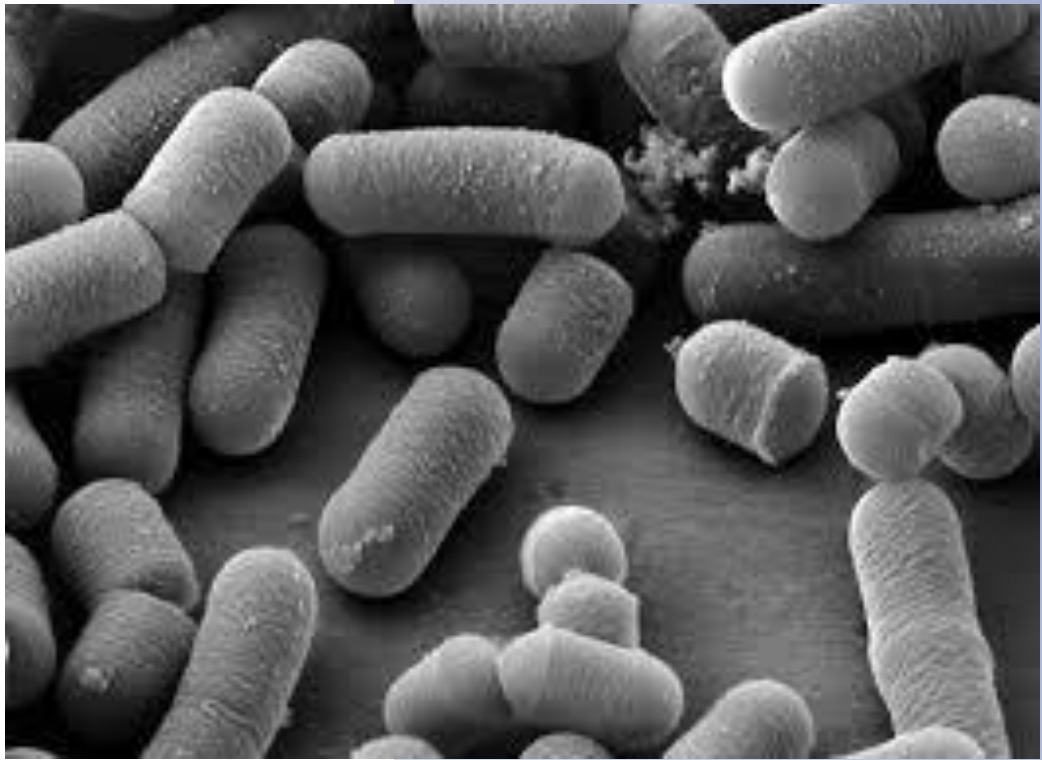


# ANÀLISI BACTERIÀ DE LES PRECIPITACIONS



Departament de biologia i microbiologia

2n Batxillerat científic

Curs 2021-2022



# ÍNDEX

1. RESUM-ABSTRACT.....	3
2. INTRODUCCIÓ.....	5
3. CAPÍTOL 1: EL CICLE HIDROLÒGIC. EL TRANSPORT NATURAL MICROBIÒTIC.....	8
3.1 INTRODUCCIÓ.....	9
3.2 EL CICLE HIDROLÒGIC.....	9
3.2.1 ETAPES DEL CICLE HIDROLÒGIC.....	9
4. CAPÍTOL 2: ELS BACTERIS. TOT UN MÓN NEGLIGIBLE.....	11
4.1 INTRODUCCIÓ.....	12
4.2 QUÈ SÓN ELS BACTERIS?.....	12
4.3 TAXONOMIA DELS PROCARIOTES.....	17
4.3.1 ARCHAEA (Archeobacteria).....	18
4.3.2 EUBACTERIA (Bacteria).....	21
4.4 ELEMENTS ESTRUCTURALS DELS BACTERIS.....	23
4.5 TINCIÓ DE GRAM.....	26
4.5.1 Bacteris gram –.....	26
4.5.2 Bacteris gram +.....	27
4.6 FONAMENTS DE LA TINCIÓ DE GRAM.....	28
4.7 MORFOLOGIA EXTERNA DELS BACTERIS.....	28
4.7.1 Mida.....	28
4.7.2 Forma.....	28
5. CAPÍTOL 3: L'ATMOSFERA. L'ALLOTJAMENT DE PSEUDOMONAS SYRINGAE.....	30
5.1 INTRODUCCIÓ.....	31
5.2 L'ATMOSFERA.....	31
5.3 LA TROPOSFERA I ELS BACTERIS.....	32
5.4 PSEUDOMONAS SYRINGAE.....	33
5.4.1 PROTEÏNA NUCLEADORA InaZ.....	34
6. CAPÍTOL 4: DE L'ATMOSFERA A LA COLUMNA DE VINOGRADSKI.....	35
6.1 INTRODUCCIÓ.....	36
6.2 RECOLLIDA D'AIGUA.....	36
6.2.1 Riells i Viabrea.....	37
6.2.2 Bosc.....	37
6.2.3 Puigcerdà.....	37
6.2.4 Barcelona (observatori Fabra).....	37
6.3 LES QUALITATS D'AIRE.....	38
6.4 SUBSTRAT.....	39

6.5 LA COLUMNA DE VINOGRADSKI ( <i>teoria</i> ).....	40
6.5.1 LES CARACTERÍSTIQUES DE CADA ESTRAT.....	40
6.6 ZONA ANAERÒBICA.....	41
6.7 ZONA MICROAERÒFILA.....	42
6.8 ZONA AERÒBIA.....	42
6.9 LA COLUMNA DE VINOGRADKI ( <i>disseny pràctic</i> ).....	43
7. CAPÍTOL 5: CULTIU I IDENTIFICACIÓ .....	51
7.1 INTRODUCCIÓ .....	52
7.2 COM ES PREPARA UN MEDI DE CULTIU SÒLID? .....	52
8. CONCLUSIONS.....	57
9. FONTS D'INFORMACIÓ.....	60
9.2 BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....	61
9.2.1 LLOCS WEB.....	61
9.2.2 INFORMACIÓ AUDIOVISUAL .....	65
9.2.3 ARTICLES CIENTÍFICS.....	66
9.2.4 LLIBRES CIENTÍFICS .....	66
10. AGRAÏMENTS.....	67
11. ANNEXOS.....	69
11.1 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VINOGRADSKI. RIELLS I VIABREA.....	70
11.2 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VINOGRADSKI. PUIGCERDÀ.....	71
11.3 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VINOGRADSKI. OBSERVATORI FABRA.....	72
11.4 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VINOGRADSKI. FONT DE L'AVET.....	73

# RESUM-ABSTRACT

La intenció d'aquest estudi ha estat donar a conèixer la quantitat de bacteris que ens envolten i com aquests microorganismes estan presents en fenòmens tan quotidians com és la pluja. Amb aquesta finalitat, la hipòtesi a desmentir o afirmar és la següent: *Potser, hi ha bacteris que afavoreixen la precipitació de les gotes dels núvols, i aquests estan presents en l'aigua que precipita?*

La pregunta d'investigació es respon a través d'una sèrie de procediments (teòrics i pràctics) que he seguit durant el projecte.

Inicialment, la part teòrica on s'ha explicat què són els bacteris, la seva taxonomia, les estructures i possibles morfologies i, finalment, sobre el bacteri *Pseudomonas Syringae* i la seva proteïna característica.

D'altra banda, en la part teòrica, he realitzat quatre columnes de Vinogradski corresponents a quatre zones catalanes diferents. Posteriorment, he fet un cultiu de bacteris, i per concloure el treball he intentat identificar l'espècie bacteriana esmentada anteriorment.

The intention of this study was to show the number of bacteria around us and how these microorganisms are present in such everyday phenomena as rain. To this aim, the hypothesis to be refuted or asserted is: Perhaps there are bacteria that promote the precipitation of cloud droplets, and these are present in the water that precipitates?

The research question is answered through a series of procedures (theoretical and practical) that I followed during the project.

Initially the theoretical part where the bacteria are explained, their taxonomy, structures and possible morphologies, and finally the *Pseudomonas Syringae* bacterium and its characteristic protein.

On the other hand, in the theoretical part, I have made four columns of Winogradsky corresponding to four different Catalan areas. Subsequently, I cultured the bacteria, and to conclude the work I tried to identify the bacterial species mentioned above.

# INTRODUCCIÓ

El precursor del meu treball rau en els meus primers anys d'escolarització, on el meu caràcter curiós començava a fer-se evident.

Des de ben petita, les meves inquietuds i interessos han estat enfocats envers la ciència. Recordo que amb tan sols set anys ja em vaig interessar pel cos humà i el seu funcionament, vaig començar a investigar, fins i tot vaig demanar llibres sobre el tema als meus pares, va ser així com vaig acabar descobrint el que de veritat m'agrada i el que vull convertir en el meu futur, la medicina.

Amb aquests llibres vaig descobrir que hi havia una immensa varietat d'ésser vius subestimats però de gran importància: els bacteris. Aquests organismes estan presents a la nostra vida quotidiana com el que més, i encara així, per la seva negligible mida, no hi parem esment. És per això i pel meu caràcter curiós que vaig pensar a enfocar el meu treball de recerca en els bacteris. Però, parlar sobre bacteris era molt generalitzat i un tema massa ample, per tant, vaig començar a donar-li voltes i a rumiar, inicialment, la meva idea era fer un estudi de l'evolució bacteriana, però com he mencionat anteriorment, aquests organismes estan presents a la vida quotidiana i, per tant, vaig decidir que el meu objectiu principal de TDR seria donar a conèixer la quantitat de microorganismes que ens envolten, va ser així com vaig plantejar-me les següents idees d'hipòtesis: *Què hi ha més quotidià, que l'aigua de pluja? Serà que les gotes d'aigua també tenen bacteris? Quins bacteris hi haurà? Tindran alguna funció?*

Aquest treball de recerca tracta sobre els bacteris que funcionen com a nuclis de condensació de les gotes dels núvols i que ajuden a aquestes amb la seva precipitació.

Per tal de poder tractar el tema amb més claredat, em plantejo la meva hipòtesi final:

“Potser hi ha bacteris que afavoreixen la precipitació de les gotes dels núvols, i aquests estan presents en l'aigua que precipita?”

Per tal de poder verificar o falsar la meva hipòtesi em fitxo uns objectius que aniré complint al llarg del projecte. Els objectius plantejats són els següents:

- Cercar la màxima informació possible sobre els bacteris.
- Documentar-me sobre possibles investigacions de bacteris troposfèrics o característics de formar nuclis de condensació.
- Identificar l'espècie bacteriana que afavoreix la condensació i buscar tota la informació rellevant per poder identificar-ho (característiques metabòliques, respiració, morfologia...).



- Construcció de la columna de Vinogradski per poder identificar els bacteris.
- Conèixer mètodes d'identificació d'espècies bacterianes i com crear el seu medi de cultiu.
- Aprendre a fer cultius.
- Conèixer si aquests bacteris estan presents amb diferents nivells de contaminació.
- Corroborar l'existència de bacteris condensadors a partir de la maqueta.
- Afirmar o desmentir la meua hipòtesi.

Una vegada tenia el meu punt de partida ben clar, vaig plantejar els punts dels quals volia parlar, és a dir, l'índex. D'aquesta manera vaig poder començar amb la cerca d'informació i finalment el planteig de la part pràctica, la qual ha resultat ser un important percentatge del treball final.

La meua part pràctica es divideix en tres parts; una primera part de recollida d'aigua de quatre zones diferents: Puigcerdà, Riells i Viabrea, un bosc vora la meua casa i Barcelona. Posteriorment, la realització la columna de Vinogradski, mitjançant la qual va permetre l'estratificació dels bacteris continguts en l'aigua de pluja i posteriorment la seva identificació. A partir dels bacteris identificats, i amb l'ajuda de la informació cercada amb anterioritat, vaig estriar aquell que tenia la característica de formar nuclis de condensació i a partir d'aquest moment va començar la segona part de la part pràctica, la qual consistia a fer un cultiu del bacteri amb la finalitat de multiplicar-lo. Una vegada finalitzat el cultiu s'inicia l'última etapa pràctica, la construcció d'una maqueta atmosfèrica que consistiria en ruixar una solució de bacteris a un vapor d'aigua i veure si condensa o no.

Així doncs, amb finalitat de deixar constància de com anirà estructurat el meu treball, faré un breu resum.

En primer lloc, hi haurà una part teòrica que servirà per explicar conceptes i informació imprescindible per la comprensió de la part pràctica. I, d'altra banda, una part experimental amb posterior anàlisi i interpretació dels resultats que em permetrà desmentir o no la meua hipòtesi.

CAPÍTOL 1: EL CICLE  
HIDROLÒGIC. EL TRANSPORT  
NATURAL MICROBIÒTIC

## **3.1 INTRODUCCIÓ**

En aquesta primera part, parlaré sobre el cicle hidrològic entenent-lo des d'un punt de vista microbiològic; és a dir, la hidrosfera conté una quantitat de bacteris que, juntament amb l'aigua, s'evaporen cap a la troposfera per formar els núvols. Així mateix, aquests bacteris es "transporten" cap a les capes més superficials del planeta.

En conclusió, aquest apartat, tot i que sembla rellevant, serveix per entendre com els bacteris nucleadors de gel arriben a la troposfera per poder desenvolupar la seva funció meteorològica.

## **3.2 EL CICLE HIDROLÒGIC**

El cicle hidrològic o cicle de l'aigua és el fenomen natural que descriu la presència i moviment de l'aigua a la Terra. L'aigua de la Terra està constantment en moviment i canviant d'estat (sòlid, líquid, gas o plasma). La vida a la Terra depèn de l'aigua i, per tant, del seu cicle, si no hi hagués lloc per aquest, la Terra seria un lloc inhabitable.

### **3.2.1 ETAPES DEL CICLE HIDROLÒGIC**

El cicle hidrològic no s'inicia en un lloc específic, però, per facilitar l'explicació assumim que comença en un espai amb una gran massa d'aigua, com podria ser un oceà.

El sol, que dirigeix el cicle de l'aigua, escalfa l'aigua, la qual s'evapora cap a l'aire en forma de vapor d'aigua. Corrents ascendents d'aire porten el vapor a les capes superior de l'atmosfera, on a menor temperatura, aquest vapor condensa i es formen núvols. Els núvols que suren sobre nosaltres, contenen el vapor d'aigua i gotes de núvol (aquestes són massa petites per a caure però prou grans per fer el núvol visible). L'aigua està constantment evaporant-se i condensant-se en el cel. Els corrents ascendents, anteriorment mencionades, impossibiliten la precipitació de les gotes massa petites i, per tant, els corrents d'aire que mouen els núvols sobre el globus, fomenten xocs entre les partícules del núvol que s'uneixen entre si produint gotes més grans i prou pesades per a caure en forma de precipitació. La precipitació és aigua alliberada des dels núvols en forma de pluja, aigüaneu, neu o calamarsa. És el principal procés pel qual l'aigua retorna a la Terra. La major part de la precipitació cau com a pluja.

Calen moltes gotes de núvol per produir una gota de pluja. Perquè es formi una gota de pluja capaç de travessar corrents d'aire ascendent i arribar a la superfície, aquesta ha de mesurar almenys 1 mil·límetre, per la qual cosa és necessari que el nucli de condensació uneixi prop d'un milió de gotetes d'aigua. Aquestes precipitacions poden caure en forma de neu, que s'acumula en capes de gel i en les glaceres, els quals poden emmagatzemar aigua congelada per milions d'anys.

En els climes més càlids, la neu acumulada es fon a la primavera. La neu fosa corre sobre la superfície terrestre com a aigua de desglaç i pot provocar inundacions. La major part de la precipitació corre sobre la superfície com a vessament superficial (aigua que corre sobre el terreny) fins a arribar a oceans. Una part d'aquests vessament arriba als rius en les depressions del terreny; en el corrent dels rius l'aigua es transporta de tornada als oceans o mars.

L'aigua de vessament i l'aigua subterrània que surt cap a la superfície, s'acumula i s'emmagatzema en els llacs d'aigua dolça. No tota l'aigua de pluja flueix cap als rius, una gran quantitat és absorbida pel sòl com infiltració. Part d'aquesta aigua roman en les capes superiors de terra, i torna als cossos d'aigua i als oceans com a descàrrega d'aigua subterrània. Una altra part de l'aigua subterrània troba obertures a la superfície terrestre i emergeix com deus<sup>1</sup> d'aigua dolça.

L'aigua subterrània que es troba a poca profunditat, és presa per les arrels de les plantes i transpirada fins a petits porus que es troben a la cara inferior de les fulles, on es transforma en vapor d'aigua i s'allibera a l'atmosfera. La transpiració és un procés no visible però de gran importància, un 10% de la humitat atmosfèrica pertany a la transpiració de les plantes.<sup>2</sup>

I finalment, una part restant d'infiltració arriba a les capes més profundes del sòl i recarrega dels aquífers, els quals emmagatzemen gran quantitat d'aigua dolça. Al llarg del temps aquesta aigua continua movent-se, part d'ella retornarà als oceans, on el cicle de l'aigua conclou i torna a començar.

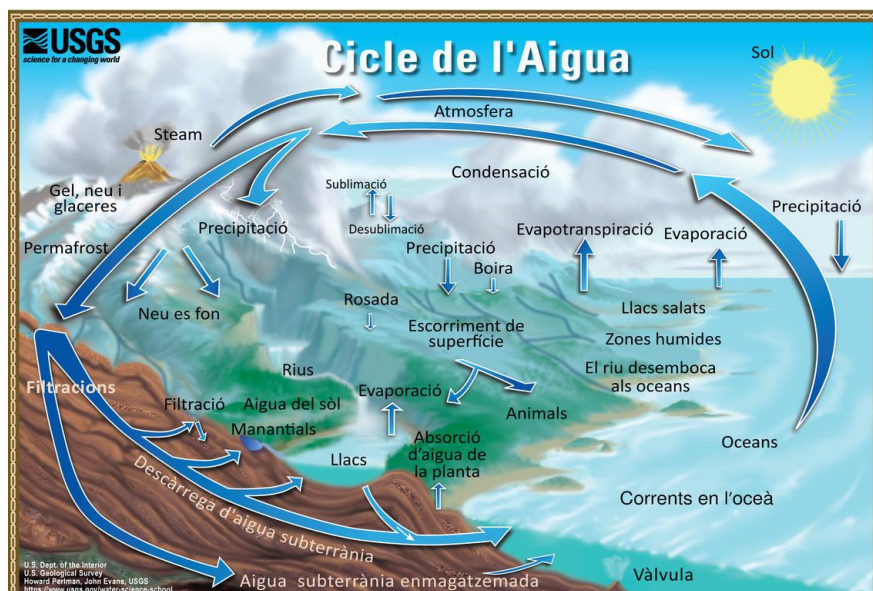


figura 1. Diagrama del cicle de l'aigua ignorant les influències humanes. Credit: USGS, Public domain Font: [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/cicle-de-laigua-water-cycle-catalan?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/cicle-de-laigua-water-cycle-catalan?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects) (10-07-2021)

<sup>1</sup> Una deu resulta quan un aquífer s'omple fins al punt en què l'aigua es desborda a la superfície de la terra.

<sup>2</sup> Segons un estudi de la Universitat Complutense de Madrid Facultat d'Educació - Dep. Didàctica de les Ciències Experimentals, El 10% de vapor d'aigua de l'atmosfera es deu a aquest fenomen (transpiració), mentre que el 90% restant es deu a l'evaporació de les superfícies aquoses, oceans, llacs, rius principalment.

## CAPÍTOL 2: ELS BACTERIS. TOT UN MÓN NEGLIGIBLE.

## 4.1 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol explicaré que són i com són els bacteris, a quin domini pertanyen i exemples d'extremòfils. Posteriorment, parlaré i desenvoluparé les tres funcions vitals que caracteritzen a un ésser viu: reproducció, relació i nutrició. Amb l'objectiu de situar amb més exactitud als bacteris i davant la necessitat de poder identificar els bacteris en la part pràctica, faré la seva taxonomia; on trobarem que els dos principals dominis que caracteritzen els bacteris són el domini *Archaea* i *Eubacteria*.

Veurem alguns dels elements estructurals més rellevants, i que ens serviran per a la identificació posterior, com ara: els flagels o la càpsula, la qual fa canviar la morfologia de les colònies. D'acord amb la identificació bacteriana, també introduiré la tinció de gram i el seu procés d'aplicació; i dos conceptes de la seva morfologia externa: la mida i la forma.

## 4.2 QUÈ SÓN ELS BACTERIS?

Els bacteris són microorganismes unicel·lulars de tipus procariota que acostumen a tenir una mida entre 0,5 i 5 µm de longitud (tot i que hi ha diversitat en la seva mida) i que presenten diverses formes. Els bacteris no tenen nucli definit i, en general, no presenten orgànuls membranosos en el seu interior. A més posseeixen una paret cel·lular constituïda de peptidoglicà. Nombrosos bacteris disposen de flagels o altres sistemes de desplaçament.

Aquests microorganismes són els més abundants en la Terra. Són ubics, i, per tant, poden viure en ambients extrems, són els anomenats extremòfils; es troben en solucions saturades de sal (**halòfils**), residus radioactius (**radiòfils**), a grans profunditats amb altes pressions (**baròfils**) i inclús en inclusions en els gels (**psicròfils**) entre d'altres.

Els bacteris, com qualsevol altre ésser viu, realitza les tres funcions vitals: Nutrició, relació i reproducció.

### Nutrició

La funció de nodrir-se consisteix en proveir a un organisme vivent de les substàncies necessàries al seu creixement o sosteniment.<sup>3</sup>

Els bacteris poden realitzar tot tipus de metabolisme:

---

<sup>3</sup> Nodrir.(2007). *Diccionari de la llengua catalana de l'Institut d'Estudis Catalans*. Recuperat de <https://dlc.iec.cat/Results?DecEntradaText=nodrir&AllInfoMorf=False&OperEntrada=0&OperDef=0&OperEx=0&OperSubEntrada=0&OperAreaTematica=0&InfoMorfType=0&OperCatGram=False&AccentSen=False&CurrentPage=0&refineSearch=0&Actualitzacions=False>

		FONT D'ENERGIA	
		FOTÒTROFS (Energia solar)	QUIMIÒTROFS (Energia química)
FONT DE CARBONI	AUTÒTROFS (CO <sub>2</sub> )	FOTOAUTÒTROFS	QUIMIOAUTÒTROFS
	HETERÒTROFS (Matèria orgànica)	FOTOHETERÒTROFS	QUIMIOHETERÒTROFS

taula 1. Tipus de metabolismes que poden realitzar els bacteris. Taula de l'autor (22-07-2021)

- **Autòtrofs:** Utilitzen com a principal font de carboni el CO<sub>2</sub> i el transformen en matèria orgànica. Els organismes autòtrofs, per tant, són el nivell bàsic en les xarxes tròfiques<sup>4</sup> de qualsevol ecosistema.
- Fotoautòtrofs: Utilitzen la llum com a font d'energia i el CO<sub>2</sub> com a font de carboni. Desprenen O<sub>2</sub>.
- Quimioautòtrofs: Utilitzen les reaccions exotèrmiques d'oxidació i compostos inorgànics com a font d'energia i el CO<sub>2</sub> com a font de carboni.
- **Heteròtrofs:** Utilitzen molècules orgàniques ja elaborades per altres organismes com a font de carboni. Aquesta matèria orgànica l'obtenen alimentant-se d'organismes autòtrofs.
- Fotoheteròtrofs: Utilitzen la llum com a font d'energia i molècules orgàniques com a font de carboni.
- Quimioheteròtrofs: Utilitzen un compost químic com a font d'energia i com a font de carboni alhora.

<sup>4</sup> Una xarxa tròfica o xarxa alimentària és un sistema de cadenes alimentàries connectades que comprenen la producció i d'obtenció d'aliments dins d'un ecosistema.

## Relació

La funció de relació és la capacitat que tenen els éssers vius de rebre informació del seu medi intern o extern i d'actuar en conseqüència per tal de garantir la supervivència biològica de l'individu i de l'espècie.

Els bacteris es relacionen directament amb el medi i són capaços de donar resposta als estímuls que reben. Alguns d'ells poden desplaçar-se envers els seus interessos fisiològics<sup>5</sup>, aquesta capacitat d'allunyar-se o aproximar-se a l'estímul segons les seves necessitats s'anomena **tàxia**.

Els que no tenen la capacitat de desplaçar-se pel medi, presenten un mecanisme anomenat **esporulació**. Un bacteri funcional inicia aquest mecanisme perquè ha rebut un estímul advers a les seves condicions vitals. Inicialment, condensa el seu material genètic, amb una part de citosol parcialment deshidratat; posteriorment s'envolten amb una membrana gruixuda que donarà lloc a la endospora. En el cas que el bacteri es destrueixi per les desafortunades condicions, el que queda és una exòspora que és la forma de resistència. Una vegada les condicions tornen a ser favorables, germina i dona lloc, de nou, a un bacteri funcional.

Aquestes càpsules compleixen diverses funcions, entre d'altres, protecció davant un canvi sobtat de condicions ambientals<sup>6</sup>, fomenta l'adherència del bacteri a diversos substrats on poden viure (aparell digestiu, pedres, fusta...) i permet la resistència a les condicions adverses durant un llarg període de temps.

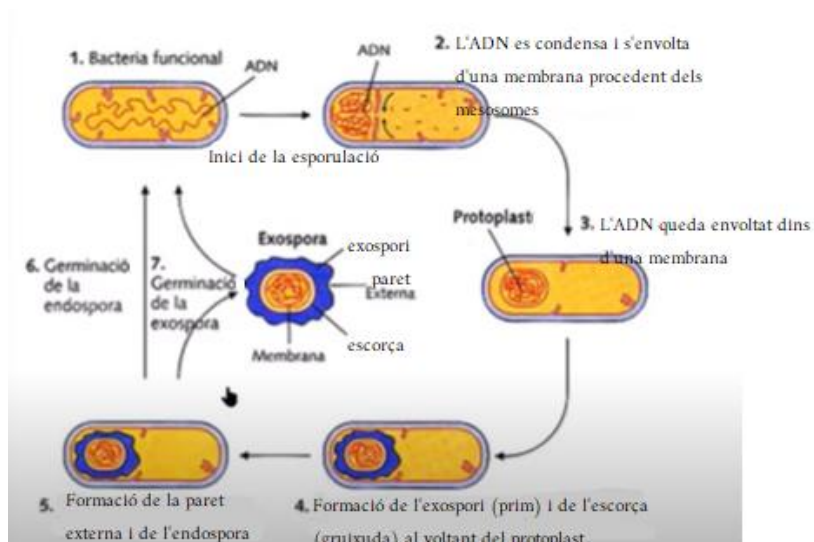


figura 2. Procés d'esporulació. Font: <https://www.youtube.com/watch?v=Caoo7hIsng0> (22-07-2021)

<sup>5</sup> La fisiologia és l'estudi científic de les funcions i mecanismes físics i químics que es desenvolupen dins un sistema viu, responsables de l'origen, desenvolupament i progressió de la vida.

<sup>6</sup> L'espóra forma un embolcall amb el òrgans vitals del bacteri: Material genètic, ribosomes i part del citosol.



## Reproducció

La funció de reproducció és el procés mitjançant el qual els éssers vius asseguren l'aparició d'individus nous, idèntics o bé semblants a llurs progenitors. Entenen com a tal, la generació d'individus genèticament diferents a partir de la combinació del material genètic d'organismes diferents. Es reproduïxen asexualment a través d'un procés anomenat **fissió binària**. Aquest procés s'inicia amb una còpia exacta de l'ADN bicatenari circular que conté el cromosoma bacterià, posteriorment la cèl·lula conté les dues còpies d'ADN i comença una elongació<sup>7</sup> i una divisió fins a la formació de les dues cèl·lules "filles" idèntiques a la cèl·lula

"mare". Aquest tipus de reproducció pot tenir lloc en vint minuts. Quan els bacteris es reproduïxen reiterades vegades, es forma un clon de bacteris, el que anomenen colònia.

Entenem com a reproducció sexual la formació d'un nou individu a partir de dos individus de la mateixa espècie però diferent sexe, per aquest mateix motiu no podem considerar que els bacteris puguin reproduir-se sexualment perquè degut a que són organismes unicel·lulars dotats d'un sol cromosoma, no es distingeixen de femení o masculí.

No obstant, no tots els bacteris són clons, és a dir, poden adquirir nou ADN mitjançant un mecanisme anomenat **parasexualitat**, aquest procés es pot dur a terme de tres formes diferents:

- **Conjugació:** Un bacteri actua com a donant de **plasmidi** (molècula d'ADN circular de doble cadena pròpia dels procariotes). Aquest bacteri donant, a través del pilus<sup>8</sup> s'uneix a un altre bacteri mitjançant un receptor específic. Un enzim trenca la doble cadena de material genètic i transferirà una còpia al bacteri receptor. Finalment aquest filament s'integrarà en el nou organisme, crearà la doble cadena i donarà lloc al que s'anomena **episoma**<sup>9</sup>.
- **Transformació:** Fragments d'ADN que pertanyien a cèl·lules trencades s'introdueixen en cèl·lules normals. L'ADN fragmentat es recombina amb el material genètic de la cèl·lula receptora, provocant canvis d'informació genètica en el nou organisme.

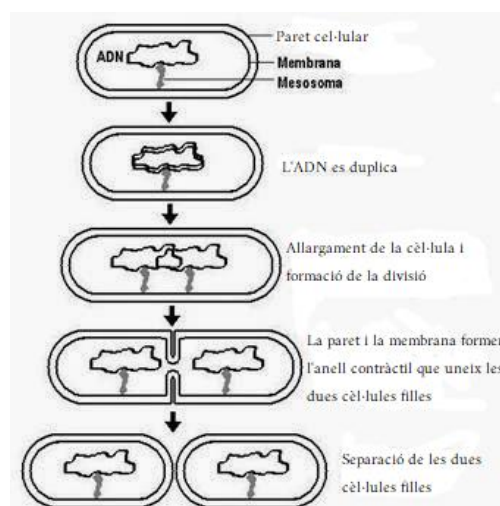


figura 3. Procés de fissió binària. Font: <https://masalladelabiologia.blogspot.com/2015/04/las-bacterias-se-reproducen-en-forma.html> (23-07-2021)

<sup>7</sup> Extensió, tracció o estirament d'un teixit, especialment del muscular.

<sup>8</sup> Pèls que es troben al voltant del bacteri i els hi permet l'adherència a superfícies.

<sup>9</sup> Un episoma és un plasmidi que s'ha integrat en cromosoma bacterià principal del bacteri.

- **Transducció:** Un bacteri es veu afectat per un bacteriòfag, el qual servirà com un portador de material genètic d'un bacteri a un altre. La combinació dels dos materials genètics bacterians donarà lloc a variabilitat genètica. El bacteriòfag utilitzarà els enzims del bacteri per replicar el seu material genètic amb l'objectiu de multiplicar-se fins lissar<sup>10</sup> el bacteri i sortir per infectar a altres microorganismes, el que s'anomena el **cicle lític d'infecció**.

Aquest cicle pot donar-se de la següent manera:

- **Generalitzada:** Esporàdicament introdueix l'ADN bacterià i per tant, quan aquestes càpsides surten al medi per infectar a altres microorganismes, contenen material genètic del bacteri infectat anteriorment que introduiran en un altre bacteri.

Adicionalment existeix un altre cicle, anomenat **cicle lisogènic**. En aquest, el bacteri es infectat pel bacteriòfag com en l'anterior cicle, però pel contrari, aquesta vegada el material genètic del virus, s'unirà amb l'ADN bacterià.

La integració a l'ADN bacterià es duu a terme de la següent manera:

- **Especialitzada:** El virus té un punt de referència<sup>11</sup> on s'introduirà per fer còpies del seu propi material genètic fins que el bacteri rebi un estímul exterior el qual el perjudica (mutació, radiació, raig UV,...); en aquest moment, el bacteriòfag pot escindir-se<sup>12</sup> de forma incorrecta i per consegüent, portar gens GAL o BIO pertanyents al bacteri. Així doncs, sintetitzarà les seves còpies genètiques incorporant els gens bacterians.

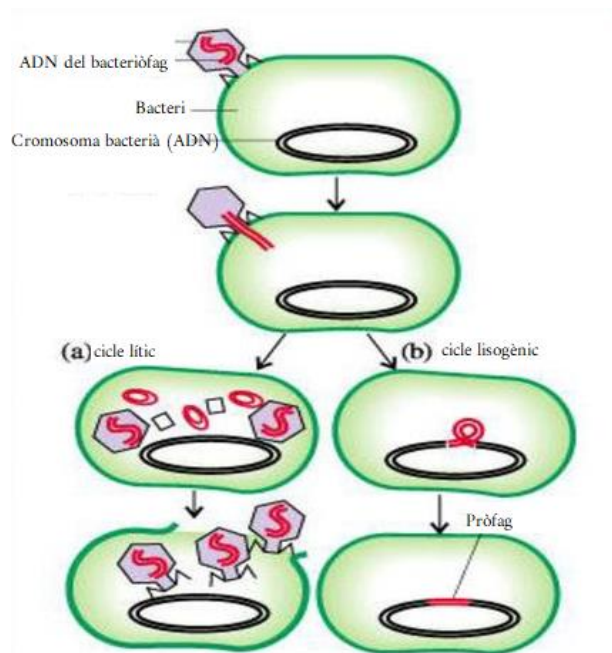


figura 4. Comparació cicle liso gènic i el cicle lític. Font: <https://slideplayer.es/slide/14467527/> (29-07-2021)

<sup>10</sup> La lisi cel·lular és el trencament de la membrana cel·lular.

<sup>11</sup> El punt de referència el formen el gen GAL i el gen BIO.

<sup>12</sup> Tallar, trencar, dividir, separar.

## 4.3 TAXONOMIA DELS PROCARIOTES

La taxonomia és la ciència que tracta dels principis de classificació.

La unitat bàsica de classificació és l'espècie.

Els procariotes són el grup taxonòmic que engloba a tots els organismes desproveïts de nucli de la biosfera, que generalment són microscòpics i no formen teixits diferenciats. Els diferents tipus de teixits es caracteritzen pel fet de presentar uns tipus de cèl·lules determinats i una localització concreta en una mateixa espècie, en els procariotes no estan especialitzats i quan s'agrupen formen colònies, no teixits.

L'aplicació de la biologia molecular, i per tant, la anàlisi comparatiu de gens, va permetre reconstruir genealogies<sup>13</sup>, les quals van afavorir la reconstrucció filogenètica de la subunitat petita del ARN ribosòmic<sup>14</sup> i va postular que tota la vida cel·lular coneguda podria circumscriure en tres dominis: *Eukarya* (Eucariotes), *Archaea* (Archeobacteria) i *Eubacteria* (Bacteria). En el cas dels bacteris, els dos dominis més importants són els dos últims mencionats, que alhora divergeixen en altres subgrups.

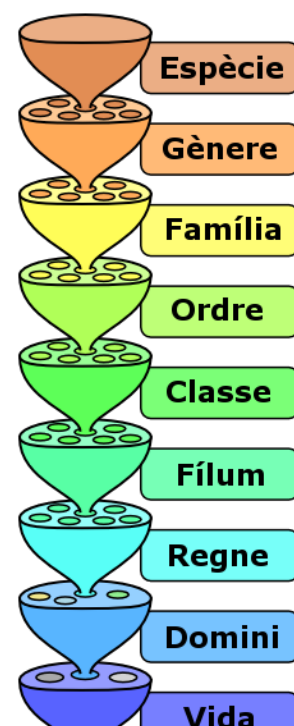


figura 5. Agrupació de les diferents categories taxonòmiques. Font: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Categoria:\\_taxonomia](https://ca.wikipedia.org/wiki/Categoria:_taxonomia) (19/07/2021,

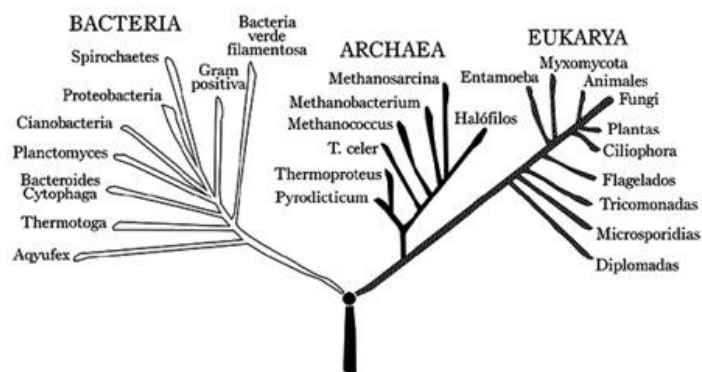


figura 6. Reconstrucció filogenètica basada en l'anàlisi comparatiu de la seqüència del gen que codifica per a la subunitat petita del RNA ribosòmic. Font:

[https://www.mined.gob.sv/materiales/f3/semana7/9grado/ciencia/Guia\\_autoaprendizaje\\_estudiante\\_9no\\_grado\\_Ciencia\\_f3\\_s7\\_imp\\_reso.pdf](https://www.mined.gob.sv/materiales/f3/semana7/9grado/ciencia/Guia_autoaprendizaje_estudiante_9no_grado_Ciencia_f3_s7_imp_reso.pdf) (19/07/2021)

<sup>13</sup> La genealogia és la disciplina que estudia l'ascendència i la successió de les persones i els llinatges i determina els seus parentius i aliances mitjançant documentació fefaent (legalitzada per un notari o que disposa de fe pública).

<sup>14</sup> La reconstrucció filogenètica de la subunitat petita del RNA ribosòmic es tracta d'un mètode per relacionar les relacions evolutives entre varies espècies o altres entitats que es creuen que tenen una ascendència comuna a través de la coincidència de bases nitrogenades del RNA ribosòmic.

### 4.3.1 ARCHAEA (Archeobacteria)

Són cèl·lules procariotes (no presenten el material genètic en un nucli definit amb membrana cel·lular). La majoria d'Archeobacteria són gramnegatius. La membrana plasmàtica d'aquest domini té algunes particularitats com l'absència de mureïna o peptidoglicà en la seva paret cel·lular o la manca de fosfolípids com a lípids de membrana. Antagònicament, aquestes estructures estan formades per pseudopeptidoglicà, unitats repetitives que s'alternen de N-acetilglucosamina i àcid N-acetiltalosaminurònic, i isoprè (Fitanil) + glicerol com a lípids de membrana units per enllaços èter ramificats.

Els ribosomes d'aquests organismes tenen un coeficient de Svedberg de 70S. El Svedberg, símbol S, és una unitat de mesura de la velocitat de sedimentació no additiva, és a dir, una partícula formada a partir de dues partícules 5S no tindrà un coeficient de sedimentació de 10S.

Tenen la capacitat de formar monocapes lípidiques o bicapes. Ambdues estructures estan contruïdes per quaranta carbonis (monocapa quaranta i bicapa vint + vint). La diferència entre les dues estructures es l'unió dels fitanils. En la monocapa s'unixen formant una sola molècula allargada anomenada bifitanil, i a la bicapa aquets lípids no queden units.

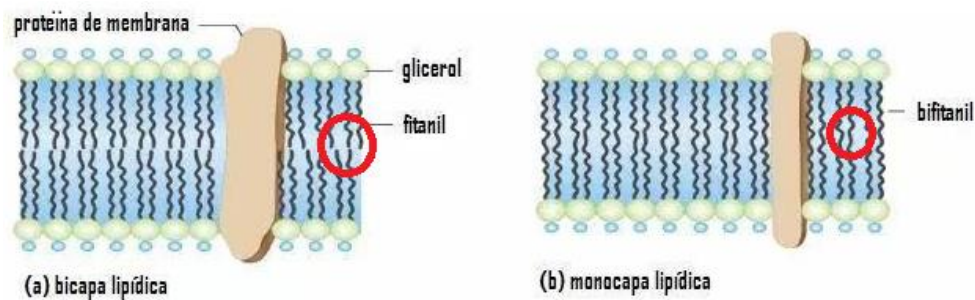


figura 7. Estructura de la membrana plasmàtica del domini Archaea. Font: <https://docplayer.es/64784514-La-celula-procariota-estructura-y-funcion.html> (31/08/2021)

Els arqueobacteris són organismes pertanyents al domini Archaea, i corresponen a ésser vius que presenten una gran varietat de reaccions químiques en el seu metabolisme i utilitzen diferents fonts d'energia.

Tipus nutricional	Font d'energia	Font de carboni
Fotòtrofs	Llum solar	Compostos orgànics
Litòtrofs	Compostos inorgànics	Compostos inorgànics o fixació del carboni
Organòtrofs	Compostos orgànics	Compostos orgànics o fixació del carboni

taula 2. Tipus nutricionals del metabolisme arqueobacterià. Font: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Arqueobacteris#Metabolisme> (01/08/2021)

Aquest domini és considerat com els organismes més ancestrals de la Terra, és per aquest mateix motiu, els microorganismes que en més ambients i territoris inhòspits poden subsistir<sup>15</sup>. Degut a la seva capacitat d'habitar en ambients extrems, són coneguts com extremòfils. Podem considerar aquest subgrups dins del domini segons el tipus de medi en el que poden residir:

- **Metanògens:** Els metanògens són membres del domini Arquea que es caracteritzen per obtenir energia a partir de la biosíntesi del metà. Viuen en medis estrictament anaerobis i desprenen metà ( $\text{CH}_4$ ) com a residu metabòlic, el qual s'acumula a l'ambient i acaba formant grans reserves de gas natural afavorint l'escalfament global.

Els metanògens es poden classificar en quatre grups segons la seva morfologia:

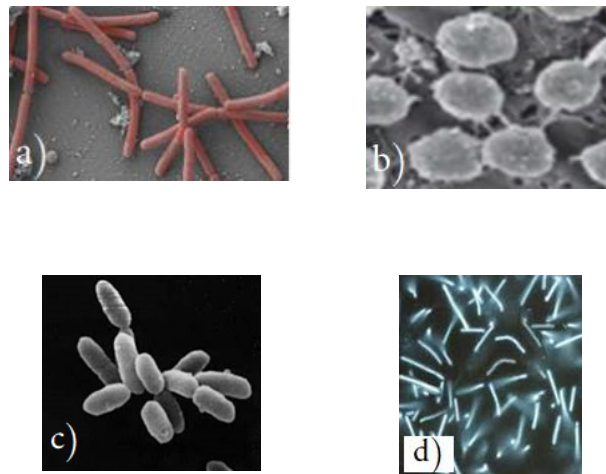


figura 8. Morfologia dels metanògens. a) *Methanobacteria*; b) *Methanomicrobia*; c) *Methanococci*; d) *Methanopyri*. Font: <https://www.slideshare.net/KiikeeAleejoo/metangenas> (01/08/2021)

D'altra banda, és possible diferenciar els metanògens fisiològicament per la presència o absència de citocroms, proteïnes que realitzen una funció vital en el transport d'energia química i catalitzador de reaccions redox en totes les cèl·lules vives.

Els metanògens que posseeixen citocroms creixen principalment en acetat, metanol i metilaminas. Requereixen d'una major pressió parcial d' $\text{H}_2$  per al seu creixement, i per tenir un major rendiment quant al creixement.

Els metanògens que no posseeixen citocroms utilitzen  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2$ . A excepció del gènere *Methanosphaera* que només pot reduir el metanol amb  $\text{H}_2$ .

---

<sup>15</sup> L'ambient de Terra primitiva es caracteritza per altes temperatures, alt índex d'amoniac, poc oxigen i molt  $\text{CO}$ .



- **Hipertermòfils:** Bacteris que habiten en ambients geotèrmics calents (mínim 80°C) amb un alt percentatge de sofre i acidesa. Presenten adaptacions moleculars que els permeten viure en aquestes condicions: tenen enzims i macromolècules estables a elevades temperatures, posseeixen una membrana amb lípids saturats de cadena llarga i presenten menys àcids grassos en membrana, en el seu lloc tenen glúcids. Generalment tenen un elevat percentatge de glicerina i citosina en el seu material genètic.



figura 9. bacteri termòfil *Thermus aquaticus*. Font: [wikipedia](#) (16/08/2021)

Aquests microorganismes compten amb mecanismes intrínsec i extrínsec que proporcionen estabilitat tèrmica a les proteïnes. Com a mecanisme intrínsec, entre d'altres, tenen la característica de formació de nuclis altament apolars; un centre hidrofòbic ajuda a excloure l'aigua de la regió interna de la proteïna, fent el centre més "enganxós" i més resistent a el desdoblament i al moviment proteic.

Com a mecanisme extrínsec tenen les xaperones, proteïnes d'alt pes molecular que mantenen la seva estructura i integritat funcional a altes temperatures, corregeixen el plegament de les proteïnes i ajuden a recuperar la conformació funcional de les mateixes; s'indueixen quan hi ha estrès ambiental i s'han trobat en tots els organismes termòfils estudiats.

- **Halòfils:** Bacteris que viuen en medis amb una alta concentració salina. Aquests microorganismes tenen la capacitat de regular la seva pressió osmòtica en relació amb el medi i resistir els efectes nocius de la sal, de la mateixa manera, els halòfils extrems no poden viure en un medi amb una concentració de clorur sòdic (NaCl)<sup>16</sup> menor al deu per cent.

Els halòfils són aerobis que mitjançant la respiració generen pràcticament tot l'ATP necessari, addicionalment també poden portar a terme una forma primitiva de fotosíntesi. A la membrana citoplasmàtica de diferents microorganismes halòfils, es diferencien unes taques anomenades membranes porpres que contenen el pigment bacteriorodopsina (un pigment semblant a la rodopsina, el pigment sensible a la llum dels ulls dels vertebrats). La bacteriorodopsina, quan actua amb un cofactor<sup>17</sup>, el retinal, converteix l'energia lumínica en energia química. Aquest

<sup>16</sup> Fórmula química de la sal comuna.

<sup>17</sup> És un compost químic no proteic o un ió metàl·lic que es requereix per a l'activitat d'un enzim com a catalitzador.

pigment utilitza l'energia lumínica per expulsar un protó de la cèl·lula i crear així un gradient de protons que pot ser emprat per generar ATP.

Aquests microorganismes compten amb una membrana semipermeable, la qual permet el transport de substàncies. Realitzen un procés d'osmosi que té com a objectiu aconseguir un medi isotònic, mateixa concentració de solut al medi intercel·lular com a l'extracel·lular.

L'aigua pot travessar la membrana però la majoria de substàncies dissoltes en ella, no. Si la concentració de soluts, per exemple de sal, és la mateixa a l'interior i a l'exterior, no hi ha cap problema. Les molècules d'aigua aniran entrant i sortint en la mateixa proporció. Però si la concentració de sal a l'exterior és més gran que a l'interior, les molècules d'aigua tendiran a sortir de la cèl·lula fins que les concentracions de sal s'igualin en els dos costats de la membrana. Com a resultat d'aquest fenomen la cèl·lula s'assecarà i morirà. Per evitar la mort cel·lular hem d'evitar la pèrdua d'aigua.

La solució a la que recorren els halòfils consisteix en acumular una substància soluble en aigua (ions potassi, glicina-betaïna, dimetilsulfonipropionat, etc.) en l'interior de la cèl·lula, en quantitats similars a las que hi han en l'exterior, però que permet el funcionament normal del metabolisme.

Són capaços de tornar a estructurar el seu material genètic inclús una vegada aquest ha sigut fragmentat.

### **4.3.2 EUBACTERIA (Bacteria).**

De la mateixa manera que el domini Archaea, són cèl·lules amb absència de nucli definit i unicel·lulars. Posseeixen una membrana cel·lular formada per una doble capa lipídica, de la mateixa manera que els eucariotes. En el cas dels bacteria, la bicapa embolcalla un interior aquós, anomenat citosol on es troba el material genètic de la cèl·lula i algunes proteïnes cel·lulars com els ribosomes (encarregats de la traducció de les proteïnes). Tot el seu ADN es troba en un sol cromosoma circular.

Aquest domini presenta peptidoglicà en la seva paret cel·lular i amb freqüència estan envoltades per una càpsula o matriu gelatinosa anomenada glicocàlix. Es tracta d'un component ric en carbohidrats que proporciona resistència vital a la bacteria (condicions adverses, patògens i antibiòtics).

Dins del domini bacteria, podem trobar organismes autòtrofs o heteròtrofs. La majoria de bacteris heteròtrofs són sapròfits, és a dir, s'alimenten de matèria orgànica en descomposició; d'altra banda podem trobar bacteris paràsits, els quals viuen dins o fora d'un altre organisme al qual

perjudica; o bacteris simbiòtics els quals estableixen una relació de benefici mutu amb un altre organisme.

En el cas de bacteris autòtrofs, podem trobar fotoautòtrofs o quimioautòtrofs, els quals poden o no dependre de la presència d'oxigen.

Existeixen subgrups dins del domini, segons si tenen o no paret cel·lular, hi destaquen els següents:

### Amb paret

- **Gram negatiu:** Els bacteris gramnegatiu tenen una paret bacteriana prima formada per peptidoglicà sense àcids teïcoics ni lipoteïcoics. A més la cèl·lula, esta envoltada per una membrana externa que conté el lipopolisacàrid, que envolta la capa de peptidoglicà i que defineix l'espai periplasmàtic.
- **Gram positiu:** Els bacteris grampositius tenen una paret bacteriana gruixuda (de 10 a 80 nm<sup>18</sup>) i formada per àcids teïcoics, per àcids lipoteïcoics i per diverses capes de peptidoglicà, que dona forma i rigidesa a la cèl·lula.

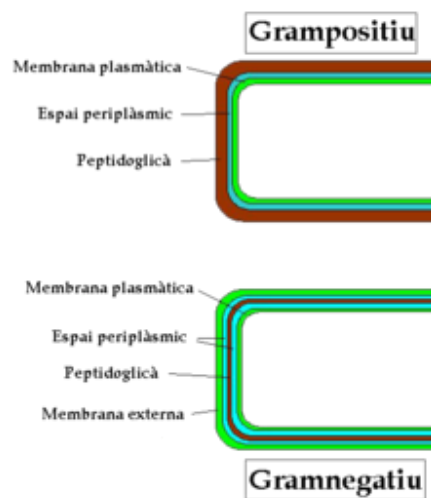


figura 10. comparació de les dues parets (gramnegatiu i grampositiu). Font: [wikipedia](#) (16/08/2021)

### Sense paret

- **Micoplasma:** És un gènere de bacteris que no tenen paret cel·lular. Sense aquesta paret cel·lular, no estan afectats per molts antibiòtics com la penicil·lina o altres que tenen l'objectiu d'atacar la paret cel·lular. Poden ser paràsits o sapròfits. Tenen un genoma amb un baix percentatge de C+G (citosina i guanina).

---

<sup>18</sup> Un nanòmetre equival a  $10^{-9}$  metres. És una unitat de longitud del SI utilitzada per mesurar unitats tan petites com bacteris o virus entre d'altres.



Nombroses espècies d'aquest gènere, són patògenes pels humans. *M. Pneumoniae*, és una causa important de pneumònia atípica i altres trastorns respiratoris, i *Mycoplasma genitalium*, que es creu esta involucrada en les malalties inflamatòries pèlviques. Poden arribar a causar o contribuir amb alguns càncers.

Alguns organismes pertanyents al gènere micoplasma, són capaços de tenir una forma helicoidal sense necessitat d'una estructura rígida (paret cel·lular).

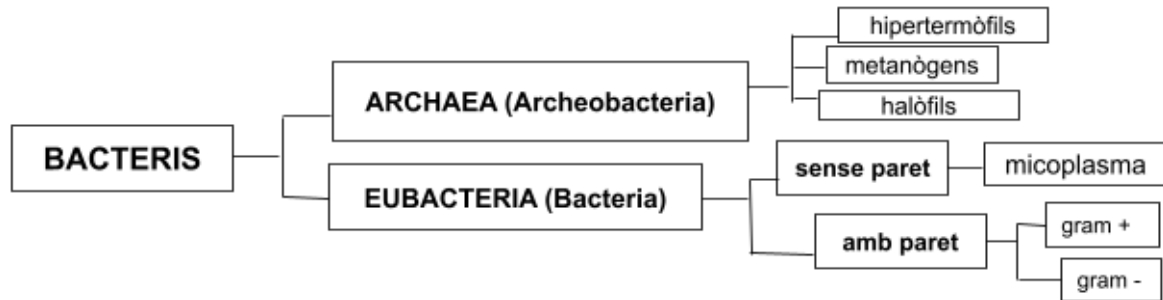


figura 11. Esquema resum de com es classifiquen els bacteris. (16/08/2021)

## 4.4 ELEMENTS ESTRUCTURALS DELS BACTERIS

Les cèl·lules procariotes estan formades per nombroses estructures externes i internes. Tot i no ser dotats de gairebé cap orgànul intern, disposen d'estructures externes que les diferencien d'altres tipus d'organismes.

Una d'aquestes estructures és la paret bacteriana, present només a les cèl·lules pertanyents al regne procariota. Aquesta paret és formada per un peptidoglicà anomenat mureïna. Aquesta macromolècula està formada per seqüències alternants de N-acetil-glucosamina (NAG) i l'àcid N-acetilmuràmic (NAM) formant una cadena llarga no ramificada.

Aquesta estructura aporta diverses funcions al bacteri, entre les quals destaquen:

- Evita la lisis cel·lular produïda per les pressions osmòtiques, és a dir, aporta protecció a la cèl·lula.
- Permet les diferents formes (abans mencionades) gràcies a la rigidesa de la paret. Sense aquesta rigidesa, el bacteri adquiriria forma esfèrica.
- És un lloc d'ancoratge, tan per altres bacteris com per el propi flagel de la cèl·lula.

Una altra estructura vital és la membrana cel·lular, també present en cèl·lules eucariotes.

Representa una barrera entre el medi extracel·lular i l'intracel·lular. Consisteix en una bicapa lipídica, formada per fosfolípids amfipàtics (conté un extrem hidròfil, soluble en aigua; i un extrem hidròfob, insoluble en aigua). Degut a la manca de membranes internes, tots els processos d'oxidació, fosforilació i transport d'electrons, tenen lloc en aquesta membrana. A més aquesta membrana presenta també un altre element estructural característic de cèl·lules procariota, els mesosomes, unes invaginacions de la membrana plasmàtica que formen vesícules. Encara que se l'hi ha atribuït diverses funcions, avui dia, es desconeix la funció exacta tot i que hi ha hipòtesis que consideren que els mesosomes són artefactes generats durant la fixació química dels bacteris per la seva observació al microscopi electrònic.

La membrana cel·lular compleix amb la funció de barrera osmòtica, té permeabilitat selectiva i permet la ingesta de nutrients i la sortida de rebuig per mecanismes de transport actiu (despesa energètica en forma d'ATP) i passiu (sense despesa energètica).

A més de la paret bacteriana i la membrana citoplasmàtica, trobem altres elements externs propis del regne procariota. Aquests elements són facultatius, és a dir hi ha organismes que poden tenir-ne i d'altres que no, ja que no són imprescindibles per a la supervivència.

- **Càpsula:** És un element extern no vital, la seva pèrdua no s'associa amb la viabilitat cel·lular, però sí amb canvis de morfologia colonial i pèrdua de la virulència bacteriana. Generalment és formada per polisacàrid encara que hi ha espècies que tenen una càpsula formada per lípids.

La càpsula té com a objectiu protegir la cèl·lula de la fagocitosi, principal mecanisme de defensa que posa en joc l'hoste davant la presència de bacteris capsulats. Una resposta immunitària ràpida és la producció d'anticossos específics que s'adhereixen a la càpsula per agilitzar el procés de fagocitosi.

Els bacteris que produeixen càpsula formen en els mitjans sòlids colònies aquoses, mucoide (M) o llises (S), en canvi, els ceps rugosos (R) no produeixen càpsula.

- **Flagels:** Els flagels són filaments proteics, helicoidals, prims i rígids, de longitud i diàmetre uniforme, responsables de la mobilitat del bacteri. Per poder observar-se han de tenyir-se amb tècniques especials per augmentar el seu gruix.

Aquests tenen tres parts: el filament, el ganxo i el cos basal. El primer sobresurt de la superfície bacteriana i s'uneix a el ganxo, que està fix a el cos basal. Aquest últim està ancorat a la membrana plasmàtica i està compost per un cilindre i dos o més anell contigus a la membrana plasmàtica, el peptidoglicà i, en els bacteris gramnegatius, a la membrana externa.

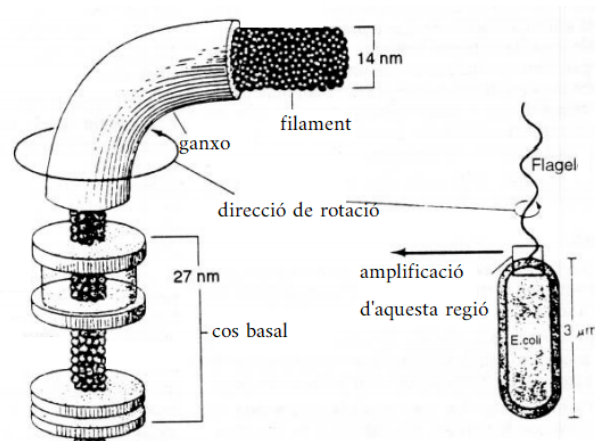


figura 12. Parts del flagel. Font: <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/MorfologiayEstructuraBacteriana.pdf>. (20/08/2021)

Els flagels poden variar de nombre, un bacteri pot presentar des d'un fins a centenars de flagels. Les espècies bacterianes difereixen segons el nombre i posició d'aquests. Els models de distribució dels flagels són útils per identificar els bacteris. Hi destaquen:

- **Monòtric:** Un sol flagel situat en un extrem del bacteri i s'anomena polar.
- **Anfítric:** Dos flagels situats en cada extrem polar.
- **Lofòtric:** Un grup de flagels situats en un sol extrem del bacteri.
- **Perítric:** Flagels distribuïts uniformement al voltant del bacteri.
- **Endospores:** Són estructures que es desenvolupen dins de la cèl·lula i ofereixen una major resistència a situacions vitals estressants com la calor, o radiació.

D'altra banda trobem diversos elements ubicats en el medi intercel·lular (dins de la cèl·lula). En primer lloc, el citoplasma, una solució aquosa i viscosa que conté soluts orgànics i inorgànics i elements especialitzats com ribosomes, material genètic i cossos d'inclusió. Alguns dels orgànuls que conté són el següents:

- **Cossos d'inclusió:** Són grànuls de material orgànic o inorgànic, algunes vegades envoltats de membrana. En general funcionen com a emmagatzematge de compostos energètics que són utilitzats com a font d'energia. Sovint les inclusions es poden veure directament amb el microscopi de llum sense tincions especials.
- **Plasmidis:** Constitueixen el material genètic extracromosòmic. Són seqüències curtes de DNA circular bicatenari, poden o no estar presents i es poden replicar independentment

del DNA cromosòmic. No són essencials per la vida però generalment proporcionen ventatges selectives, com per exemple: resistència a antibiòtics, noves capacitats metabòliques, patogèniques (quan codifiquen per factors de virulència com toxines, etc.) o altres nombroses propietats.

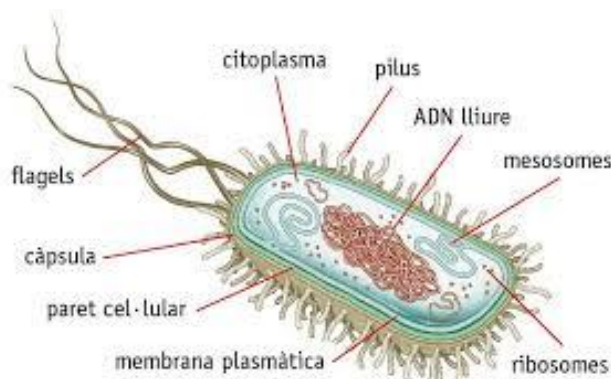


figura 13. Parts d'un bacteri. Font: [https://mestreacasa.gva.es/c/document\\_library/get\\_file?folderId=500022362512&name=DLFE-1877825.pdf](https://mestreacasa.gva.es/c/document_library/get_file?folderId=500022362512&name=DLFE-1877825.pdf) (22/08/2021)

## 4.5 TINCIÓ DE GRAM

La tinció de gram és una tècnica de laboratori dissenyada per Christian Gramen l'any 1884. L'objectiu d'aquesta tinció és aconseguir una prova amb la que sigui possible diferenciar dos grans grups de bacteris per poder estudiar-los i identificar-los.

Segons la distribució del peptidoglicà que constitueix la paret bacteriana, es tenyeixen d'una forma o d'una altra. Les que no aconseguen tenir-se es denominen bacteris gramnegatiu, així doncs les que si ho aconseguen són bacteris grampositiu.

### 4.5.1 Bacteris gram –

La paret bacteriana d'aquests consta de tres parts: La membrana plasmàtica, l'espai periplasmàtic que engloba una fina capa de peptidoglicà i la membrana externa. Aquesta última és exclusiva dels bacteris gramnegatiu, és formada per una bicapa lipídica constituïda per una molècula amfipàtica: El lipopolisacàrid (LPS) o endotoxina.

Una de les funcions més importants de la membrana és funcionar com a barrera protectora. Evita o disminueix l'entrada de sals biliars, antibiòtics i d'altres substàncies tòxiques que podrien destruir o lesionar el bacteri. La membrana externa és més permeable que la plasmàtica i conté porines, proteïnes integrals o transmembrana que faciliten el transport de petites molècules.

## 4.5.2 Bacteris gram +

La paret bacteriana d'aquests està formada per una capa gruixuda de peptidoglicà.

No obstant això, aquestes cèl·lules contenen també una gran quantitat d'àcid teicoic: polisacàrids que s'uneixen a l'àcid N-acetilmuràmic o als lípids de la membrana plasmàtica. En aquest últim cas es denomina àcid lipoteicoic. Ambdós tenen funció estabilitzadora.

La superfície externa del peptidoglicà dels bacteris grampositius estan generalment envoltades de proteïnes. Els diferents grups de bacteris grampositius i les diferents espècies difereixen en la composició de les proteïnes i d'àcids teicoics; això és útil per la seva identificació.

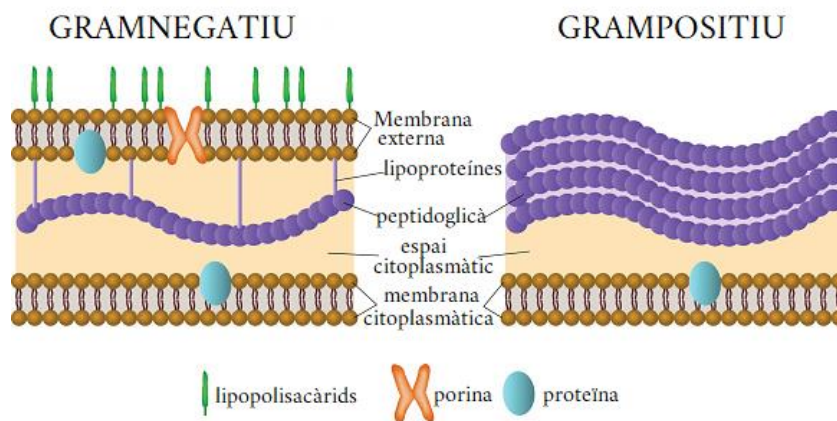


figura 14. Comparació de les diferents parts de la paret bacteriana. Font: <https://www.istockphoto.com/es/vector/gram-positiva-y-bacterias-gramnegativas-gm518294121-49051886> (24/08/2021)

Les grampositives seran del color del cristall violeta i les gramnegatives quedaran del color de la safranina, és a dir un color fúcsia.

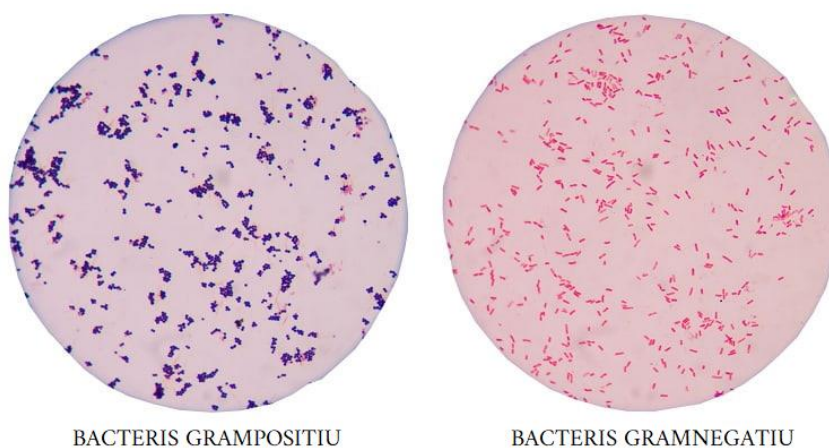


figura 15. Diferència sota el microscopi. Font: <https://diferencias.info/diferencia-entre-bacterias-gram-positivas-y-negativas/> (23/08/2021)

## 4.6 FONAMENTS DE LA TINCIÓ DE GRAM

La diferència entre ambdós bacteris es troba en la naturalesa física de les seves respectives parets bacterianes. El peptidoglicà no es tenyeix per si mateix, més aviat actua com a barrera de permeabilitat per evitar la pèrdua de cristall violeta. Durant el procés de coloració els bacteris es tenyeixen primer amb cristall violeta i després es tracten amb iodur per afavorir la retenció del colorant. En la decoloració amb etanol, l'alcohol contrau els porus de la capa gruixuda de peptidoglicà (gram+) i reté el complex; així els bacteris adquireixen color violeta.

Per contra, la capa de peptidoglicà dels bacteris gramnegatius és molt fina, amb menys enllaços i amb porus de major grandària. A més, és possible que el tractament amb alcohol extregui suficients lípids de la membrana externa com per augmentar la seva porositat. Per aquests motius l'alcohol s'elimina més fàcilment el complex cristall violeta iodur en els bacteris gramnegatius.

## 4.7 MORFOLOGIA EXTERNA DELS BACTERIS

Els bacteris són microorganismes relativament senzills, però tot i així, existeix una àmplia varietat de mides i formes de procariotes. Les diferents morfologies que poden presentar aquests organismes, han permès establir un criteri per a la seva classificació.

Els següents paràmetres són alguns dels que es tenen en compte a l'hora d'identificar-los, però també existeixen altres mètodes com la tinció de gram, activitat metabòlica, formació o no d'endospores, disposició del flagel, creixement,...

### 4.7.1 Mida

La mida dels bacteris oscil·la entre les 0.5 i 3 micres, podent arribar en alguns tipus a 10 micres. Els bacteris d'interès mèdic tenen una mida entre 0.4 i 2 micres. Només són visibles llavors, al microscopi òptic o microscopi electrònic. Són més grans que un virus però més petits que una cèl·lula eucariota.

### 4.7.2 Forma

La forma bacteriana ve determinada per la rigidesa de la seva paret cel·lular. Es poden classificar en:

- **Cocs:** Bacteris que presenten formes esfèriques i formen agrupacions homogènies. Aquestes agrupacions poden ser:
  - **Diplococs:** Cocs agrupats per parelles.
  - **Tètrades:** Cocs que es divideixen en dos direccions perpendiculars, formant una agrupació en una disposició quadrada.

- **Sarcines:** Cocs que es divideixen en tres direccions perpendiculars, formant una disposició semblant a la d'un cub.
  - **Estreptococs:** Cocs que formen una cadena.
  - **Estafilococs:** Cocs que, per la seva agrupació, formen una estructura semblant al raïm.
- **Espirals:** Aquest tipus de bacteri es caracteritza per presentar una forma corba, algunes poden arribar a tenir forma d'hèlix. Dins d'aquest grup es classifiquen:
    - **Vibrions:** Espirils curts, generalment amb forma de coma.
    - **Espirils:** Aquests bacteris, relativament rígids, presenten una forma helicoidal; es mouen a través de flagels externs donant voltes sobre el seu eix.
    - **Espirocoquetes:** Forma helicoidal amb un cos flexible. Es mouen gràcies a filaments axials que són flagels periplasmàtics, el que els permet donar voltes sobre el seu eix.
  - **Bacils:** Bacteris que formen agrupacions heterogènies. Poden ser cilíndrics, en forma de bastó, llargs i prims, petits i gruixuts, també poden presentar variacions en els seus extrems podent ser rectes, afilats o arrodonits. Segons com es mantinguin units poden ser:
    - **Diplobacils:** Bacils agrupats en parelles.
    - **Estreptobacils:** Agrupació semblant a una cadena.
    - **Palissada:** Bacils agrupats en paral·lel.
    - **Formes filamentoses:** Bacils que creixen en forma de fibres i adquireixen diferents disposicions, a aquesta formació també se l'anomena lletres xineses.
  - **Cocobacils:** Bacils de reduïda llargada que poden ser confosos amb cocs.
  - **Altres formes:** Forma estrellada, rectangular i planes, en forma de pera, i finalment a cèl·lules que formen peduncles no cel·lulars.

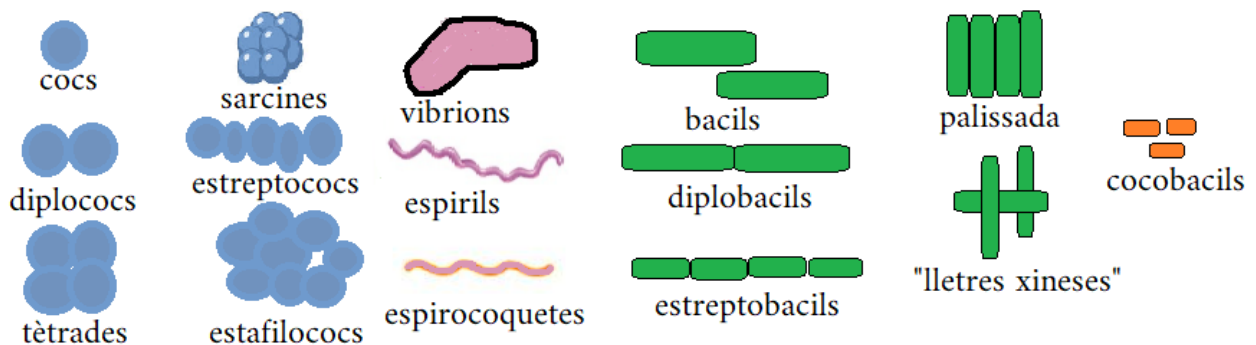


figura 16. Tipus de morfologies bacterianes. Font pròpia (16/0/2021)

CAPÍTOL 3: L'ATMOSFERA.  
L'ALLOTJAMENT DE  
PSEUDOMONAS SYRINGAE



## 5.1 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol centrarem en l'objectiu d'aquest treball de recerca, l'espècie bacteriana principal nucleadors de gel, *Pseudomonas Syringae*. D'aquest bacteri explicaré les seves característiques principals i les quals aporten informació per la posterior identificació; com funciona la proteïna que actua com a nucli de condensació i per acabar, la morfologia de les seves colònies. Per tal de tenir-ho més present, explicaré les capes que componen l'atmosfera, centrant-me en la troposfera, i algunes de les seves característiques.

## 5.2 L'ATMOSFERA

L'atmosfera és el conjunt de gasos que envolten el planeta o cos celeste de massa suficient, i que es manté en el seu lloc per efecte de la gravetat. Entre les seves funcions, hi destaquen les següents:

- Proporciona els gasos vitals pels ésser vius.
- Forma part del cicle hidrològic.
- Serveix de protecció contra els raigs còsmics.
- Distribueix l'energia solar per tot el planeta.

Té un gruix d'aproximadament 1000km i es divideix en diferents capes en funció de la temperatura i per consegüent, l'altura: Troposfera, estratosfera, mesosfera i termosfera.

- **Troposfera:** Té un gruix aproximat de 10-15km. Conté, de forma aproximada, el 75% dels gasos totals atmosfèrics. En aquesta capa, es produeixen un importants moviments verticals i horitzontals d'aire (vent), es dispersen la major part de contaminants i és on tenen lloc els fenòmens meteorològics.

En l'extrem superior d'aquesta, es troba la tropopausa, una superfície ideal que marca el principi de la estratosfera. La temperatura a la tropopausa arriba als  $-57^{\circ}\text{C}$ .

- **Estratosfera:** Té un gruix de 35km. S'hi distingeixen dues parts: l'estratosfera inferior, on la temperatura és constants; i la estratosfera superior, on la temperatura augmenta d'acord amb l'ascens, podent arribar als  $60^{\circ}\text{C}$  en el seu punt més alts, el qual coincideix amb la estratopausa.

L'augment de temperatura en aquesta capa té relació amb la presència de la capa d'ozó ( $\text{O}_3$ ). Aquesta capa gasosa absorbeix gran part de la radiació ultraviolada procedents del sol.

- **Mesosfera:** La capa té una extensió de 50km, on la temperatura torna a ascendir fins un mínim de 85°C.
- **Termosfera:** També coneguda com ionosfera per la capacitat que tenen les radiacions ultraviolada de dissociar molècules de nitrogen i oxigen. Aquí les temperatures arriben a uns 1500°C.

A partir dels 600 als 800km, comença la exosfera la qual representa un 1% de la massa total atmosfèrica. Conté gasos en estat atòmic.

## 5.3 LA TROPOSFERA I ELS BACTERIS

Com hem mencionat amb anterioritat, a la troposfera és on tenen lloc la majoria, si no tots, els fenòmens meteorològics, i de la mateixa manera, la formació de núvols. Els núvols són aerosols formats per una mescla de gasos i partícules microscòpiques (pols, carbó, sal marina, i d'altres).

Coneixem que els núvols es formen per la condensació del vapor d'aigua. No obstant aquest vapor d'aigua requereix de petites partícules en suspensió, que permetin l'agregació de molècules d'aigua, les anomenades nuclis de condensació dels núvols (NCCs).

Cada cop hi ha més proves científiques de l'existència de bacteris NCC localitzats a l'alta troposfera (la capa més baixa de l'atmosfera Terrestre). Un d'aquests bacteris més conegut i estudiat és el patògen *Pseudomonas Syringae*, un bacteri que secreta una proteïna que promou la condensació i formació de gel a temperatures properes a 0°C. També coneguda per la quantitat d'espècies vegetals a les que infecta.

S'ha vist que els bacteris viables (per PCR quantitativa<sup>19</sup> i microscòpia d'epifluorescència<sup>20</sup>) a uns 10 km d'alçada representen un 20% de les partícules totals de mides entre 0,25 i 1 nm. Aquestes dades suggereixen que els bacteris són una fracció important i subestimada de les micropartícules dels aerosols<sup>21</sup> atmosfèrics.

El microbioma troposfèric té una bona varietat de taxons (grup d'organismes emparentats) bacterians que varien dinàmicament segons les turbulències atmosfèriques i en presència d'huracans.

---

<sup>19</sup> La PCR quantitativa és una modificació de la tècnica de PCR convencional que permet quantificar la quantitat inicial d'un fragment d'ADN present en la mostra original, ja sigui DNA o RNA.

<sup>20</sup> En un microscopi d'epifluorescència a diferència d'un microscopi òptic convencional, la llum incideix sobre la mostra. El seu funcionament es basa en la propietat de fluorescència de determinades molècules anomenades fluorocroms amb les que marquen les mostres per ser observades específicament.

<sup>21</sup> Suspensió de partícules fines sòlides o líquides en un gas.

Tanmateix, hi ha partícules que ajuden a la condensació del vapor d'aigua d'origen no biològic com: pols, cendres, sulfats i nitrats; però les més actives existeixen de manera natural i tenen origen biològic, i són capaces de catalitzar la formació de gel a temperatures altes com a dos graus centígrads sota zero.

## 5.4 PSEUDOMONAS SYRINGAE

*Pseudomonas Syringae* és un bacteri gramnegatiu i oxidasa negatiu, tenen forma de bacil amb flagels polars; són aeròbics estrictes encara que poden tolerar nitrats com acceptors d'electrons.

Formen colònies rodones de color blanc.

Pel contrari, no poden viure en un substrat que presenti un pH àcid (4.5 o inferior).

Pertanyen al super regne procariota i regne bacterià. Provoca malalties en nombroses plantes com ara en *Solanum lycopersicum* (tomàquet). Entre d'altres

característiques, produeix la proteïna Ina (*ice nucleation-active*) que fa que l'aigua glaci amb major facilitat a elevades temperatures. Recentment s'ha descobert la seva importància meteorològica en la producció de pluja i neu i s'ha pogut observar la seva presència en pedres de gel de les pedregades.

Els bacteris de nucleació de gel (INA) són els nucleadors de gel més efectius coneguts. Utilitzen proteïnes nucleadores de gel (INP) adherits a la membrana bacteriana externa. Aquesta espècie, *Pseudomonas Syringae*, congela l'aigua a temperatures de  $-2^{\circ}\text{C}$ , per tant aquest bacteris tenen un rellevat paper atmosfèric, especialment en núvols que estan en fase mixta o baixa altitud on les partícules abiòtiques són partícules nucleadores de gel molt menys efectives que els bacteris.

Tant així que no només tenen importància biològica, sinó que són comercialitzats per afavorir la producció de neu artificial, la conservació d'aliments, la criomedicina (us terapèutic a baixes temperatures) i les tecnologies de congelació.

Avui dia, encara hi ha una important manca d'evidències experimentals del funcionament d'aquestes proteïnes nucleadores de gel. Tot i que la seqüència InaZ (la proteïna nucleadora de *p. syringae*) es coneix des de fa uns trenta anys, no està clar el seu plegament.

InaZ es torna a ordenar a baixes temperatures, i per tant, augmenta el contacte amb les molècules d'aigua i per consegüent suggereixo que augmenta l'activitat de nucleació de gel.

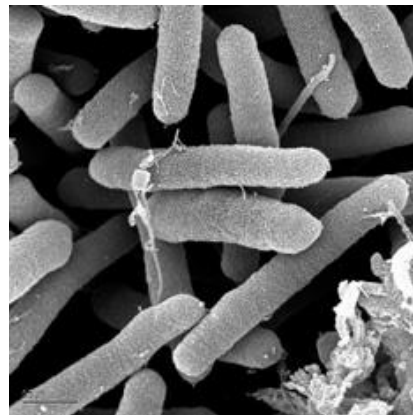


figura 17. *Pseudomonas syringae*. Font: [http://prgdb.crg.eu/wiki/Species:Pseudomonas\\_syringae\\_pv.\\_syringae](http://prgdb.crg.eu/wiki/Species:Pseudomonas_syringae_pv._syringae) (13/09/2021)

### 5.4.1 PROTEÏNA NUCLEADORA InaZ

Recapitulant, *P. Syringae* és un bacteri nucleador de gel de gran importància que a més a més, degut a les gelades i pedregades, infecta a diverses espècies vegetals com la tomaquera.

InaZ són glicoproteïnes que poden trobar-se a la membrana externa mitjançant un ancoratge de glicosilfosfatidilinositol. Són capaces de mimetitzar la estructura d'un nucli de gel, actuant com a motlle de formació d'aquest.

Aquesta proteïna obté nutrients de les plantes gràcies a que les baixes temperatures trenquen la paret cel·lular vegetal i els hi facilita la seva penetració. Quan aquesta aigua de gel s'evapora i és transferida a l'atmosfera condueixen la nucleació del gel dins dels núvols i poden afectar als patrons globals de precipitació.

Amb diversos estudis s'ha observat que les repeticions gelades d'Inaz adopten una estructura similar a les proteïnes anticongelants dels insectes. En aquesta configuració l'enllaç que uneix la molècula d'aigua amb la proteïna imposa una alineació de les molècules al llarg de repeticions de quaranta-vuit aminoàcids, que consisteix en setze residus repetits, on l'octàmer (vuit proteïnes histones que formen un nucli necessari per l'enrotllament posterior de l'ADN) es conserva AGYGSTxT.



figura 18. Proteïna InaZ. Font: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-21349-3> (13/09/2021)

## CAPÍTOL 4: DE L'ATMOSFERA A LA COLUMNA DE VINOGRADSKI

## 6.1 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol explicaré tot el procés fins a la construcció de la columna de Vinogradski. L'objectiu d'aquest apartat és donar a conèixer com vaig recollir l'aigua i el substrat de la columna, explicar els fonaments teòrics de la columna de Vinogradski i l'informe de pràctica d'aquesta.

Així doncs, ubicaré els diferents lloc d'on he recollit l'aigua i presentaré la qualitat de l'aire mitjana de cada localització.

D'altra banda, explicaré extensament que és una columna de Vinogradski, per a que serveix i que permet observar i estudiar. La formació dels diferents estrats o zones i les característiques de cadascun d'ells. I concloure l'apartat amb un anàlisi de les dades obtingudes.

## 6.2 RECOLLIDA D'AIGUA

L'aigua és la base de la part pràctica de meu treball, per consegüent, vaig decidir recollir aigua de zones geogràfiques diferents pel que fa a la qualitat o puresa de l'aire per així comprovar que aquest bacteri és present a totes les localitzacions i no només a les zones més naturals com podria ser un bosc. Així doncs, vaig recollir aigua de: Riells i Viabrea, un bosc, Puigcerdà i Barcelona (Observatori Fabra).

Per recollir l'aigua necessitem:

### MATERIALS:

- Quatre pots de vidre amb tapa
- Drap atapeït
- Goma elàstica
- Alcohol 96°
- Aigua
- Recipient gran per bullir
- Fogó

### PROCEDIMENT:

1. Omplir d'aigua una olla gran i posar a foc.
2. Introduir els pots i les tapes ben coberts per l'aigua (uns 3-4 dits).
3. Bullir els pots i els draps per d'obtenir materials el màxim esterilitzats possibles.
4. Amb una mica d'alcohol rentar la goma, amb el mateix propòsit d'esterilitzar-la.
5. Col·locar el drap a la boca del pot i posteriorment la goma al voltant del drap i tapar.
6. Guardar en un lloc sense humitat fins el moment de la recollida d'aigua.

### 6.2.1 Riells i Viabrea

Riells i Viabrea és un municipi de la comarca de la Selva a la província de Girona.

La recollida de Riells va dur-se a terme al meu propi domicili. Al jardí.



figura 19. Pot recollida d'aigua a Riells i Viabrea. Font pròpia (28/10/2021)

### 6.2.2 Bosc

El bosc té una font, anomenada font de l'Avet. La seva aigua prové de la fusió de la neu del Montseny i de la mateixa humitat que aquesta muntanya desprèn i per tant és una aigua sense tractament químic (no potable) i totalment natural.

Aquest bosc va proporcionar el substrat de les columnes de Vinogradski i també l'aigua per aquestes.

### 6.2.3 Puigcerdà

Puigcerdà és una vila que pertany a la província de Girona. Es situa a una altitud de mil dos-cents dos metres. El pot va ser col·locat al balcó del pis d'un conegut.

### 6.2.4 Barcelona (observatori Fabra)

Barcelona és una ciutat a la costa mediterrània de la península Ibèrica i capital de la comunitat



figura 20. Façana de l'edifici de l'observatori Fabra. Font pròpia. (17/08/2021)

catalana. Aquesta vegada, la recollida no va dur-se a terme en el centre urbà, sinó a l'observatori Fabra. L'observatori Fabra és un observatori astronòmic situat a quatre-cents onze metres sobre el nivell del mar. Es ubica a un contrafort del Tibidabo i fou fundat l'any 1904. Aquest observatori té un objectiu climàtic, no de previsió, i una jornada laboral de vint-i-quatre hores. Les dades que extreuen són enviades al servei de meteorologia de Catalunya (Meteo.cat) i a Espanya (AEMET).

“Els instruments clàssics són la referència, els digitals són suport” va comentar Alfons Puertas Castro, meteoròleg de l'observatori. Així doncs, els pluviòmetres de l'observatori tenen un diàmetre de dos-cents centímetres i un embut que evita l'evaporació de l'aigua. L'aigua entra per l'obertura del



figura 21. Pluviòmetre de l'observatori Fabra. Font pròpia (17/08/2021)

pluviòmetre i llisca per l'embut, que té un forat petit i profund, on l'aigua queda "tancada". Aquests són revisats cada sis hores.

Tot i així i amb la intenció de no alterar gaire la contaminació del recipient, no vam utilitzar els pluviòmetres sinó que ens van proporcionar accés a la terrassa superior. Allà vaig deixar el pot.

## 6.3 LES QUALITATS D'AIRE

Per l'estudi de les qualitats d'aire de les diferents zones, buscaré els valors de  $\text{NO}_2$ <sup>22</sup>,  $\text{PM}_{2,5}$ <sup>23</sup> i  $\text{PM}_{10}$ <sup>24</sup>

Desde l'Organització Mundial de la Salut, s'han establert uns paràmetres recomenats per cadascun dels contaminants.

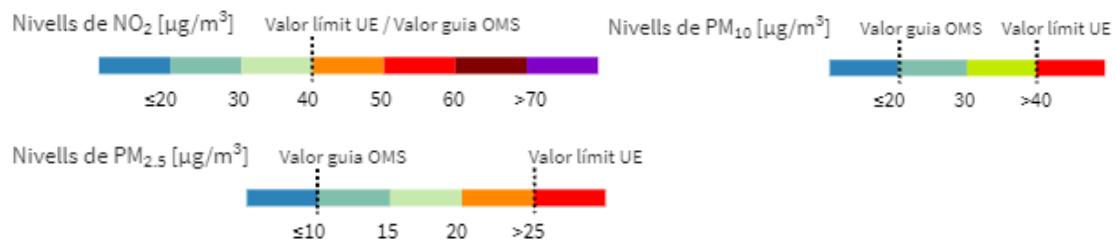


Figura 22. Valors de la qualitat d'aire recomanable segons la OMS i límits segons la UE. Font: <https://ajuntament.barcelona.cat/mapes-dades-ambientals/qualitativa/ca/> (23/08/2021)

### VALORS DE LA QUALITAT DE L'AIRE ANUALS:

	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	de NO <sub>2</sub>
<b>Observatori Fabra</b>	≤20 µm/m <sup>3</sup>	≤ 10 µm/m <sup>3</sup>	≤20 µm/m <sup>3</sup>
<b>Riells i Viabrea</b>	9 µm/m <sup>3</sup>	9 µm/m <sup>3</sup>	3 µm/m <sup>3</sup>
<b>Puigcerdà</b>	9 µm/m <sup>3</sup>	12 µm/m <sup>3</sup>	3 µm/m <sup>3</sup>

taula 3. Valors de la qualitat d'aire (valors anuals). Font pròpia (25/10/2021)

<sup>22</sup> Gas tòxic i irritant provinent de la unió d'un àtom de nitrogen i dos d'oxigen. La formació d'aquest gas per part de l'home prové de la combustió d'alguns motos Diesel.

<sup>23</sup> Micro partícules de 2,5 micròmetres provinents de la combustió de fusta, automòbils, camions i fàbriques.

<sup>24</sup> Partícules en suspensió de mida d'entre 2,5.10 micròmetres, formades principalment per compostos inorgànics com silicats, aluminis i metalls pesants, així com material orgànic associat a partícules de carboni.



## 6.4 SUBSTRAT

Com he mencionat anteriorment, el bosc ens va proporcionar el substrat necessari per les quatre columnes de Vinogradski.

La font forma un rierol que baixa pel camí de sorra creant una massa de fang, fulles i petites branques.

Per intentar ajustar al màxim l'objectiu d'aquest estudi, és a dir, els bacteris *Pseudomonas Syringae*, vaig deshidratar el substrat per intentar eliminar microorganismes externs.

Per recollir i deshidratar el substrat necessitem:

### MATERIALS:

- Dues ampolles (una de 5l i l'altra de 2l)
- Embut (pot ser el coll d'una altra ampolla)
- Safates d'alumini
- Cúter
- Pala
- Forn d'assecat del laboratori

### PROCEDIEMNT:

1. Retallar la part superior d'una ampolla de 2l.
2. Col·locar el coll de l'ampolla a l'ampolla de 5l.
3. Agafar el fang del rierol amb l'ajut d'una pala.
4. Distribuir l'ampolla de fang a safates d'alumini (tantes com fang hi hagi, en el meu cas cinc safates).
5. Esterilitzar al forn d'assecat del laboratori a 120°C durant tres hores.<sup>25</sup>



figura 23. Forn d'assecat del laboratori amb tres safates de substrat . font pròpia (08/11/2021)

---

<sup>25</sup> Segons les dades per pasteuritzar un substrat.

## 6.5 LA COLUMNA DE VINOGRADSKI (teoria)

La columna de Vinogradski és la representació “*in vitro*” d’un ecosistema. Aquesta simula un microecosistema o microambient que il·lustra com els microorganismes, presents en l’aigua, ocupen microespais altament específics en relació amb les seves necessitats vitals, com ara: requeriment de carboni, energia i oxigen, així com la interdependència<sup>26</sup>.

Va ser un dispositiu inventat per Sergei Winogradsky i Martinus Willen Beijerinck que van ser els primers microbiòlegs a investigar les relacions entre diferents tipus de microorganismes en comunitats mixtes.

Aquesta columna permet:

- Observar la presència de diferents microorganismes amb diferent activitat metabòlica en un mateix espai.
- La participació i funció dels microorganismes en diferents cicles biogeoquímics.

Les columnes de Vinogradski es preparen amb mostres d’un sòl humit, els quals són enriquits amb compostos orgànics i inorgànics i finalment exposats a una font de llum natural (llum solar). Passades les tres o quatre setmanes d’incubació augmenta la quantitat dels diferents microorganismes, d’acord amb les seves característiques fisiològiques s’estableixen en les diferents zones al llarg de la columna, el que es coneix com a successió. D’aquesta manera, el resultat és una columna estratificada per colors, on cada estrat o color es relaciona amb un procés químic-biològic.

### 6.5.1 LES CARACTERÍSTIQUES DE CADA ESTRAT

A la zona inferior de llots es desenvolupen organismes fermentadors que produeixen alcohol i àcids grassos com a subproductes del seu metabolisme. Aquests productes de "rebuig" constitueixen el substrat per al desenvolupament de bacteris reductors de sulfat, els quals com a resultat del seu metabolisme alliberen sulfurs que difonen a la zona superior oxigenada creant un gradient en el qual es desenvolupen bacteris fotosintètics que utilitzen el sofre.

---

<sup>26</sup> Necessitat d’altres organismes que habiten en el mateix espai per garantir la seva supervivència.



figura 24. Mapa conceptual de les característiques de la zona inferior. Font pròpia (16/09/2021)

Per sobre d'aquesta zona poden desenvolupar-se els bacteris porpra que no utilitzen el sofre i que obtenen la seva energia de reaccions lluminoses, però que fan servir àcids orgànics com a font de carboni per a la seva síntesi cel·lular.

Finalment, a la zona aeròbia creixen les Cianobacteris i algues les quals com a producte del seu metabolisme alliberen oxigen. També poden créixer bacteris que oxiden compostos de sofre i del nitrogen fins sulfats i nitrats respectivament. Tots aquests grups sintetitzen la seva matèria orgànica a partir de el  $\text{CO}_2$ .

## 6.6 ZONA ANAERÒBICA

Es troba a la part més baixa de la columna, allà hi creixen dos tipus d'organismes: els que fermenten la matèria orgànica i es que realitzen la respiració anaeròbica. Ambdós descomponen la matèria orgànica i donen lloc a la formació d'àcids orgànics, alcohols i hidrogen ( $\text{H}_2$ ).

### què és la fermentació?

Per poder continuar entenent la zona anaeròbica, necessitem saber què és la fermentació. Anomenem fermentació al procés d'obtenció d'ATP mitjançant **reaccions redox** on el producte a reduir és el NADH i oxida a  $\text{NAD}^+$ . Aquest procés es caracteritza per l'absència d' $\text{O}_2$ , és a dir, el acceptor final d'electrons del NADH produït per la glucòlisi no és l'oxigen, sinó un compost orgànic que reduirà per poder reoxidar el NADH a  $\text{NAD}^+$ .

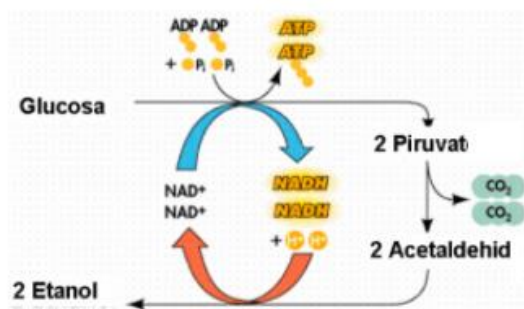


figura 25. Reaccions d'oxidació. Cicle de fermentació. Font: <https://sites.google.com/site/catabolizaconmigo/3---catabolismo-de-glucidos/4---fermentacion/4-2-fermentacion-alcoholica> (27/10/2021)

La respiració anaeròbica és un procés en el que els substrats orgànics són completament degradats a  $\text{CO}_2$ , utilitzant una substància diferent a l'oxigen com acceptor terminal d'electrons. El nivell més baix d'aquesta zona es caracteritza per formar un ambient amb una alta concentració d'àcid sulfhídric ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Tots els bacteris pertanyents a aquesta zona no comencen a créixer fins que desapareix totalment l'oxigen de l'ambient. Una mica per sobre es troben els bacteris reductors de sofre representats per una densa capa negra. Aquests poden utilitzar els subproductes de la fermentació per la respiració; generant grans quantitats d' $\text{H}_2\text{S}$ . L' $\text{H}_2\text{S}$ , reacciona amb qualsevol ferro present al sediment, produint sulfur de ferro ( $\text{FeS}$ ), que dona aquest color negre característic dels sediments aquàtics.

## 6.7 ZONA MICROAERÒFILA

No tot l'àcid sulfhídric és utilitzat, algunes quantitats es transmeten al llarg de la columna i són utilitzats per altres organismes que creixen en zones més superficials.

En aquest estrat es desenvolupen bacteris porpra. Aquests bacteris del sofre, verds i porpres, obtenen energia mitjançant les reaccions lluminoses i produeixen els seus materials cel·lulars a partir del  $\text{CO}_2$ . Semblant a la fotosíntesi de les plantes<sup>27</sup>.

Sobre aquesta zona, ens trobem una banda de bacteris porpres que només poden realitzar la fotosíntesi en presència d'una font de carboni orgànic. La seva major o menor abundància depèn de la quantitat de sulfhídric que s'hagi produït i no hagi sigut utilitzat per altres organismes

## 6.8 ZONA AERÒBIA

La part més superficials de la columna pot contenir nombroses poblacions de bacteris de molts tipus. Són organismes aeròbics que es troben, generalment, en habitats aquàtics en matèria orgànica (llacs amb poca profunditat, rierols contaminats, etc.). És la zona més rica en oxigen i amb més manca de sofre. Pel contrari, a aquesta zona arribaran, per difusió, procedents del substrat de les zones anteriors, certes quantitats d' $\text{H}_2\text{S}$  que serà oxidat a sulfat per bacteris oxidadors de sofre. Sintetitzen la seva pròpia matèria orgànica a partir del  $\text{CO}_2$ . Quimioautòtrofs.

---

<sup>27</sup> Semblant perquè els bacteris no produeixen oxigen durant la fotosíntesi perquè no utilitzen aigua com element reductor sinó  $\text{H}_2\text{S}$

En les zones superiors poden créixer també cianobacteris fotosintètics, el que es visualitzarà com una cobertura de gespa verda. Aquests bacteris es caracteritzen per ser els únics que realitzen una fotosíntesi similar a la de les plantes.

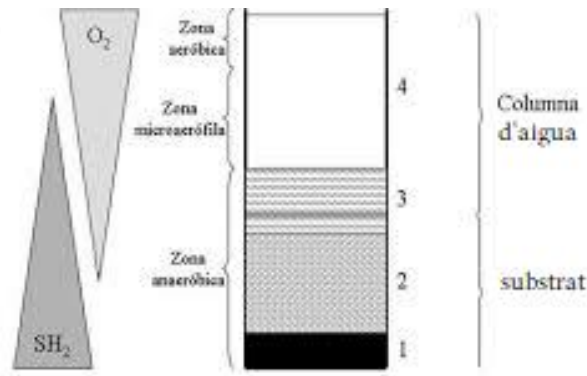


figura 26. Dibuix esquemàtic de la variació de gasos al llarg de la columna i les diferents zones. Font: [https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria24/feria298\\_01\\_columna\\_de\\_ambientes\\_microbianos\\_un\\_modelo\\_indicad.pdf](https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria24/feria298_01_columna_de_ambientes_microbianos_un_modelo_indicad.pdf) (27/10/2021)

## 6.9 LA COLUMNA DE VINOGRADKI (disseny pràctic)

La part pràctica s'inicia amb la columna de Vinogradski. Amb aquesta columna aconseguiré materialitzar les relacions interespecífiques entre bacteris i addicionalment em permetria assegurar que a la part superior trobaria els bacteris aeròbics tals com *Pseudomonas Syringae*.

Les observacions de les columnes va ser anotades a una taula durant cinc setmanes. Encara que, hi ha hagut columnes (Riells i Puigcerdà) que després de les cinc setmanes, s'han pogut observar canvis que també he anotat.

L'estudi es realitza sobre les quatre columnes encara que la columna que conté aigua de la font del bosc, fa la funció de grup control per comprovar si el forn d'assecar del laboratori va eliminar microorganismes externs o no.

### **OBJECTIUS:**

- Diferenciar els grups de microorganismes en un mateix microambient.
- Comparar les diferents necessitats d'oxigen i energia dels microorganismes presents en el microambient.
- Relacionar la diversitat microbiana present en un microambient amb algunes de les seves característiques fisiològiques (diferents estrats).
- Afirmar o desmentir la presència del bacteri formador de nuclis de condensació

## **MATERIALS:**

Materials per una columna:

- 1 recipient alt i ample, transparent, recte i sense vora (1,8L i 10cm de diàmetre)
- 500g de substrat
- 500mL d'aigua de pluja
- 1 ou (rovell, closca i clara). Aporta carbonat de calci ( $\text{CaCO}_3$ .)
- paper de diari (mitja pàgina)
- 1g de guix. Aporta sulfat de calci ( $\text{CaSO}_4$ )
- 1g d'hidrogen fosfat de sodi ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )
- Espàtula
- Prensadora
- Alcohol 96°
- Aigua i sabó
- Balança
- Drap de cuina
- Recipient
- Trepan
- Retolador permanent
- Adhesius

## **PROCEDIMENT:**

1. Rentar amb aigua i sabó el recipient de vidre i deixar-lo assecar, al revés, en un drap de cuina.
2. En el cas que tinguin tapa, rentar la amb alcohol 96°.
3. Fer sis forats a la tapa amb un trepan.
4. Remoure el substrat i retirar pedres, branques i fulles del substrat.
5. Col·locar un recipient i pesar 500g de substrat.
6. Tarar i afegir 1g de sulfat de calci ( $\text{CaSO}_4$ ) i hidrogen fosfat de sodi ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ).
7. Triturar un ou amb la closca i afegir-lo al substrat amb els químics.
8. Remoure fins que tot estigui ben homogeneïtzat.
9. Esmicolar mitja pàgina de paper de diari i afegir-la a la mescla del substrat.
10. Remoure.
11. Abocar el substrat a la columna, amb compte de no embrutar les parets del recipient.
12. Prensar el substrat per eliminar l'oxigen.
13. Posar en diagonal la columna i afegir aigua amb compte de no aixecar el substrat.
14. Afegir la mateixa quantitat d'aigua que de substrat, 1:1.

15. Remoure l'aigua per eliminar les bombolles d'aire.
16. Tapar i etiquetar amb la data d'inici de la columna i la localització de l'aigua que conté.
17. Fer una marca, amb el retolador permanent, al nivell de l'aigua inicial.
18. Ubicar la columna en un lloc que rebi força llum solar.

### ANÀLISI DELS RESULTATS:

Les taules on es recullen les dades d'observació del seguiment de les columnes es troben als annexos del treball. A la taula es pot veure els canvis de cada zona de la columna (aeròbic, microaeròfil (aigua) i anaeròbic (substrat)) a mesura que passen les setmanes.

### RIELLS I VIABREA:



figura 27. Evolució de l'inici al final de la columna de Vinogradski de Riells i Viabrea. Tira de pH amb valor aproximat a 8. Font pròpia. Font pròpia. (27/11/2021)

Durant la primera setmana hi ha una clara diferència entre el substrat i l'aigua. L'aigua adquireix un color marronós d'aparença bruta i es pot observar una pel·lícula prima de grumoll i bombolles. L'aigua en les següents dues setmanes adquireix un color més obscur però no arriba a ser negra. Veig que la columna comença a endarrerir el seu desenvolupament i l'únic canvi notable que anoto durant dues setmanes és la fragmentació de la pel·lícula formada. Finalment a la quarta setmana apareix floridura al voltant de la columna i una capa negra just a la part superior del substrat on comença l'aigua. Durant aquesta setmana també realitzo un anàlisi de pH el qual és de  $\approx 8$ .

A partir de la cinquena setmana, teòricament, s'acabava l'observació però el dia 01/11/2021 observo que l'aigua adquireix un color ataronjat molt suau no visible en càmera i sis dies després, és a dir, el 07/11/2021 aquesta aigua ataronjada es torna completament taronja i s'hi diferencia la formació de quatre capes perfectament distingibles: substrat, zona rosa, capa negra i aigua taronja. Mentre que l'aigua experimenta notoris canvis, el substrat roman igual que el primer dia.

## PUIGCERDÀ:



figura 28. Evolució de l'inici al final de la columna de Vinogradski de Puigcerdà. Tira de pH amb valor aproximat a 8. Font pròpia (27/11/2021)

Durant la primera setmana hi ha una evident diferenciació entre el substrat i l'aigua. En oposició a la resta de columnes, aquesta no té formada completament la pel·lícula de bombolles. La tercera setmana l'aigua té color negre i la pel·lícula que s'havia format la setmana anterior, es troba fragmentada. Realitzo una anàlisi de pH la quarta setmana el qual mostra que la columna té un pH de valor  $\approx 8$ . A la cinquena setmana es produeix un canvi significant, l'aparició d'una capa negra entre l'aigua i el substrat.

Com en l'anterior columna, la taula d'observacions estava programada per cinc setmanes, però el dia 07/11/2021 l'aigua té clarament un color rosat i s'observa l'inici d'una taca entre el substrat i l'aigua. Finalitzem l'anàlisi amb quatre capes distingibles: substrat, taca rosa, capa negra i aigua rosada.

En aquesta columna, l'aigua experimenta canvis però també hi ha observacions a la part més inferior de la columna, com per exemple un substrat no tan compacte com el primer dia i un canvi de color marró.



## OBSERVATORI FABRA (BARCELONA):



figura 29. Evolució de l'inici al final de la columna de Vinogradski de l'observatori Fabra. Tira de pH amb valor aproximat a 8.  
Font pròpia (27/11/2021)

Durant la primera setmana l'aigua és de color marró (aparença bruta) i s'ha format com una mena de pel·lícules separades entre elles, com si estiguessin fragmentades. La següent setmana l'aigua es torna negra i la pel·lícula mencionada amb anterioritat adquireix més volum i és més densa, ja que hi ha més quantitat de bombolles. A la tercera setmana no es registra cap canvi aparent i sembla que hi ha un retrocés en les columnes, pel fet que a la quarta setmana l'aigua torna a tenir un color menys fosc i es tornen a formar bombolles petites a la capa superior de l'aigua. Durant aquesta setmana també realitzo l'anàlisi de pH amb un valor  $\approx 8$ . L'última setmana d'observació, és a dir, la cinquena, hi apareix una taca rosa entre l'aigua i substrat. L'aigua també es torna més clara.

En aquesta columna el substrat també experimenta alguns canvis com que es torna menys compacte i de color marró.

## BOSC:



figura 30. Evolució de l'inici al final de la columna de Vinogradski del bosc. Tira de pH amb valor aproximat a 8. Font pròpia (27/11/2021)

Va ser la més avançada, en tres dies ja s'havia format una pel·lícula força gruixuda (en comparació amb el temps) i l'olor d'ou podrit era evident. Quan va transcórrer la primera setmana, la columna era molt fosca perquè el substrat no va ser assecat (contenia aigua del fang i microorganismes externs) i, per tant, no es va poder premsar correctament. La pel·lícula de bombolles s'havia fet més gruixuda i tenia aparença viscosa. La segona setmana aquesta pel·lícula continua augmentant de gruix i apareixen grumolls. A la tercera setmana l'aigua continua seguint totalment negra per les raons ja esmentades i presenta un to verdós tan difuminat que no és visible en càmera. A quarta setmana no hi ha canvi aparent i realitzo l'anàlisi de pH amb un resultat aproximat a 8. La cinquena setmana continua sense canvis aparents.

## **CONCLUSIONS:**

Després de realitzar l'estudi durant cinc setmanes i analitzar els resultats, es demostra que, malgrat algunes diferències, totes tenen en comú la formació de quatre capes o zones diferenciades relacionades amb un tipus de condicions bioquímiques.

L'objectiu de la realització de les columnes de Vinogradski era observar la variabilitat de condicions i necessitats biològiques que hi ha en un mateix espai i com els microorganismes que hi habiten mantenen una relació de dependència.

L'evolució de totes les columnes es centra principalment en l'aigua i els seus canvis.

En la primera setmana es formen bombolles a la part superior de l'aigua formant aquesta mena de pel·lícula esmentada anteriorment. L'aparició d'aquestes bombolles es veu relacionada amb l'eliminació total de l'oxigen del substrat. En la preparació de les columnes vaig premsar la mescla per tal d'eliminar al màxim l'aire, però encara i així era impossible l'eliminació total del gas. Com he mencionat anteriorment l'aigua i substrat que contenia la columna del bosc no havien sigut tractats, és a dir, el substrat pertany al fang recollit directament del bosc i l'aigua que surt de la font, que encara que és potable, no passa per cap filtre; és per això que amb només tres dies ja ha aparegut una pel·lícula de bombolles denses.

Per contra, les altres columnes comencen a mostrar canvis més significatius a les dues o tres setmanes de l'inici. Podem dir, doncs, que el cicle de l'aigua serveix de filtre natural.

Posteriorment i a mesura que avancen les setmanes observo que les bombolles de la zona més exterior de la columna van disminuint (eliminació total d'oxigen) i apareix una capa densa negra que, com s'ha mencionat en l'apartat 6.6 de l'explicació de la zona anaeròbica, correspon als bacteris reductors de sofre.

Els bacteris anaeròbics no comencen a créixer fins que desapareix totalment l'oxigen de l'ambient. Es podria dir que els bacteris anaeròbics són els responsables de l'evolució de les columnes, ja que els subproductes de la seva fermentació permeten la respiració de bacteris reductors de sofre representats per una capa negra, la qual ha pogut ser observada a partir de la quarta setmana.

Les columnes, aproximadament, a la tercera setmana van deixar de manifestar canvis notables. Així doncs, vaig decidir fer una comparació de pH per veure si un possible inconvenient era un pH molt diferent entre elles. Després de l'anàlisi a la quarta setmana, observo que totes les columnes tenen un pH aproximat a vuit. Per tant, arribo a la conclusió que es poden observar més canvis durant les primeres dues o tres setmanes perquè l'ambient està iniciant el seu desenvolupament, és a dir, s'elimina l'aire de l'ambient perquè puguin començar a fermentar els

bacteris anaeròbics, el substrat comença a descomprimir-se i el paper de diari comença a desfer-se. Després l'evolució resulta més progressiva i notable, ja que, els bacteris anaeròbics ja han pogut començar a créixer.

A la sisena setmana surt una taca rosa a la part superior del substrat corresponent als bacteris porpra. Aquests bacteris produeixen els seus materials cel·lulars a partir de l' $H_2S$  que no s'hagi utilitzat per a altres bacteris abans d'arribar a la zona microaeròfila.

Finalment, a la zona més superficial de la columna de Riells, és a dir, la zona aeròbica es va formar una franja de floridura al voltant del diàmetre de la columna. Com que aquesta característica només va manifestar-se a la columna de Riells i no com un atribut general a totes les columnes, atribueixo l'aparició de la floridura a un possible major nivell d'humitat on es trobava aquesta columna. Encara que totes es trobaven a la mateixa zona, com que estaven al jardí potser hi ha zones de més humitat i menys hores solars.

Tornant als objectius d'aquesta pràctica. He pogut comprovar que els bacteris creixen en unes circumstàncies i condicions determinades i una possible alteració d'aquestes comporta una variació en la seva evolució. D'altra banda, s'ha demostrat que tot i ser un microambient artificial, els bacteris mantenen una relació de dependència, ja que l'evolució metabòlica de la columna es veu afectada fins al moment en el qual els bacteris anaeròbics comencen a créixer i a generar productes residuals del seu metabolisme útils per altres microorganismes i el creixement d'aquests.

# CAPÍTOL 5: CULTIU I IDENTIFICACIÓ

## 7.1 INTRODUCCIÓ

Arribant a la recta final del treball de recerca s'hi troba l'última part pràctica, la realització del cultiu i la identificació bacteriana. En aquest capítol s'observa com es realitza un cultiu sòlid i simple d'agar-agar<sup>28</sup>, el cultiu pròpiament amb el seu seguiment de l'evolució i finalment la tinció de gram amb les conclusions pertinents.

## 7.2 COM ES PREPARA UN MEDI DE CULTIU SÒLID?

### MATERIALS:

- 250 mL d'aigua mineral
- Mig cub de brou de pollastre
- Sal
- 4g d'agar-agar
- 1 vas de precipitats
- 1 Erlenmeyer
- Fogó
- Quatre plaques de petri
- Balança
- Vareta de vidre
- Vidre de rellotge
- Pipeta
- Espàtula



figura 30. Materials per l'experiència. Font pròpia (28/10/2021)

### PROCEDIEMENT:

1. Abocar 50mL d'aigua en el vas de precipitats i 200mL a l'Erlenmeyer.
2. Afegir el mig cub de brou a l'Erlenmeyer amb 200mL d'aigua i afegir una mica de sal.
3. Posar al fogó l'Erlenmeyer i, amb l'ajut d'una vareta de vidre, moure el cub de brou fins la seva total dissolució.
4. Col·locar el vidre de rellotge a la balança i tarar. Pesat 4g d'agar-agar.
5. Afegir l'agar-agar en el vas de precipitats amb 50mL d'aigua i remoure.
6. Abocar la dissolució del vas de precipitats a l'Erlenmeyer.

<sup>28</sup> Protocol extret de FECYT (Fundación Española para la Ciencia Y la Tecnología).

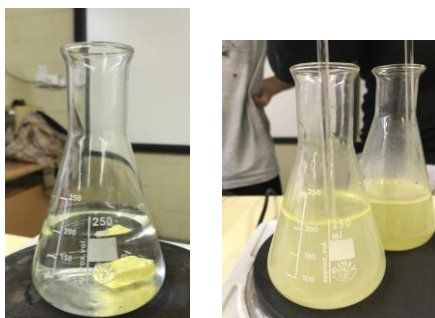


figura 31. Erlenmeyer amb el cub de brou i Erlenmeyer amb l'agar-agar al focó. Font pròpia (28/10/2021)

7. Remoure amb la vareta de vidre fins assegurar-se que esta completament dissolt.
8. Deixar bullir la mescla per esterilitzar-lo i evitar que el medi quedi contaminat.
9. Pipetejar 15mL del medi agar-agar i abocar-los a les plaques de petri.
10. Tapar cada placa ràpidament després d'abocar el medi. Etiquetar les plaques amb el nom i la data de realització i deixar refredar.



figura 32. Pipetejant el medi de cultiu i plaques de petri etiquetades. Font pròpia (28/10/2021)

Després de preparar els cultius vaig pipetejar 13mL de la zona aeròbica perquè el bacteri és aeròbic. Per realitzar aquest pas al laboratori vaig utilitzar un encenedor d'alcohol per garantir un ambient estèril.



figura 33. Plaques de petri anomenades amb l'aigua de cada zona. Tubs amb 13mL d'aigua de cada columna. Font pròpia (08/11/2021)



Les plaques van estar des del dia 9 de novembre fins el dia 19 de novembre a la incubadora. Dos dies després, és a dir, el dia 11 de novembre ja observem la formació de colònies de dos tipus segons el seu color: unes blanques i d'altres grogues..

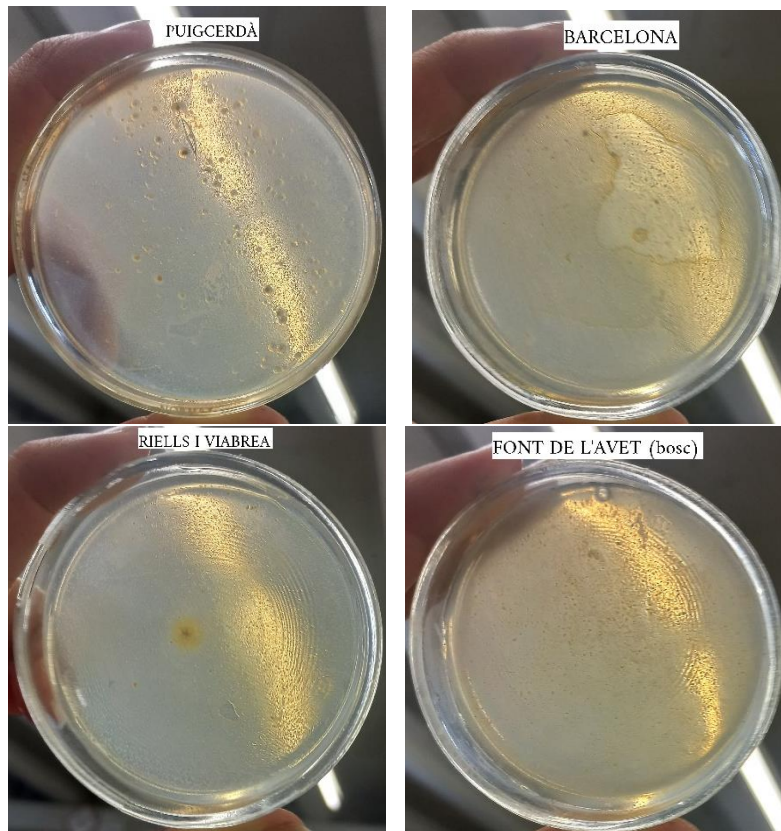


figura 34. Cultius després de dos dies d'incubació a 37°C. Font pròpia (11/10/2021)

La incubació de les plaques continua fins al 19 de novembre, quan, en no veure cap evolució de les colònies, procedeix a realitzar la tinció de gram. La finalitat de la tinció és classificar els bacteris del cultiu en dos grans grups: gramnegatiu i grampositiu. Amb aquesta classificació aconseguiré conèixer si hi ha bacteris gramnegatius als cultius i, per tant, la possibilitat que *Pseudomonas Syringae* hi sigui.

#### **MATERIAL:**

- Encenedor d'alcohol
- Aigua
- Plaques de petri amb bacteris
- Portaobjectes
- Retolador permanent
- Cristall violeta, Lugol i Safranina
- Nansa bacteriològica



## PROCEDIEMENT:

1. Treballar prop d'un encenedor de Bunsen o encenedor d'alcohol per garantir un ambient estèril.
2. Etiquetar els portaobjectes amb el nom de la zona i una B o una G segons el color de la colònia on realitzarem el frotis.
3. Realitzar un frotis de microorganismes, per això agafarem una gota d'aigua destil·lada i la posarem en el portaobjectes.
4. Agafar una mostra de la colònia amb una nansa bacteriològica, prèviament esterilitzada, i col·locar-la sobre l'aigua.
5. Fixar les cèl·lules amb calor passant el portaobjectes per la flama de l'encenedor (no deixar-la molta estona ja que podem deshidratar la mostra i perdre els bacteris).
6. Colorant primari: Tinció amb cristall violeta durant 1 minut. Aquest donarà un to lila a la colònia.



figura 35. Realitzant el frotis sobre la placa de Puigcerdà amb colònies blanques. Font pròpia (22/11/2021)

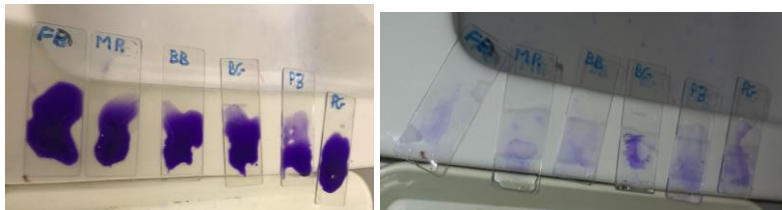


figura 36. Aplicació del cristall violeta i com queda després d'eliminar el sobrant. Font pròpia (22/11/2021)

7. Fixador: Afegir el lugol durant 1 minut. Aquest permet que el color violeta no desaparegui amb facilitat.



figura 37. Aplicació del lugol als portaobjectes. Font pròpia (22/11/2021)

8. Decolorant: Aplicar alcohol 96° durant 1 minut. Aquest elimina la tinció violeta dels bacteris gramnegatius.
9. Aplicar safranina durant 1 minut. Tenyeix les gramnegatives que son les decolorades.
10. Repetir el mateix procés tantes vegades com sigui necessari.

(Després de cada aplicació de producte es renta amb aigua destil·lada l'excés de producte del portaobjectes)

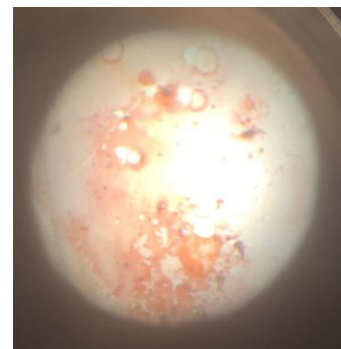


figura 38. Fotografia a través de l'ocular del microscopi. Bacteris gramnegatius de Riells i Viabrea. Font pròpia (22/11/2021)

## ANÀLISI DELS RESULTATS:

ZONA GEOLÒGICA	COLÒNIA GROGA	COLÒNIA BLANCA
Observatori Fabra	Gramnegatiu	Gramnegatiu
Puigcerdà	Gramnegatiu	No es tenyeix correctament però possiblement gramnegatiu
Bosc, la font de l'ayet	No hi ha colònies grogues	Gramnegatiu

Taula 4. Resultats dels cultius vist de del microscopi. Font pròpia (30/11/2021)

A la placa de Riells i Viabrea observo una colònia d'un color blanc més fosc formada per bacteris gramnegatius.

Adicionalment, a l'aigua de Puigcerdà es va poder observar espores de fong i nematodes, un tipus de cuc aquàtic paràsit que produeix malalties a plantes, fongs i animals incloent els ésser humans.



figura 39. Fotografia a través del microscopi d'un nematode. Font: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-de-nematodos-con-extractos-vegetales> (24/11/2021)

## CONCLUSIONS:

Els objectius a assolir en aquesta pràctica eren: aprendre a fer la tinció de gram i identificar l'espècie *Pseudomonas Syringae* per poder demostrar o no si aquest bacteri era present a les columnes i per tant en l'aigua de pluja.

L'aigua de les columnes va ser directament abocada a les plaques de petri, és a dir, sense cap filtració de bacteris prèvia, aquest fet no va suposar cap inconvenient per extreure conclusions ni per la formació de colònies.

Els objectius de la pràctica han sigut parcialment assolits. He après a fer una tinció de gram. Però contràriament no he aconseguit comprovar totalment si els bacteris de les colònies blanques gramnegatives són *Pseudomonas Syringae*.

Com hem pogut veure en el punt 5.4 del treball, el bacteri *Pseudomonas Syringae* és gramnegatiu i forma colònies de color blanc. A excepció del cultiu de Riells on la colònia no ha resultat ser clarament blanca i la de Puigcerdà que no va tenyir-se correctament; Barcelona i La font de l'ayet presenten colònies blanques de bacteris gramnegatius.

Per tant, arribo a la conclusió que és possible que el bacteri *Pseudomonas Syringae* sigui present a l'aigua de pluja de Barcelona i la font de l'ayet.

# CONCLUSIONS

Tornant de nou a la hipòtesi i analitzant rigorosament les conclusions extretes dels diferents aparats pràctics, no podem concloure amb seguretat que *Pseudomonas Syringae* sigui present en l'aigua que precipita ni tampoc si afavoreix la precipitació de les gotes del núvol.

El que si podem concloure és que, tot i no haver obtingut uns resultats totalment clarificadors, hi ha bacteris gramnegatius en l'aigua de pluja i potser algun d'ells és *Pseudomonas Syringae*. Indirectament, per tant, tampoc podem verificar o falsar si aquest bacteri és present a diferents nivells de qualitat d'aire, perquè no sabem amb certesa si l'hem trobat o no.

Haver trobat bacteris gramnegatius que formen colònies rodones i blanques no assegura que siguin els bacteris envers els quals està enfocat el meu estudi. *Proteus mirabilis*, també forma colònies rodones blanques.

Per poder arribar a conclusions més sòlides, s'hauria d'haver realitzat el cultiu bacterià en un medi selectiu on només creïessin *Pseudomonas Syringae*.

La principal causa de no haver pogut treure una conclusió ferma del meu ha sigut el temps. En una segona etapa del treball, començaria amb més antelació la part pràctica.

Però com tot a la vida, res és un camí de roses, el principal problema sorgeix a l'hora d'aventurar-me amb la recollida d'aigua de pluja (la primera part de la meva part pràctica). La realització del treball coincideix amb els mesos d'estiu, on l'índex de pluja no és gaire alt, per aquest motiu, va ser molt difícil reunir els mL necessaris per a cada columna.

Degut als inconvenients ambientals, tot va endarrerir-se i per tant no va donar temps a poder realitzar l'última part pràctica del treball, una maqueta de precipitació a petita escala, la qual donava sentit al cultiu. La finalitat del cultiu era tenir un gran nombre d'aquest bacteri per poder fer una dissolució que posteriorment seria polvoritzada amb un aerosol a vapor d'aigua per corroborar que realment formen nuclis de condensació.

D'altra banda, vaig tenir algunes dificultats per aconseguir tot el material necessari per a la columna. Tot i així el meu entusiasme per tirar endavant el treball seguia present.

En una segona etapa del treball, amb més coneixement microbiològic, més eines d'investigació i més materials de laboratori de microbiologia podria arribar a conèixer la resposta de la meva hipòtesi.

Per acabar, m'agradaria fer una reflexió més personal. Tot i que la pressió per treure i realitzar un bon treball de recerca ha estat molt present durant aquest llarg i intens procés, mirant-ho des d'un altre punt de vista, el treball de recerca proporciona un gran creixement personal. Exigeix un nivell de responsabilitat i esforç que és necessari adquirir per poder superar futurs reptes.

Aquest treball m'ha donat l'oportunitat per primer cop de mantenir un contacte real amb el món de la investigació, de la recerca científica i de l'aplicació del mètode científic. I qui sap? Potser en un futur acabaré investigant com a científica en un laboratori de prestigi.

# FONTS D'INFORMACIÓ

## 9.2 BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

### 9.2.1 LLOCS WEB

- ACCUWEATHER. *Ordenació Riells i Viabrea, Catalunya* [En línia]. AccuWeather, Inc. "AccuWeather", 2021. < <https://www.accuweather.com/es/es/ordenacio-riells-i-viabrea/2326458/air-quality-index/2326458> > [Consulta: 23 octubre 2021]
- ACCUWEATHER. *Puigcerdà* [En línia]. AccuWeather, Inc. "AccuWeather", 2021. < <https://www.accuweather.com/ca/es/puigcerda%20304699/air-quality-index/304699> > [Consulta: 23 octubre 2021]
- AJUNTAMENT DE BARCELONA. *Mapes de dades ambientals* [En línia]. [www.barcelona.cat](http://www.barcelona.cat). < <https://ajuntament.barcelona.cat/mapes-dades-ambientals/qualitativa/ca/> > [Consulta: 23 octubre 2021]
- ALBERT BORDONS. *Els bacteris troposfèrics de la pluja i la neu* [En línia]. Bios i altres: 2013. <<https://abordons.wordpress.com/2013/07/28/els-bacteris-troposferics-de-la-pluja-i-la-neu/>> [Consulta: 29 abril 2021]
- AMBIENTECH. *Definición: Bacteria*. [En línia] Ambientech: Apoyo la educación universal: <<https://ambientech.org/bacteria>> [Consulta: 17 juliol 2021]
- ANABEL ROMERO MORALES, MONTSE TEBA PEDRERO. *Microorganismes extrems, extremòfils* [En línia]. <<http://bioinformatica.uab.es/biocomputacio/treballs00-01/Romero-Teba/web/Extremofils.html> > [Consulta: 16 agost 2021]
- ANTONIO JIMENO. *La classificació dels ésser vius. Virus i bacteris* [En línia]. Aula 2005, 2005, 2013. <<http://www.aula2005.com/html/cn1eso/11laclasificacio/11laclasificacio.htm>> [Consulta: 19 juliol 2021]
- CARLOS. *Arqueobacterias* [En línia]. Slideshare, 2009. < <https://es.slideshare.net/carlos348348/arqueobacterias-1642331> > [Consulta: 25 juliol 2021]
- CIDTA USAL. *U1 clasificación de los seres vivos, origen y diversidad de la vida* [En línia]. <[https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/uni\\_01/u1c5s4.htm](https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/uni_01/u1c5s4.htm)> [Consulta: 17 juliol 2021]
- DAYBELIS. *¿Qué són archeobacterias?* [En línia]. Brainly: 2015 <<https://brainly.lat/tarea/1458693>> [Consulta: 17 juliol 2021]
- DEPA. *Columna de Winogradsky* [En línia]. <[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Formadeprepararlacolumnayejemplosgunosmicroorganismosquesepuedenobservar\\_21240.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Formadeprepararlacolumnayejemplosgunosmicroorganismosquesepuedenobservar_21240.pdf)> [Consulta: 25 juny 2021]

- Dr. JORGE S. RAISMAN. *La pared bacteriana* [En línea]. 2005. <<http://www.biologia.edu.ar/bacterias/micro4.htm>> [Consulta: 21 agost 2021]
- ELENA SÁNCHEZ FERNÁNDEZ. *Bacterias termófilas. Al límite de lo tolerable* [En línea]. <<http://www.encuentros.uma.es/encuentros91/bacterias.htm>> [Consulta: 16 agost 2021]
- ENCICLOPÈDIA.CAT. *Bacteris*. [En línea] Enciclopèdia.cat, El cercador de referència en català: 1986. <<https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0222939.xml>> [Consulta: 17 juliol 2021]
- ESCOLA MESTRAL. *Les columnes de Winogradsky del bassal del pati* [En línea]. Issue,2014.<[https://issuu.com/escolamestral/docs/les\\_columnes\\_de\\_winogradsky\\_del\\_bas](https://issuu.com/escolamestral/docs/les_columnes_de_winogradsky_del_bas)> [Consulta: 24 juny 2021]
- FLEXBOOKS. *Dominios de la vida* [En línea]. CK-12, 2021. <<https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espanol/section/1.12/primary/lesson/dominios-de-la-vida/>> [Consulta: 19 juliol 2021]
- FLEXBOOKS. *Reproducción de las bacterias*. [En línea]. 2.0. CK-12: CK-12 Foundation, 2021.<[https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espanol/section/5.3/primary/lesson/reproducci% c3% b3n-de-las-bacterias](https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espanol/section/5.3/primary/lesson/reproducci%c3%b3n-de-las-bacterias)> [Consulta: 18 juliol 2021]
- GALINA NOVIK, VICOTRIA SAVICH, ELENA KISELEVA. *An Insight Into Beneficial Pseudomonas bacteria* [En línea]. IntechOpen Limited, 2015. <<https://www.intechopen.com/chapters/48358>> [Consulta: 25 octubre 2021]
- GENERALITAT VALENCIANA. *La atmósfera y sus capas* [En línea].Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica: Generalitat, 2015.<<https://agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/la-atmosfera-y-sus-capas>> [Consulta: 30 agost 2021]
- GERARDO NUNEZ. *Arqueobacterias* [En línea]. Slideshare.net, 2008 <<https://es.slideshare.net/gerargon/arqueobacterias>> [Consulta: 20 juliol 2021]
- JULIO RICARDO MORENO, MARTA FABIANA GORRITI, MARÍA REGINA FLORES, VIRGINIA HELENA ALBARRACÍN. *Microbiología ambiental y ecología microbiana en el estudio de microorganismos en ambientes extremos* [En línea]. Reduca (Biología). Serie Microbiología. 5 (5): 94-109, 2012. ISSN: 1989-3620. <[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/17162/CONICET\\_Digital\\_Nro.5621\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/17162/CONICET_Digital_Nro.5621_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)> [Consulta: 27 juny 2021]
- KAPITAL. *Tinción de gram* [En línea] <<https://www.kapitalinteligente.es/tincion-de-gram/>> [Consulta: 25 agost 2021]



- KRAMER et al, 2021. *Ice-nucleating proteins are activated by low temperatures to control the structure of interfacial water* [En línea]. Nature communications,2021. <<https://www.nature.com/articles/s41467-021-21349-3>> [Consulta: 13 setembre 2021]
- M. LUKAS. *Bacterias “frías”* [En línea]. Bionity.com, 2020. <<https://www.bionity.com/es/noticias/1168619/bacterias-fras.html>> [Consulta: 14 setembre 2021]
- M. PÍREZ, M. MOTA. *Morfología y estructura bacteriana* [En línea]. Higiene <<http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/MorfologiayEstructuraBacteriana.pdf>> [Consulta: 29 agost 2021]
- MARIANA GELAMBI. *Pared celular bacteriana: características, biosíntesis, funciones* [En línea]. Lifereder. <<https://www.lifereder.com/pared-celular-bacteriana/>> [Consulta: 20 agost 2021]
- MARIANA OLATZ, CRISTINA. *Relació* [En línea]. Blogger, 2009. <<http://elsbacteris.blogspot.com/2009/03/relacio.html>> [Consulta: 25 juliol 2021]
- NAHUMMONTAGUDRUBIO. *Eubacterias: qué son, características y tipos* [En línea]. Psicología y mente. <<https://psicologiaymente.com/salud/eubacterias>> [Consulta: 16 agost 2021]
- PROYECTO BIOSFERA. *Reproducción bacteriana microbiología 2º bachillerato* [En línea]. Gobierno de España, ministerio de educación. <<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/micro/contenidos6.htm>> [Consulta: 22 juliol 2021]
- RICARDO OROPEZA. *Metanógenos: Una Perspectiva de su Fisiología con Respecto a Evolución de la Vida* [En línea]. U.A.de C., Mexico Editors: M.C. Cueto Wong, N.M. De la Fuente Salcido, M.P. Luévanos-Escareño. <[https://www.researchgate.net/publication/301890889\\_Metanogenos\\_Una\\_Perspectiva\\_de\\_su\\_Fisiologia\\_con\\_Respecto\\_a\\_Evolucion\\_de\\_la\\_Vida/link/572b642308ae057b0a0950b2/download](https://www.researchgate.net/publication/301890889_Metanogenos_Una_Perspectiva_de_su_Fisiologia_con_Respecto_a_Evolucion_de_la_Vida/link/572b642308ae057b0a0950b2/download)> [Consulta: 10 agost 2021]
- SEJ. *Archaeas (arqueobacterias)* [En línea]. Slideshare.net, 2010 <<https://es.slideshare.net/anselmosrl/archaeasarqueobacterias>> [Consulta: 20 juliol 2021]
- STEVEN. *The Ice Nucleating Protein InaZ is Activated by Low Temperature* [En línea]. Biorxiv, 2020. <<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.05.15.092684v1.full>> [Consulta: 14 setembre 2021]
- TINCIÓN DE GRAM. *Tinción de gram* [En línea] <[https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/35/35696/tincion\\_de\\_gram.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/35/35696/tincion_de_gram.pdf)> [Consulta: 25 agost 2021]

- UNITAT DE MICROSCÒPIA. *Microscopi d'epifluorescència* [En línia]. SCT| Serveis Científics i Tècnics: ICRA. <<https://www.icra.cat/files/equipament/SCT-UM%2002.pdf>> [Consulta: 30 abril 2021]
- UNIVERSITAT COMPLUTENSE DE MADRID. *El ciclo del agua* [En línia] Dept. Didàctic de les ciències Experimentals: Vicerectorat d'Innovació i Espai Europeu d'Educació Superior de la Universitat Complutense de Madrid, 2005-2006. <<https://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/transpiracion.html>> [Consulta: 9 juliol 2021]
- USGS. *El ciclo del agua, The water cycle, Spanish* [En línia]. USGS science for changing world,2019.<[https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science\\_center\\_objects=0#13](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#13)> [Consulta: 10 juliol 2021]
- USGS. *El ciclo del agua, The water cycle, Spanish* [En línia]. USGS science for changing world,2016.<[https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ciclo-de-laigua-water-cycle-catalan?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ciclo-de-laigua-water-cycle-catalan?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)> [Consulta: 9 juliol 2021]
- VARGAS-FLORES. KUNO-VARGAS A. *Morfologia bacteriana* [En línia]. Espacio de formaciónmultimodal,2014.<[http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1466/280\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1466/280_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> [Consulta: 17 agost 2021]
- VERÓNICA CASANOVA. *Classificació dels extremòfils*. [En línia] Astrofísica y física: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported, 2013. <<https://www.astrofisicayfisica.com/2013/05/clasificacion-de-los-extremofilos-curso.html>> [Consulta: 17 juliol 2021]
- VIQUIPÈDIA. *Bacteri gramnegatiu* [En línia]. Viquipèdia, la enciclopèdia lliure, 2021. <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Bacteri\\_gramnegatiu](https://ca.wikipedia.org/wiki/Bacteri_gramnegatiu)> [Consulta: 16 agost 2021]
- VIQUIPÈDIA. *Bacteri grampositiu* [En línia]. Viquipèdia, la enciclopèdia lliure, 2021. <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Bacteri\\_grampositiu](https://ca.wikipedia.org/wiki/Bacteri_grampositiu)> [Consulta: 16 agost 2021]
- VIQUIPÈDIA. *Mycoplasma* [En línia]. Viquipèdia, la enciclopèdia lliure, 2021. <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Mycoplasma>> [Consulta: 16 agost 2021]
- VIQUIPÈDIA. *Pseudomonas Syringae* [En línia]. Viquipèdia la enciclopèdia lliure, 2021. <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas\\_syringae](https://ca.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_syringae)> [Consulta: 13 setembre 2021]
- VIQUIPÈDIA. *Xaperones* [En línia]. Viquipèdia, enciclopèdia lliure, 2021. <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Xaperona>> [Consulta: 16 agost 2021]

- WIKIPEDIA. *Bacterias*. [En línia] Wikipedia La enciclopedia Libre: Licencia Creative Commons Atribución Compartir Igual 3.0, 2021. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria>> [Consulta: 19 juliol 2021]
- WIKIPEDIA. *Citocromo* [En línia]. Wikipedia, 2021. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Citocromo>> [Consulta: 10 agost 2021]
- WIKIPEDIA. *Funció de relació* [En línia]. Viquipèdia l'enciclopèdia lliure: Wikimedia Foundation, Inc., 2009. <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3\\_de\\_relaci%C3%B3](https://ca.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3_de_relaci%C3%B3)> [Consulta: 23 juliol 2021]

## 9.2.2 INFORMACIÓ AUDIOVISUAL

- COMMUNITY RESOURCES FOR SCIENCE. *Ciencia en Casa: Luis Columna de Winogradsky* [Vídeo]. <[https://www.youtube.com/watch?v=oR1C\\_B9YLrE](https://www.youtube.com/watch?v=oR1C_B9YLrE)> [Consulta: 23 juny 2021]
- LUIS ALBERTO SAMARTIN. *Funciones de nutrición, reproducción y relación bacteriana* [Vídeo]. Youtube: youtube.es, 2020. <<https://www.youtube.com/watch?v=Caoo7hIsng0>> [Consulta: 22 juliol 2021]
- PROFESORES GAMA. *Transducción bacteriana* [Vídeo]. Youtube, 2013. <<https://www.youtube.com/watch?v=F7ymemQcSns>> [Consulta: 25 juliol 2021]
- UNPROFESOR. *Diferencia entre càpsula y espora bacteriana* [Vídeo]. Youtube, 2016 <<https://www.youtube.com/watch?v=tD0n1aQG-4A>> [Consulta: 25 juliol 2021]
- UNPROFESOR. *Diferencia entre cromosoma bacteriano y plásmido* [Vídeo]. Unprofesor, 2016 <<https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/diferencia-entre-cromosoma-bacteriano-y-plasmido-1339.html>> [Consulta: 25 juliol 2021]
- UNPROFESOR. *Membrana plasmàtica de las Archaeas* [Vídeo]. Unprofesor, 2016. <<https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/membrana-plasmatica-de-archaeas-1341.html>> [Consulta: 31 juliol 2021]
- UNPROFESOR. *Morfología y estructura bacteriana* [Vídeo]. Youtube, 2016. <<https://www.youtube.com/watch?v=giGnUqCAmwU>> [Consulta: 16 agost 2021]
- UNPROFESOR. *Qué es la conjugación -reproducción parasexual* [Vídeo]. Youtube, 2016 <<https://www.youtube.com/watch?v=lHnU0u48MQc>> [Consulta: 25 juliol 2021]
- UNPROFESOR. *Tipos de bacterias* [Vídeo]. Youtube, 2016. <<https://www.youtube.com/watch?v=33o3FWfg3BI>> [Consulta: 16 agost 2021]

### 9.2.3 ARTICLES CIENTÍFICS

- AMAZINGS Y NCYT. *Formación bacteriana de granizo en las nubes* [En línea]. NCYT, 2011. Depósito Legal B-47398-2009, ISSN 2013-6714. <<https://noticiasdelaciencia.com/art/1775/formacion-bacteriana-de-granizo-en-las-nubes>> [Consulta: 10 setembre 2021]
- AMAZINGS Y NCYT. *Las extrañas bacterias capaces de provocar la formación de hielo* [En línea]. NCYT, 2013. Depósito Legal B-47398-2009, ISSN 2013-6714. <<https://noticiasdelaciencia.com/art/8742/las-extranas-bacterias-capaces-de-provocar-la-formacion-de-hielo>> [Consulta: 16 agost 2021]
- DEPA QUIM. *Diversidad Microbiana de la Columna de Winogradsky* [En línea]. Depa quim, 2011. <[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DiversidadMicrobianaColumnaWinogradsky\\_21316.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/DiversidadMicrobianaColumnaWinogradsky_21316.pdf)> [Consulta: 23 juny 2021]
- DEPA QUIM. *Protocolo práctico de la realización de una columna de Winogradsky*. [En línea] Depa quim, 2011. <[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/\\_21150.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/_21150.pdf)> [Consulta: 25 juny 2021]
- HAROLD NUÑEZ. *Las bacterias del cielo* [En línea]. Chile Científico, 2020. <<https://chilecientifico.com/las-bacterias-del-cielo/>> [Consulta: 10 setembre 2021]
- MAR GUILS. *El mar muerto; está muy vivo!* [En línea]. 2014. <<https://blogs.20minutos.es/ciencia-para-llevar-csic/tag/halofilos/>> [Consulta: 16 agost 2021]
- MARIBEL FARFÁN SELLARÉS. *Efecte de la recombinació en les filogènies bacterianes* [En línea]. Universitat de Barcelona, facultat de farmàcia. Seminari de Recerca, 2012. <[http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/95862/1/Seminari12\\_Farfan.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/95862/1/Seminari12_Farfan.pdf)> [Consulta: 25 juliol 2021]
- PARC CIENTÍFIC I TECNOLÒGIC. *Bacteris que milloren la salut de la nostra boca* [En línea]. Universitat de Girona: 2016. <<https://www.parcudg.com/bacteris-que-milloren-la-salut-de-la-nostra-boca/>> [Consulta: 29 d'agost 2021]
- ROCÍO RONDÓN- MERCADO. *Halófilos: clasificación, ósmosis, aplicaciones, ejemplos* [En línea]. Lifeder. <<https://www.lifeder.com/halofilos/>> [Consulta: 16 agost 2021]

### 9.2.4 LLIBRES CIENTÍFICS

- L. INGRAHAM, John. A. INGRAHAM, Catherine. *Introduction to Microbiology*. Evanston, Illinois: Ed.Reverté, S.A, 1999.

# AGRAÏMENTS

No podia acabar el meu treball d'una millor manera que agraint.

Encara que sona massa típic, aquest projecte ha estat possible gràcies a un nombre de persones que han sabut donar-me suport quan més ho necessitava i el més important, m'han ajudat a créixer.

En primer lloc, gràcies al meu tutor de treball per tot el suport i entusiasme amb el qual heu seguit el treball i per haver confiat plenament en tot moment en mi i en les meves decisions.

En segon lloc, a la meva professora de biologia. He d'agrair de tot cor la seva dedicació i interès en el meu treball encara i no sent la meva tutora. Per festejar els progressos i victòries del meu treball com si del seu propi repte es tractés. Pel seguiment i suport que he rebut durant aquest complex camí

A la meva família per la seva infinita paciència, conviure amb una estudiant aclaparada no és una tasca fàcil. Moltes gràcies per fer-me adonar de la part més positiva dels problemes i ajudar-me a afrontar-los i sempre estar allà quan necessitava un consell o una opinió.
















Finalment, moltes gràcies a Alfons Puertas Castro, meteoròleg de l'Observatori Fabra, per donar-me l'oportunitat de visitar l'observatori i aprendre de les seves instal·lacions.

Gràcies.

# ANNEXOS

# 11.1 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VIPOGRADSKI. RIELLS I VIABREA.

RIELLS INICI: 20:37h  
20/09/2021 FINAL: 25/10/2021

Setmana	zona de la columna	Observacions*
1		OLOR D'OU PODRIT DIFERÈNCIA AIGUA-SUBSTRAT
		AIGUA D'APARENÇA BRUTA (MARRONÓS) FORMACIÓ D'UNA PEL·LÍCULA AMB GRUMOLLS I BOMBOLLES
		SUBSTRAT IGUAL QUE EL PRIMER DIA
2		OLOR FLORIDURA I BORRISOL DIFERÈNCIA AIGUA-SUBSTRAT BLANCA AL TAP
		AIGUA MÉS FOSCA PETITA BAIXADA DEL NIVELL D'AIGUA
		PEL·LÍCULA IGUAL SENSE BOMBOLLES (PRÀCTICAMENT IGUAL AL PRIMER DIA)
3		IGUAL
		IGUAL
		SUBSTRAT MENYS COMPACTE
4 Ph ≈ 8		OLOR AIGUA UNA MICA MÉS OBSCURA
		PEL·LÍCULA FRAGMENTADA. FLORIDURA AL VOLTANT DE LA COLUMNA
		CAPA NEGRA ENTRE SUBSTRAT I AIGUA
5		PEL·LÍCULA MARRÓ CLAR AL VOLTANT DE FLORIDURA
		
		

\* Sedimentació, color uniforme o presència de franges, formació de bombolles, olor característica, etc.

01/11/2021 → AIGUA AMB COLOR ATARONJAT (TOU SUAU)  
07/11/2021 → AIGUA TARONJA I ZONA ROSA ENTRE SUBSTRAT I AIGUA

nyades del nivell d'aigua per descompactar substrat

figura 40. Taula d'observacions de la columna de Vinogradski. Font pròpia (01/12/2021)
















- Correspon a les observacions a la part aeròbica de la columna.
- Correspon a les observacions a la part de l'aigua de la columna.
- Correspon a les observacions a la part del substrat de la columna.



## 11.2 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VIPOGRADSKI. PUIGCERDÀ.

PUIGCERDÀ  
27/09/2021

INICI: 7:58pm (19:58h)  
FINAL: 01/11/2021

Setmana	zona de la columna	Observacions*
1		OLOR D'OU PODRIT
		DIFERÈNCIA AIGUA-SUBSTRAT
		AIGUA POC BRUTA PERO NO TRANSPARENT EN PROCÉS DE FORMACIÓ DE LA PEL·LÍCULA PERO NO ENCARA
		SUBSTRAT IGUAL QUE EL PRIMER DIA
2		IGUAL
		PEL·LÍCULA AMB ALGUNES BOMBOLLES
		SUBSTRAT MENYS COMPACTE
3		OLOR
		NO GAIRE DIFERÈNCIA AIGUA-SUBSTRAT
		PEL·LÍCULA FRAGMENTADA AMB ZONES NEGRES
		AIGUA NEG-RA
		IGUAL
		SUBSTRAT MARRO'
4 Ph ≈ 8		
		CAP CANVI APARENT
		
5		
		CAPA NEG-RA ENTRE AIGUA I SUBSTRAT
		AIGUA MENYS NEG-RA

\* Sedimentació, color uniforme o presència de franges, formació de bombolles, olor característic, etc.

• 31/10/21 → PLOU

07/11/21 → AIGUA ROSADA I TACA ROSA ENTRE  
AIGUA I SUBSTRAT

figura 41. Taula d'observacions de la columna de Vinogradski. Font pròpia (01/12/2021)

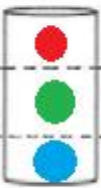
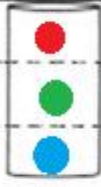



- Correspon a les observacions a la part aeròbica de la columna.
- Correspon a les observacions a la part de l'aigua de la columna.
- Correspon a les observacions a la part del substrat de la columna.

## 11.3 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VINOGRADSKI. OBSERVATORI FABRA.

BARCELONA (observatori Fabra)

INICI: 11:56 h

03/10/2021

Setmana	zona de la columna	Observacions*
1		olor d'aigua rudent
		DIFERÈNCIA SUBSTRAT-AIGUA
		AIGUA UNA MICA BRUTA PEL-LÈCULES
2		OLOR
		AIGUA NEG-RA PEL·LÍCULA "INFLADA" I BOMBOLLES MÉS "TUPIDA"
		SUBSTRAT MENYS COMPACTE I MARRÓ (COM EL PRIMER DIA)
3		IGUAL
		IGUAL
		IGUAL
4 Ph ≈ 8		BOMBOLLES PETITES (TIPIUS GAS DE REFRESC)
		AIGUA MENYS NEG-RA
		CAP CANVI
5		IGUAL
		TACA ROSA ENTRE AIGUA I SUBSTRAT AIGUA COM LA SETMANA 1
		CAP CANVI

\*Sedimentació, color uniforme o presència de franges, formació de bombolles, olor característic, etc.
















figura 42. Taula d'observacions de la columna de Vinogradski. Fontpròpia (01/12/2021)

- Correspon a les observacions a la part aeròbica de la columna.
- Correspon a les observacions a la part de l'aigua de la columna.
- Correspon a les observacions a la part del substrat de la columna.

## 11.4 TAULA D'OBSERVACIONS DE LA COLUMNA DE VIPOGRADSKI. FONT DE L'AVET.

FONT DE L'AVET  
27/09/2021

INICI: 20:20h  
FINAL: 01/11/2021

Setmana	zona de la columna	Observacions*
1 <i>més "evulsivament"</i>		OLOR / FLORIDURA I BORRISOL BLANCA AL TAP NO ES DIFERENCIA AIGUA-SUBSTRAT (BARREJATS)
		AIGUA MOLT FOSCA PELÍCULA MÉS AMPLE DE BOMBOLLES I VISCOSITAT (APARENÇA)
		PRESENCIA DE BOMBOLLES AL SUBSTRAT
2		IGUAL
		AUGMENT DEL GRUIX DE LA PEL·LÍCULA GROMOLLS
		BOMBOLLES AL SUBSTRAT
3		OLOR IGUAL
		AIGUA NEGRA AMB UN SUBTO VERD (NO VISIBLE A CÀMARA)
		MENYS BOMBOLLES TOT I QUE N'HI HAN
4 Ph ≈ 8		
		CAP CANVI APARENT
		
5		
		CAP CANVI APARENT
		

\* Sedimentació, color uniforme o presència de franges, formació de bombolles, olor característica, etc.

3r dia: presència de moltes bombolles a la part superior de l'aigua (pel·lícula)  
- olor d'ou podrit

07/11/21 → LEU TACA ROSA AL SUBSTRAT (NO VISIBLE A CÀMARA)

figura 43. Taula d'observacions de la columna de Vinogradski. Font pròpia (01/12/2021)

- Correspon a les observacions a la part aeròbica de la columna.
- Correspon a les observacions a la part de l'aigua de la columna.
- Correspon a les observacions a la part del substrat de la columna.

