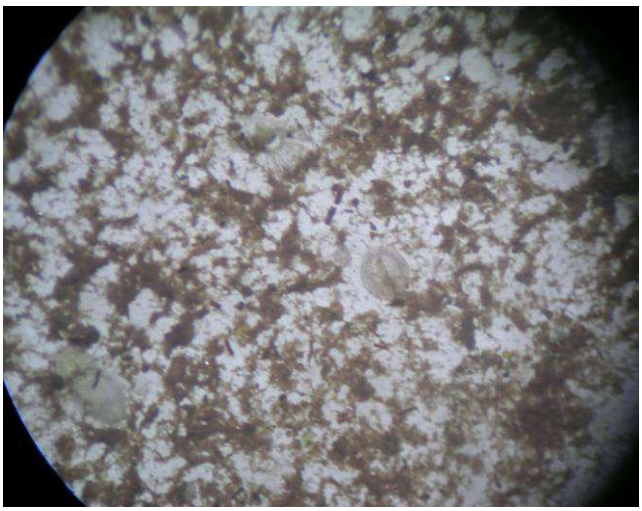
Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	781
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,4133
Identificació de la mostra:		7 dies Inferior Rugós		Índex Brillouin	1,3977

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes | **Esborrar totes les dades**

Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin
Briozou	86	433,1272738
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	430	3147,064182
Serpúlid *Spirorbis*	258	1700,013139
Balanus	7	12,29920802

5.1.3. Mostres de 10 dies

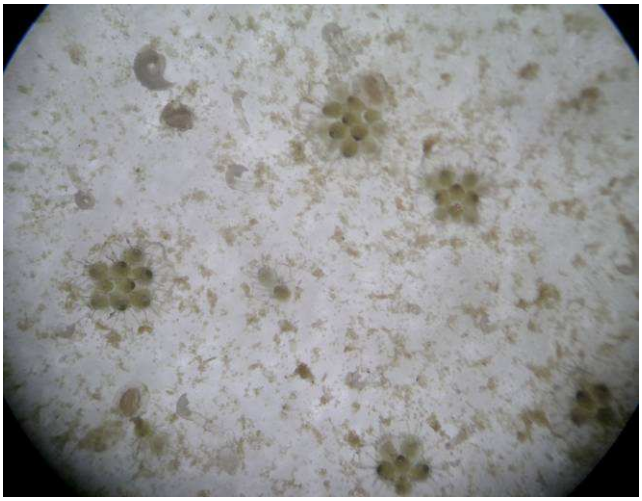
10 dies Superior Llis



Amb 10 dies d'immersió la quantitat d'organismes va augmentant. En les plaques superiors la presència d'algues filamentoses és cada vegada major.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	302
Tipus de mostra:		Succcessió primària en escull		Índex Shannon	1,5835
Identificació de la mostra:		10 dies Superior llis		Índex Brillouin	1,5507
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)	Control Brillouin		
Briozou	86	433,1272738			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	86	433,1272738			
Serpúlid *Spirorbis*	129	723,1729493			
Balanus	1				

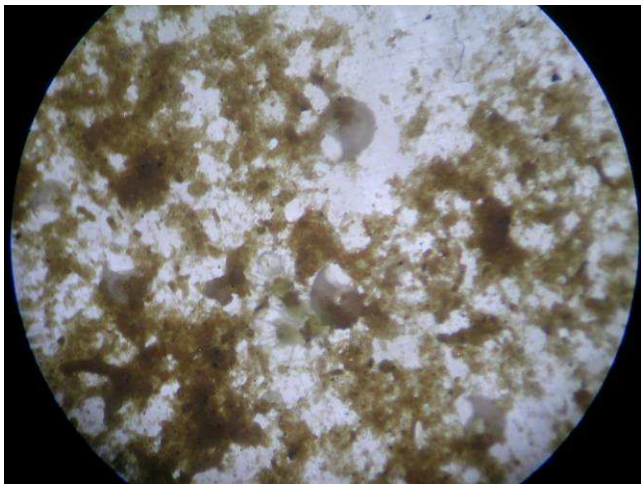
10 dies Inferior Llis



En les mostres de 10 dies inferior llis s'observen petites colònies de briozous que ja no puc distingir-ne el gènere. Aquestes mostres inferiors no han estat colonitzades per algues filamentoses.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	1034
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,5173
Identificació de la mostra:		10 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,5056
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)	Control Brillouin		
Briozou	258	1700,013139			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	516	3911,194217			
Serpúlid *Spirorbis*	258	1700,013139			
Balanus	2	1			

10 dies Superior Rugós

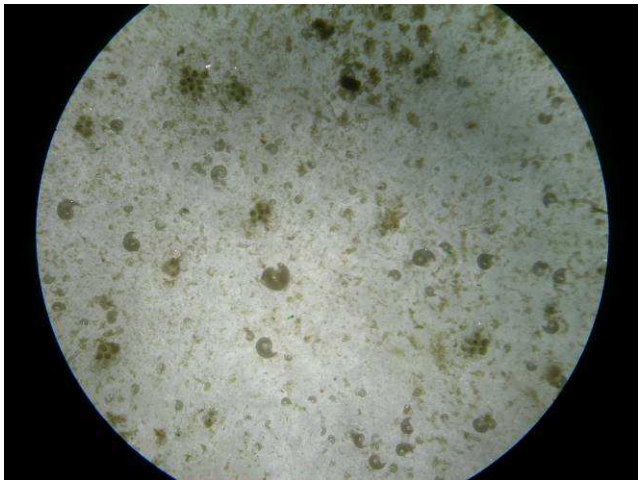


En les plaques de 10 dies superior rugós s'observen briozous, serpúlids i també balanus. Però cal remarcar que el nombre d'individus balanus s'ha reduït.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat	Total colònies	603
Tipus de mostra:		Successió primària en escull	Índex Shannon	1,3942
Identificació de la mostra:		10 dies Superior Rugós	Índex Brillouin	1,3765

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	86	433,1272738	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	172	1034,21357	
Serpúlid *Spirorbis*	344	2407,887211	
Balanus	1		

10 dies Inferior Rugós



En les mostes de 10 dies inferior rugós no s'observen algues filamentoses, però sí balanus, petites colònies de briozous i serpúlids.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat	Total colònies	1464
Tipus de mostra:		Successió primària en escull	Índex Shannon	1,3923
Identificació de la mostra:		10 dies Inferior Rugós	Índex Brillouin	1,3839

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	172	1034,21357	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	774	6316,928908	
Serpúlid *Spirorbis*	516	3911,194217	
Balanus	2	1	

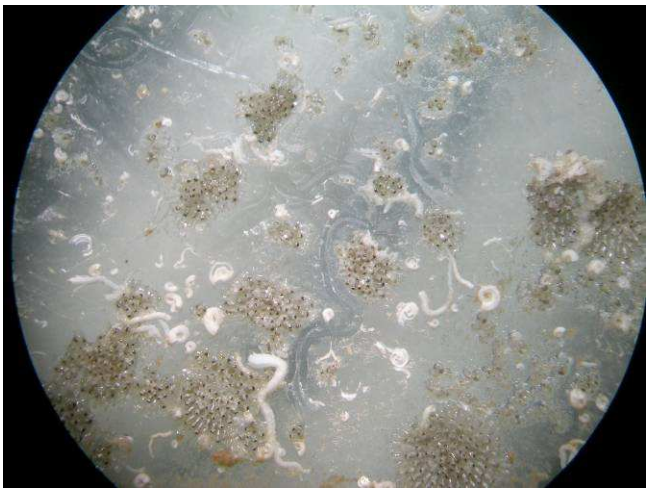
5.1.4. Mostres de 15 dies

15 dies Superior Llis

En les plaques de 15 dies superior llis s'observen algues filamentoses. Pel que fa els briozous , els serpúlids *Pomatoceros triqueter i* els balanus no han augmentat el nombre d'individus respecte a les plaques de 10 dies superior llis, tot el contrari que els serpúlids *Spirorbis* que sí ha augmentat la seva població.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	431
Tipus de mostra:		Succcessió primària en escull		Índex Shannon	1,3914
Identificació de la mostra:		15 dies Superior llis		Índex Brillouin	1,3678
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin			
Briozou	86	433,1272738			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	86	433,1272738			
Serpúlid *Spirorbis*	258	1700,013139			
Balanus	1				

15 dies Inferior Llis

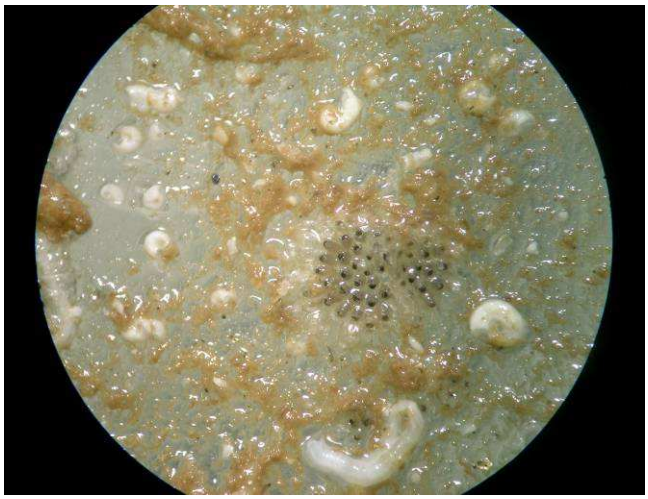


En aquestes dos fotos superiors i inferiors es veu molt reflectida la gran diferència entre mostres superiors i inferiors, que és la presència d'algues filamentoses a part superior dels esculls.

A 15 dies inferior llis la quantitat d'organismes continua augmentant.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	476
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,5849
Identificació de la mostra:		15 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,5612
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin			
Briozou	129	723,1729493			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	129	723,1729493			
Serpúlid *Spirorbis*	215	1360,882433			
Balanus	3	2,584962501			

15 dies Superior Rugós



En les mostres de 15 dies superior llis hi ha més nombre d'individus de cada espècie que en 15 dies inferior llis. La presència d'algues filamentoses és aproximadament la mateixa. Els esculls continuen sent colonitzats pels mateixos organismes però en aquestes plaques no hi ha presència de balanus.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	989
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,474
Identificació de la mostra:		15 dies Superior Rugós		Índex Brillouin	1,4638
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				**Esborrar totes les dades**	
Tipus d'organismse	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**			
Briozou	215	1360,882433			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	258	1700,013139			
Serpúlid *Spirorbis*	516	3911,194217			
Balanus	0				

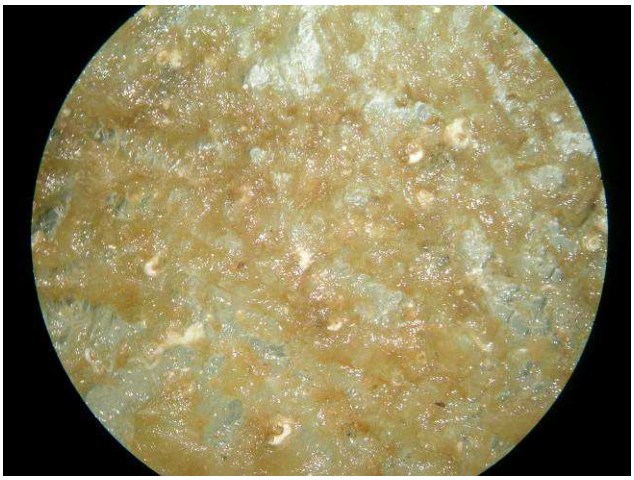
15 dies Inferior Rugós

A 15 dies inferior rugós les colònies de briozous són ja més grans. Hi ha els mateixos organismes que a les d'inferior rugós de 10 dies , però a més hi ha un poliquet, que no és un serpúlid.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	2067
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,5432
Identificació de la mostra:		15 dies Inferior Rugós		Índex Brillouin	1,5362
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				**Esborrar totes les dades**	
Tipus d'organisme	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**			
Briozou	430	3147,064182			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	860	7148,9281			
Serpúlid *Spirorbis*	774	6316,928908			
Balanus	2,5	1			
poliquet	1				

5.1.5. Mostres de 30 dies

30 dies Superior Llis



Desprès de 30 dies des de la immersió dels esculls les plaques estan ja recobertes d'algues filamentoses que dificulten la identificació dels organismes que cobreixen.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	777
Tipus de mostra:		Succcessió primària en escull		Índex Shannon	1,561
Identificació de la mostra:		30 dies Superior llis		Índex Brillouin	1,5457
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin			
Briozou	172	1034,21357			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	344	2407,887211			
Serpúlid *Spirorbis*	258	1700,013139			
Balanus	3	2,584962501			

30 dies Inferior Llis

Les plaques inferiors de 30 dies no són tampoc colonitzades per algues filamentoses.

Al centre de la foto s'observa un balanus. En aquestes mostres hi ha 3 poliquets però no són serpúlids.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	657
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,5763
Identificació de la mostra:		30 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,5543
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin			
Briozou	129	723,1729493			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	172	1034,21357			
Serpúlid *Spirorbis*	344	2407,887211			
Balanus	9	18,46913302			
poliquet	3	2,584962501			

30 dies Superior Rugós

Les mostres de 15 dies inferior rugós estan quasi totalment recobertes d'algues filamentoses. A aquests estadis de la colonització les colònies de briozous són bastant grans.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat	Total colònies	607
Tipus de mostra:	Successió primària en escull		Índex Shannon	1,6206
Identificació de la mostra:	30 dies Superior Rugós		Índex Brillouin	1,5984

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	258	1700,013139	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	172	1034,21357	
Serpúlid *Spirorbis*	172	1034,21357	
Balanus	2	1	
poliquet	3	2,584962501	

30 dies Inferior Rugós

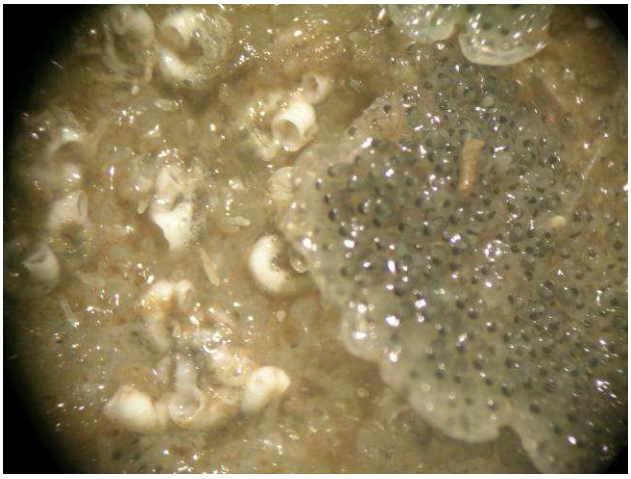
Al cap de 30 dies, la diferència entre superfície superior i inferior en quan a la colonització d'algues filamentoses és molt evident. Pel que fa al nombre d'individus de les diferents espècies, aquest augmenta a mesura que augmenten els dies que ha estat submergit.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat	Total colònies	1254
Tipus de mostra:	Successió primària en escull		Índex Shannon	1,4006
Identificació de la mostra:	30 dies Inferior Rugós		Índex Brillouin	1,3903

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	172	1034,21357	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	731	5906,007574	
Serpúlid *Spirorbis*	344	2407,887211	
Balanus	7	12,29920802	

5.1.6. Mostres de 45 dies

45 dies Superior Llis



Desprès de 45 dies de colonització de l'escull hi ha una gran quantitat d'organismes. Les mostres de 45 dies superior llis estan totalment recobertes d'algues filamentoses que cobreixen la majoria d'organismes. Tot i així s'observen amb claredat les grans colònies de briozous, alguns serpúlids i altres poliquets.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	739
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,8113
Identificació de la mostra:		45 dies Superior Llis		Índex Brillouin	1,7907
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				**Esborrar totes les dades**	
Tipus de colònia	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**			
Briozou	172	1034,21357			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	215	1360,882433			
Serpúlid *Spirorbis*	301	2049,511273			
Balanus	50	214,2081381			
poliquet	1				

45 dies Inferior Llis

A les mostres de 45 dies inferior llis no hi ha presència d'algues filamentoses. Igual que en les altres mostres de 45 dies el nombre d'individus de cada espècie ja no augmenta tant.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	617
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,6838
Identificació de la mostra:		45 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,6631
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				**Esborrar totes les dades**	
Tipus de colònia	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**			
Briozou	172	1034,21357			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	258	1700,013139			
Serpúlid *Spirorbis*	172	1034,21357			
Balanus	15	40,25014047			

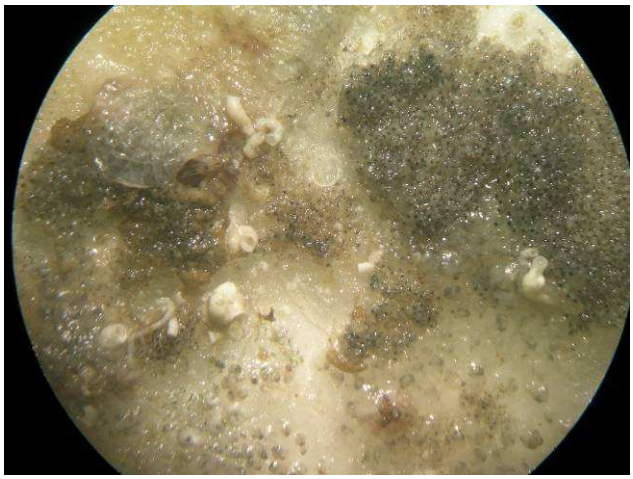
45 dies Superior Rugós

La quantitat d'individus de les diferents espècies no augmenta gaire ni respecte a les mostres de 30 dies superior rugós ni respecte a les de 45 superior llis. Les mostres de 45 dies superior rugós continuen recobertes per algues filamentoses

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	751
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,6213
Identificació de la mostra:		45 dies Superior Rugós		Índex Brillouin	1,6039

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus de colònia	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	129	723,1729493	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	258	1700,013139	
Serpúlid *Spirorbis*	344	2407,887211	
Balanus	20	61,07738392	

45 dies Inferior Rugós



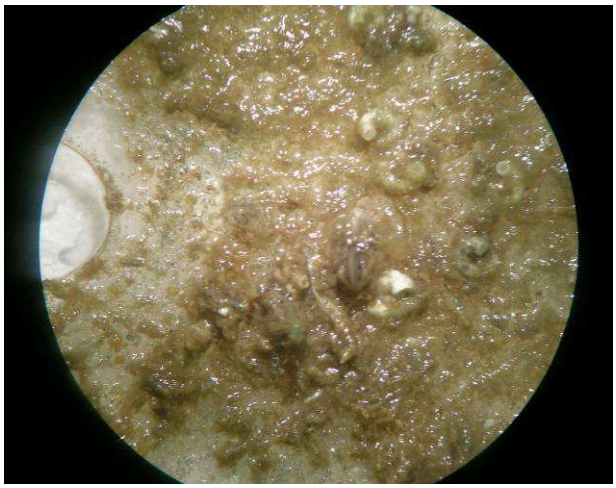
En les mostres de 45 dies inferior rugós comencen haver algunes algues filamentoses puntuals. Tal com es pot veure a la foto les colònies de briozous són ja molt grans.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	832
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,632
Identificació de la mostra:		45 dies Inferior Rugós		Índex Brillouin	1,6162

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes			Esborrar totes les dades
Tipus de colònia	Nombre (N)	Log2(N!)Control Brillouin	
Briozou	172	1034,21357	
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	301	2049,511273	
Serpúlid *Spirorbis*	344	2407,887211	
Balanus	15	40,25014047	

5.1.7. Mostres de 65 dies

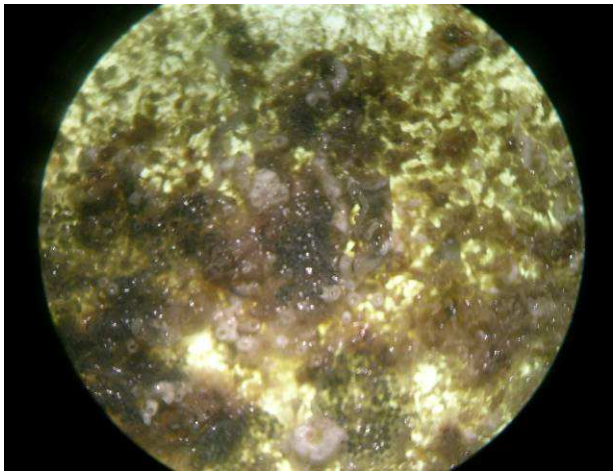
65 dies Superior Llis



A les plaques de 65 dies, superior llis sí que ha augmentat el nombre d'organismes respecte a les mostres de 45 die superior llis. En aquestes mostres les algues filamentoses recobreixen la majoria d'organismes que continuen sent, majoritàriament, els mateixos que en els altres estadis: briozous, serpúlids (els dos gèneres) i balanus.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	3440
Tipus de mostra:		Succcessió primària en escull		Índex Shannon	1,7564
Identificació de la mostra:		65 dies Superior llis		Índex Brillouin	1,7514
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)	Control Brillouin		
Briozou	344	2407,887211			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	774	6316,928908			
Serpúlid *Spirorbis*	602	4696,079388			
Balanus	1720	16012,15615			

65 dies Inferior Llis



A 65 dies, en general, l'escull està ja ben colonitzat. Concretament en mostres de 65 inferior llis, la població de serpúlids *Spirorbis* ha augmentat notablement respecte a les mostres de 45 dies tan llises com rugoses.

Entrada de les dades Inicials		Càlcul dels índex de diversitat		Total colònies	2156
Tipus de mostra:		Successió primària en escull		Índex Shannon	1,4278
Identificació de la mostra:		65 dies Inferior Llis		Índex Brillouin	1,4215
Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes				Esborrar totes les dades	
Tipus d'organisme	Nombre (N)	Log2(N!)	Control Brillouin		
Briozou	258	1700,013139			
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	1032	8849,056724			
Serpúlid *Spirorbis*	860	7148,9281			
Balanus	6	9,491853096			

65 dies Superior Rugós

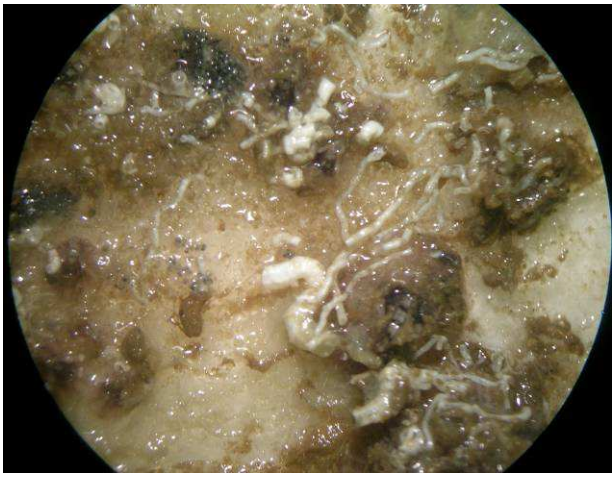
Les mostres de 65 dies superior rugós són molt semblant a les de 65 dies superior llis, el nombre d'individus de les diferents espècies no augmenta gairebé gens.

En una de les mostres de 65 dies superior rugós vaig trobar un musclo (foto)

Entrada de les dades Inicials	Càlcul dels índex de diversitat		
		Total colònies	2538
Tipus de mostra:	Successió primària en escull	Índex Shannon	1,8566
Identificació de la mostra:	65 dies Superior Rugós	Índex Brillouin	1,8495

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes		Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**
Briozou	215	1360,882433
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	860	7148,9281
Serpúlid *Spirorbis*	602	4696,079388
Balanus	860	7148,9281
musclo	1	

65 dies Inferior Rugós



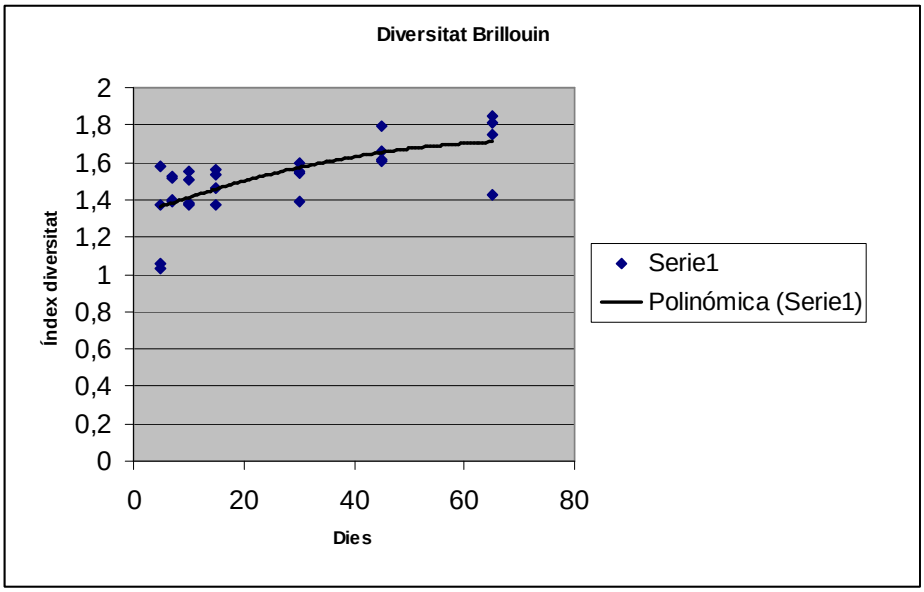
Les mostres de 65 dies inferior rugós són també semblants a les de 65 dies inferior llis, però en les rugoses hi ha més quantitat de balanus. També hi ha algunes algues filamentoses puntuals.

Entrada de les dades Inicials	Càlcul dels índex de diversitat		
		Total colònies	3096
Tipus de mostra:	Successió primària en escull	Índex Shannon	1,8205
Identificació de la mostra:	30 dies Inferior Rugós	Índex Brillouin	1,815

Entrada del nombre i de les característiques de les colònies bacterianes		Esborrar totes les dades
Tipus d'organisme	**Nombre (N)**	**Log2(N!)Control Brillouin**
Briozou	258	1700,013139
Serpúlid *Pomatoceros triqueter*	860	7148,9281
Serpúlid *Spirorbis*	688	5498,735018
Balanus	1290	11475,18622

Tipus de mostra	Dies	Índex de diversitats Brillouin
Inf llis	5	1,054
Inf rugós	5	1,5742
Sup llis	5	1,029
Sup rugós	5	1,371
Inf llis	7	1,5231
Inf rugós	7	1,3977
Sup llis	7	1,5144
Sup rugós	7	1,3864
Inf llis	10	1,505
Inf rugós	10	1,3839
Sup llis	10	1,5507
Sup rugós	10	1,3765
Inf llis	15	1,5612
Inf rugós	15	1,5362
Sup llis	15	1,3678
Sup rugós	15	1,4638
Inf llis	30	1,5543
Inf rugós	30	1,3903
Sup llis	30	1,5457
Sup rugós	30	1,5984
Inf llis	45	1,6631
Inf rugós	45	1,61
Sup llis	45	1,79
Sup rugós	45	1,6039
Inf llis	65	1,4278
Inf rugós	65	1,815
Sup llis	65	1,7514
Sup rugós	65	1,8495

A partir de les taules de diversitats de cada mostra he fet una taula amb els tipus de mostres , dies d'immersió i índex de Brillouin. A partir d'aquesta he fet un gràfic on hi surt representat una línea de tendència de les diversitats de les mostres analitzades. Gràcies aquest gràfic es veu clarament com la diversitat de les mostres augmenta amb els dies d'immersió del escull.



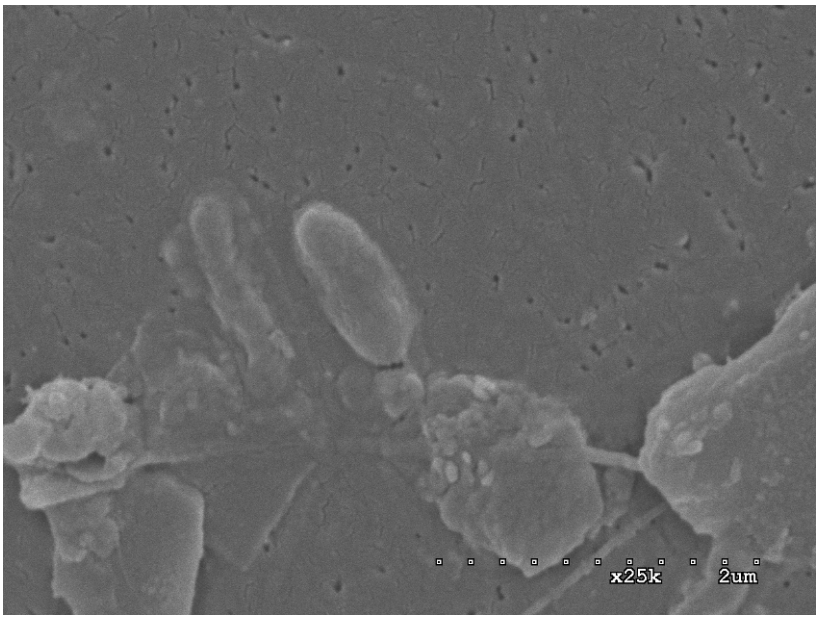
Gràfic de tendència de la diversitat respecte als dies que ha estat submergit l'escull.

5.2. Resultats microscòpia electrònica

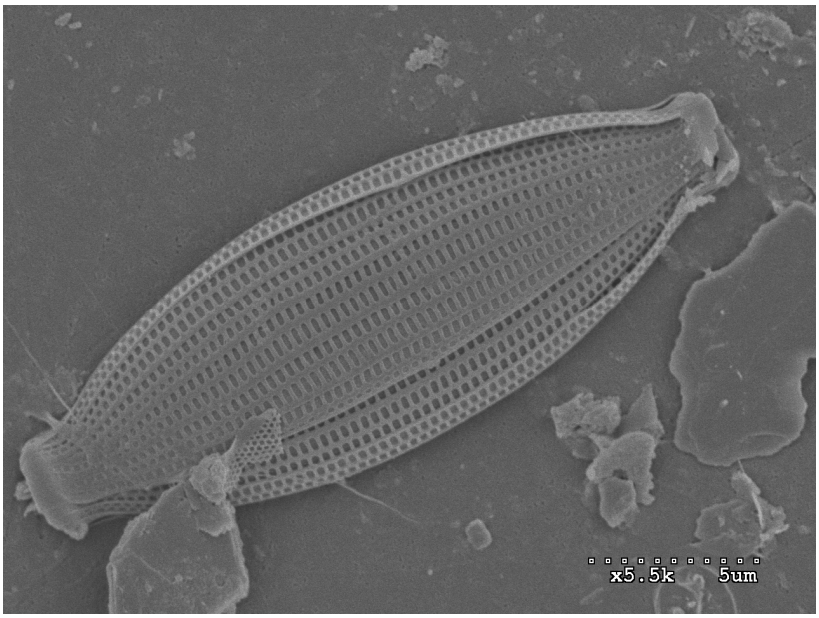
5.2.1. Mostres de 7 dies

7 dies Superior Llis

Desprès d'observar rigorosament amb el microscopi electrònic un petit fragment d'una mostra de 7 dies superior vaig poder observar una clara presència de bacteris i sobretot una gran quantitat i varietat de diatomees. La majoria de diatomees observades eren de tipus bentòniques. També vaig observar altres organismes com un coccòlit , el qual es considera un component del nanoplàncton i està format de carbonat del calci.



Bacteris observats a 25 mil augments

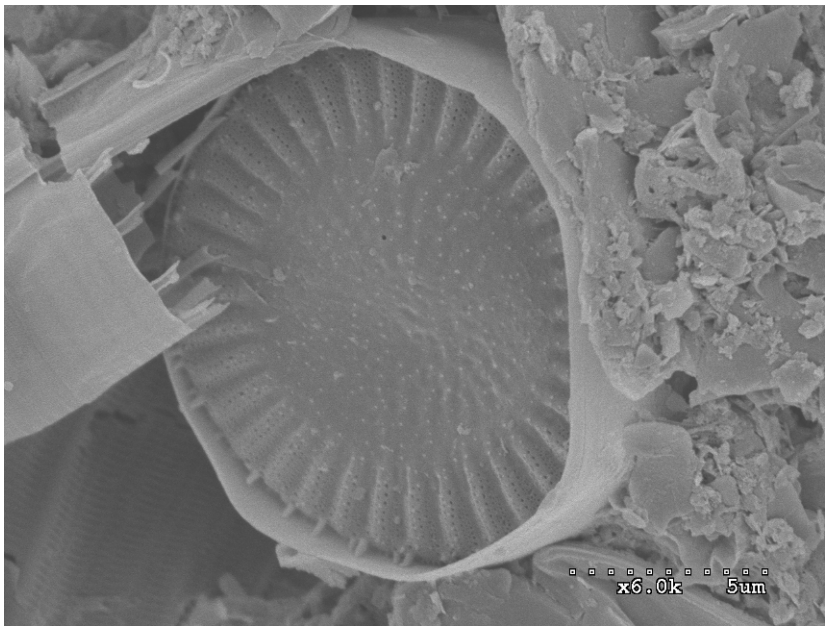


Diatomea vista a 5,5 mil augments

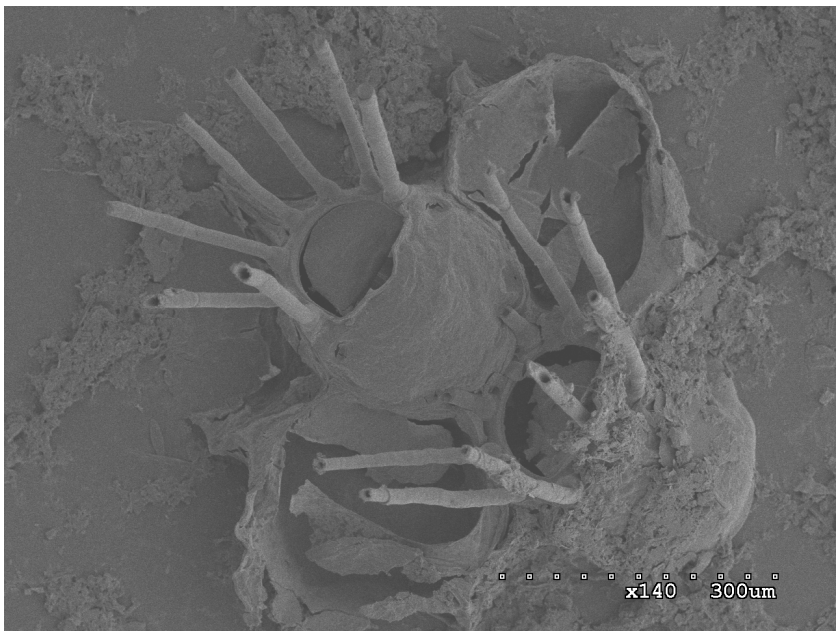
7 dies Inferior Llis

Vaig observar una petit tros d'una mostra de 7 dies inferior llis, vaig veure també una gran presència de diatomees en aquest cas tant bentòniques com cèntriques i fins i tot indicis de presència de diatomees planctòniques, però la majoria eren bentòniques. Les diatomees són organismes unicel·lulars els quals fan la fotosíntesi , per tant necessiten de la llum del sol per dur-la a terme. Així doncs, és curiós que les diatomees hagin colonitzat la superfície inferior del escull la qual no rep una total il·luminació. Aquesta mostra presenta a diferència de la superior sediments minerals barrejats amb els organismes .

Vaig trobar també organismes pertinents al zooplàncton , concretament un cuquèpode, també un balanus els quals també vaig observar amb la lupa.



Diatomeea cèntrica vista a 6 mil augments



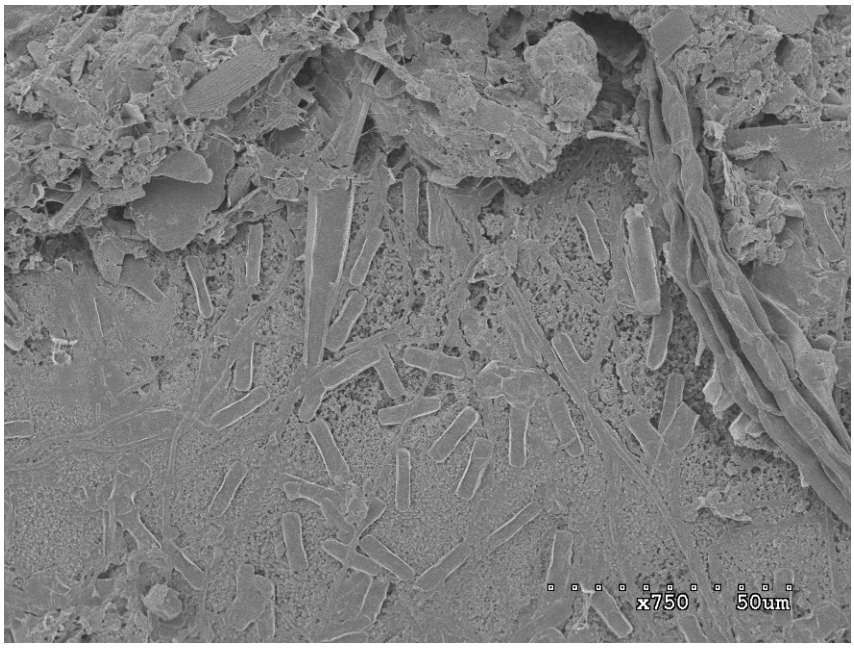
Colònia de biozous vista a 140 augment

5.2.2. Mostres de 15 dies

15 dies Superior Llis

En la mostra de 15 dies superior llis vaig observar a diferència que en 7 dies una gran presència de algues filamentoses que fan difícil l'observació d'altres organismes que queden amagats sota aquests filaments d'algues. Situades en la part superior, aquestes algues poden fer perfectament la fotosíntesi. En la mostra hi havia serpúlids els quals he observat amb la lupa i una gran quantitat també de diatomees.

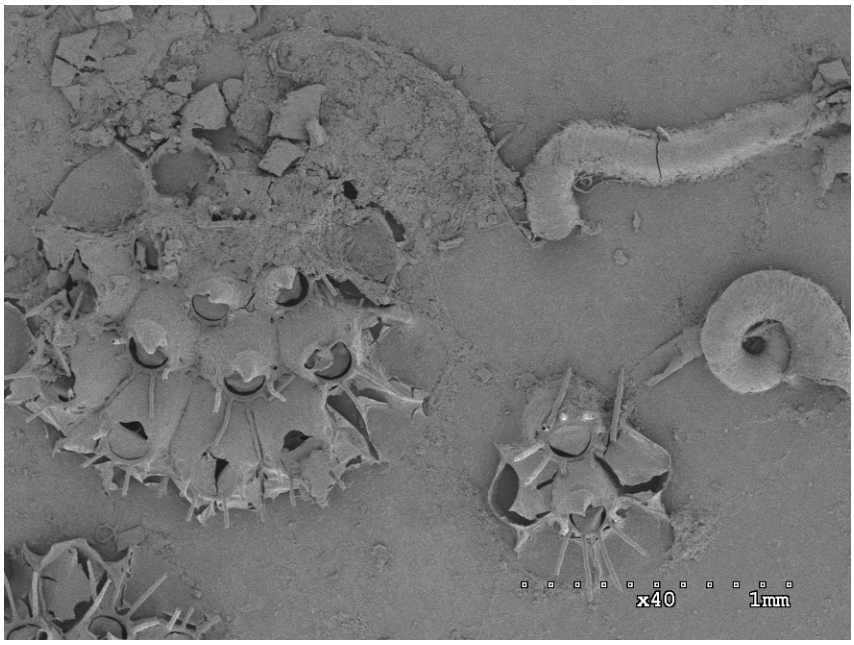
Serpúlid concretament *spirorbis* cobert de algues filamentoses vist a 50 augments



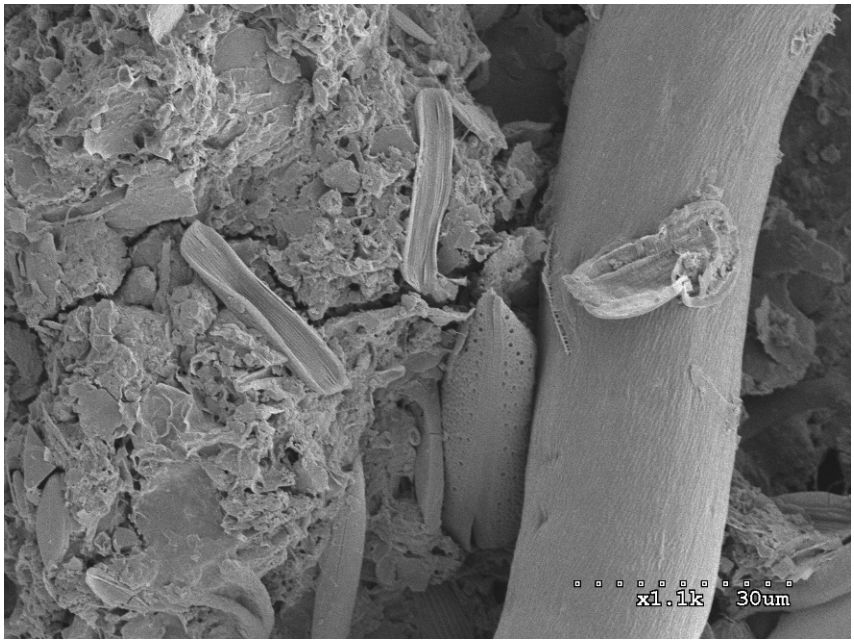
Tot de diatomees

15 dies Inferior Llis

En la mostra de 15 dies inferior llis no hi ha algues filamentoses però si diatomees. En aquesta mostra hi ha molt material argilós i fang el qual suposo que procedeix del fons marí, aquest cobreix la majoria d'organismes i dificulta la seva observació. Tot hi així vaig observar clarament serpúlids i briozous.



Cuqueta de closca (a dalt dreta) espirorbis (dreta) i briozous (esquerra) vistos a 40 augments

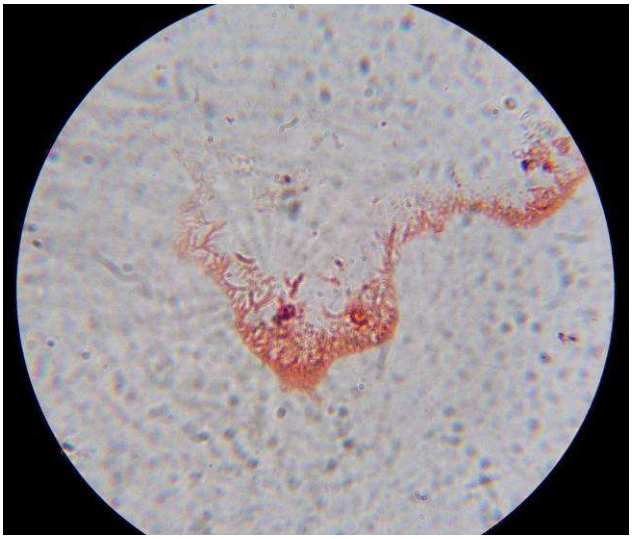


Pomatoceros triqueter vist a 1,1 mil augments i a l'esquerra diatomees més sediments.

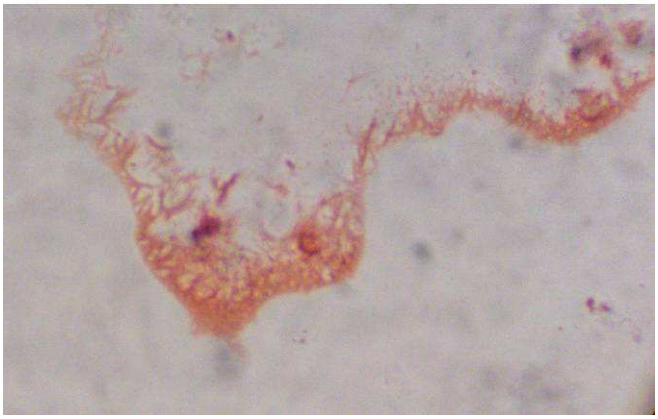
Tant en 7 dies, però més accentuadament en 15 dies ii en superficies inferior, la placa observada presenta zones buides d'organismes i recobertes d'una capa de fang. Els organismes es situen per zones, com "empaquetats" i barrejats amb sediments minerals procedents del fons marí.

5.3. Resultats de la detecció de bacteris

Gràcies a la prova de tinció de Gram, desprès de posar un portaobjectes dins d'una mostra d'aigua del port i esperar uns 3 dies, vaig detectar bacteris. Concretament bacils (allargats) gram negatius, és a dir de color rosat i cocs (arrodonits) gram positius, és a dir de color violeta o blau fosc. Aquesta pel·lícula bacteriana és considera el primer símptoma de colonització d'un substrat nou submergit al mar. És per tant la primera etapa de la successió primària



Pel·lícula bacteriana de cocs i bacils



Bacteris vistos a 1000 augments

6. CONCLUSIONS

1) Amb aquest treball he pogut estudiar com es desenvolupa una successió primària en un escull artificial i he pogut constatar que en aigües tancades de port marítim tant la colonització de l'escull com la seva evolució són ràpides. Ja que desprès de pocs dies d'immersió, l'escull ja presenta una gran quantitat d'organismes.

2) Tot i que no he pogut constatar diferències en l'evolució de la successió primària en funció l'estacionalitat, tinc indicis fundats que aquesta evolució té un important component estacional. En un futur, no massa llunyà espero, poder demostrar aquest aspecte de la successions primàries i així , demostrar una de les meves hipòtesis inicials.

3) La meva recerca ha permès demostrar d'una manera clara que les superfícies de l'escull orientades a la llum permeten el creixement ràpid d'algues fotosintètiques filamentoses , concretament a partir dels 10, 15 dies des de la immersió, que no són presents en les superfícies amagades de la llum. Això doncs, demostro la hipòtesi inicial sobre la importància determinant de la il·luminació. Cal remarcar però, que en avançats estadis de colonització, 45, 65 dies aproximadament, les superfícies inferiors apareixen ocasionalment també colonitzades per algues filamentoses. Pot ser que l'elevada població d'algues envaeixi part de la superfície inferior.

4) En funció a la rugositat dels substrat no he trobat diferències significatives fins ara en quant a l'evolució de la successió primària i per tant, considero necessari rebutjar la hipòtesi inicial en aquest sentit.

5) Les proves realitzades al laboratori amb immersió directa d'un portaobjectes de vidre a una mostra d'aigua del port, demostren l'existència de la pel·lícula bacteriana que inicialment colonitza la superfície d'un escull. Així queda demostrada la meva hipòtesis de que els bacteris són els primers colonitzadors de l'escull, gràcies als resultats de tincions de Gram realitzades directament en el material dipositat en el portaobjectes després de 3 dies.

6) També el microscopi electrònic demostra la presència de bacteris al cap de pocs dies de la immersió d'un escull, encara que l'enorme presència de diatomees i partícules minerals dipositades fa difícil la identificació d'aquests bacteris a través del microscopi electrònic de rastreig. És per això que he preferit demostrar l'existència de la pel·lícula bacteriana en el laboratori, sense les "turbulències" que provoquen que es dipositin sobre la mostra sediments minerals procedents del fons marí.

7) Gràcies a l' utilització del microscopi electrònic he pogut fer evident la presència de gran quantitat de diatomees bentòniques que colonitzen aquests esculls al cap de pocs dies de ser submergits (tan sols al cap d'uns 7 dies). D'aquesta manera queda demostrada la hipòtesi segons la qual, després de la colonització per bacteris, les diatomees s'encarreguen de colonitzar l'escull en els primers estadis de la successió primària en un escull artificial.

8) Curiosament, la presència de diatomees és similar a la superfície superior i a la inferior.. La gran i curiosa presència de diatomees bentòniques, sobretot a les superfícies inferiors amagades a la llum solar, és deu segurament als fluxos de materials o de partícules del fons marí que són arrossegades fins els esculls submergits. La presència d'aquestes partícules minerals ha quedat en evidència sobretot a les imatges de microscopi electrònic.

9) Gràcies a les taules de diversitat per cada tipus de mostra i el gràfic que representa la línea de tendència de la diversitat del escull, he pogut demostrar la meva hipòtesis inicial segons la qual, la diversitat dels organismes que colonitzen l'escull augmenta en funció dels temps transcorregut des de la seva immersió.

7. BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN A., MONTLLEÓ M., PUIG F. Recuperació del fons marí litoral de Barcelona, Barcelona, Barcelona Regional, 2001.

Litoral Consult. Parc d'esculls artificials de Barcelona, Barcelona, Litoral Consult, 2007.

DELGADO M., FORTUÑO J.M. Atlas de fitoplanctón del Mar Mediterráneo, Barcelona, Institut de Ciències del Mar, 1991.

SUCARRATS J., MONREAL G., PLANAS M., ROMANÍ J.M. Nova enciclopèdia catalana de l'estudiant Ciències biològiques, Barcelona, Carrogio, 1999, volum 3.

JIMENO A., BALLESTROS M., UGEDO L. Biologia 1r batxillerat, Barcelona, Grup Promotor Santillana, 2002.

GILI J.M., RIERA T., CORBERA J. Zooplàncton, Badalona, Escola del Mar, 2000.

TRÉGOUBOFF G., ROSE M., Manuel de Planctonologies Méditerranénne, Paris, Centre National de la Recherhe Scientifique, 1957, Tome II.

Pàgines web consultades:
www.enciclopedia.cat
www.wikipedia.org

AGRAÏMENTS

Agraeixo la col·laboració dels responsables del Port de Badalona que em van proporcionar un espai on submergir els esculls.

Agraeixo la col·laboració i ajut de en Josep Maria Gili, biòleg del Institut de Ciències del Mar, també al tècnic de microscòpia electrònica del ICM José-Manuel Fortuño i en Mikel Zabala qui em va ajudar a identificar alguns organismes de les mostres, dificultosos d'identificar.

Per últim, i no per això menys important, agraeixo l'ajut i esforç del meu tutor del treball de recerca, en Josep Marlès qui m'ha ajudat a tirar endavant aquest treball.