

Columnnes de Vinogradski. Estudi comparatiu bacterià d'aigua corrent del riu Ripoll i aigua estancada del pantà de Can Bogunyà

Presentació

Els bacteris procariotes i les *archea* presenten una sorprenent diversitat metabòlica, que supera amb escreix la dels animals, plantes, fongs i altres organismes. Tota la vida a la Terra es pot classificar en funció de la font d'energia i carboni que l'organisme necessita, donant lloc a les quatre estratègies bàsiques de vida: fotoautòtrofs, quimioheteròtrofs, fotoheteròtrofs i quimioautòtrofs. Totes aquestes formes metabòliques es poden trobar presents en els bacteris d'una sola columna de Vinogradski.

La columna de Vinogradski és un model d'ecosistema microbià creat per l'agregació de sediments i aigua dins un cilindre de vidre amb suplementes de nutrients, com carbonat de calci o guix, i utilitzant la llum com a única font d'energia. En aquest projecte, han estat construïdes dues columnnes amb la intenció de comparar-les. Una conté aigua i sediments del riu Ripoll (Sabadell), d'una zona d'aigua corrent. L'altra columna, al contrari, conté mostres provinents d'una zona d'aigua estancada, més concretament del pantà de Can Bogunyà (Terrassa). Aquesta comparació pretén confirmar que els bacteris que es desenvoluparan a cada columna seran els mateixos, ja que les funcions que duen a terme dins de cada ecosistema és anàloga. Tanmateix, una part dels bacteris variarà a causa de les diferències entre els ecosistemes d'estudi seleccionats.



La raó que m'ha portat a realitzar aquest treball és que, des de petit, la biologia ha estat una de les meves principals passions. És per això que quan havíem de triar el tema del treball de recerca vaig buscar diverses opcions possibles que corresponguessin als meus interessos i que es poguessin dur a terme a nivell acadèmic, però tenint al mateix temps una part experimental sòlida. Finalment, parlant amb alguns estudiants universitaris, vaig trobar aquest tipus d'aparell que m'ha permès conèixer més a fons una branca de la biologia, la microbiologia, i realitzar una part pràctica de la qual he pogut extreure els meus propis resultats.

Metodologia

Primerament, per tal de poder realitzar i analitzar amb èxit la part pràctica del meu treball, calia una base teòrica que permetés conèixer aspectes clau de la columna de Vinogradski i com interpretar-la, donant especial rellevància als principals microorganismes que s'hi poden desenvolupar. Un cop recollits tots els coneixements necessaris, vaig començar la part pràctica, en què es construeixen dues columnes de Vinogradski d'origens diferents per tal de comparar-les. És per això que, el 17 de juliol de 2020, es varen recopilar mostres de sediments i aigua tant del riu Ripoll com del pantà de Can Bogunyà. Després d'afegir tots els components dins d'una columna de vidre, es va realitzar un seguiment setmanal durant 4 mesos del desenvolupament de l'ecosistema microbià. Tot seguit es va fer una comparació entre els dos elements d'estudi amb l'objectiu d'observar les diferències, i finalment es varen extreure unes conclusions per contrastar la hipòtesi plantejada.

Cos del treball

Les cèl·lules microscòpiques individuals només poden ser vistes a través del microscopi, en canvi les grans colònies de microorganismes són distingibles a ull nu, i les diferents característiques d'aquestes permeten identificar-les. Així doncs, la columna de Vinogradski permet observar el creixement i desenvolupament d'aquestes grans colònies de bacteris.

Dins de la columna de Vinogradski trobem diferents condicions ambientals anomenades «microclimes». Aquests microclimes són determinats per dos compostos principals: l'oxigen (O_2) i l'àcid sulfhídric (H_2S), que influeixen directament en la formació del sistema microbià. D'aquesta manera, tres parts principals poden ser diferenciades dins la columna: la zona aeròbica, la microaeròfila i l'anaeròbica o anòxica.

En primer lloc, la zona aeròbica és la més propera a la superfície i per tant té una major concentració d' O_2 i una menor proporció d' H_2S . En aquest espai s'hi troben principalment organismes fotosintètics, fet que fa que la zona adquireixi un color verdós. A mesura que es va baixant, la proporció d'oxigen disminueix i la de l'àcid sulfhídric augmenta. Aquesta zona intermèdia és l'anomenada microaeròfila. Final-



Esquema 1: Columnes de Vinogradski: disposició dels bacteris.

ment, a la part inferior o zona anaeròbica no hi ha presència d'oxigen, però, en canvi, la concentració d'H₂S és molt elevada.

Conseqüentment, en aquest indret es desenvoluparan organismes amb un sistema anaeròbic.

Havent vist les parts de la columna i la distribució dels elements al seu interior, ara s'enumeren els microorganismes més comuns que es poden trobar a la columna de Vinogradski.

Zona anaeròbica:

- Degradadors de la cel·lulosa: *clostridium*
- Bacteris reductors del sofre

Zona microaeròfila:

- Bacteris verds del sofre i porpra del sofre
- Bacteris no del sofre
- Bacteris oxidants del ferro

Zona aeròbica:

- Bacteris incolors del sofre
- Cianobacteris

Altres organismes que es poden desenvolupar a la columna:

- *Algae*
- *Fungi*



Columnes del pantà de Can Bogunyà i el riu Ripoll, respectivament, el dia de la seva elaboració i 4 mesos després.

A la part pràctica s'explica el procés d'elaboració de les columnes de Vinogradski. Un cop estan muntades, es realitza un seguiment setmanal fotocronològic per veure el desenvolupament dels ecosistemes bacterians i, finalment, es fa una comparació i una anàlisi dels resultats, de la qual se n'extreuen unes conclusions.

Per elaborar les columnes, cal primerament realitzar la barreja dels sediments i els altres compostos (nutrients i fonts de matèria primera) en un recipient, omplint-ne el terç inferior. A continuació, s'omple el segon terç únicament de sediment, i la part restant s'omple d'aigua, deixant alguns centímetres a la superfície per tal que s'hi acumulin els gasos. Finalment, es realitza el mateix procediment amb l'altra columna, canviant els sediments i l'aigua, i es tapen ambdós recipients amb un film de plàstic.

Anàlisi

Després del desenvolupament de les columnes durant quatre mesos, s'observen moltes diferències respecte al seu aspecte inicial.

Pel que fa a la columna del riu Ripoll, s'observa una gran varietat de microorganismes, que s'han anat desenvolupant de forma constant al llarg del temps. En tan sols una setmana ja s'observaven organismes sulfat-reductors a la zona anòxica de la columna que en poques setmanes s'havien estès ocupant tota aquesta zona. Posteriorment, a sobre de la zona anaeròbica es va començar a desenvolupar la colònia de bacteris oxidants del ferro, que van acabar prenent part de l'espai que ocupaven els sediments foscos. Entre la zona aeròbica i microaeròfila es troben certs organis-

mes de colors verds i marrons. Començant per la part inferior, trobaríem alguns bacteris verds del sofre, que intervenen en el cicle del sofre. A l'estrat immediatament superior creixen els cianobacteris, que solen presentar un color verd-blavós, i les algues microscòpiques, com les diatomees. Finalment, a la capa superior, on l'aigua està en contacte amb els gasos, s'observa el desenvolupament d'algues microscòpiques i cianobacteris, que creen una capa verda. A la mateixa alçada, en les últimes setmanes es comencen a desenvolupar alguns fongs que poden ser floridures. Pel que fa a la columna del pantà de Can Bogunyà, es caracteritza pel seu lent desenvolupament i pel fet d'estar formada principalment per només dues classes de microorganismes: els reductors del sofre i els oxidants del ferro. Aquests bacteris es desenvolupen a la part inferior de la columna, però adquireixen una diferent distribució en comparació amb els de la columna del riu Ripoll. En algunes zones de la columna es poden apreciar alguns organismes de color verd que semblen correspondre a bacteris verds del sofre.

Conclusions

La hipòtesi s'ha confirmat, atès que malgrat que les colònies es desenvolupin de manera diferent i a un ritme irregular, la majoria dels organismes han estat comuns. No obstant, n'hi ha d'altres que difereixen entre columnes. Per un costat, en ambdós dispositius es troben organismes sulfat-reductors i oxidants del ferro, però a la columna del pantà de Can Bogunyà no hi ha els mateixos organismes fotosintètics que a la del riu Ripoll. Així doncs, com que les dues columnes han estat en les mateixes condicions, es pot concloure que l'origen de l'aigua és la causa de les diferències entre columnes.

Ha estat clarament observat, doncs, com la columna de Vinogradski és un exemple d'ecosistema microbià regit únicament per l'energia de la llum, i com un ecosistema completament sostenible es pot crear a partir d'una mostra de sediments. S'ha vist també que cada organisme ocupa, en funció de les seves necessitats, «microespais» altament específics per sobreviure i reproduir-se. A més a més, la columna del riu Ripoll ha estat un clar exemple dels cicles d'elements com el sofre o el ferro, i tots els organismes implicats en ells.

Finalment, com que aquest treball de recerca està centrat en l'estudi macroscòpic (a ull nu) de les colònies bacterianes, seria interessant realitzar un treball complementari enfocat vers l'estudi microscòpic, per determinar exactament quines espècies apareixen i com es comporten.

Bibliografia i bibliografia web

- Benchoam D, Cuevasanta E, Möller Mn, Alvarez B. *Hydrogen Sulfide and Persulfides Oxidation by Biologically Relevant Oxidizing Species*. Antioxidants (Basel).

doi:10.3390/antiox8020048 (febrer 2019). Reaccions metabòliques de certs microorganismes Disponible a: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6406583/>> [Consulta: 3 octubre 2020] – Diversos autors. Recull d'articles sobre diversos aspectes dels bacteris reductors del sofre. Plataforma: ScienceDirect. (2019). Bacteris reductors del sofre i les seves reaccions metabòliques Disponible a: <<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/sulfur-reducing-bacteria>> [Consulta: 30 setembre 2020] – Editors de l'enciclopèdia.cat, en col·laboració amb: JMC / JBB / EVJ / JaViB (novembre 1986). Classificació i informació de certs bacteris presents en la columna de Vinogradski. Disponible a: <<https://www.encyclopedia.cat/ec-gec-0222939.xml>> [Consulta: 16 octubre 2020] – Esteban Dj, Hysa B, Bartow-Mckenney C; *Temporal and Spatial Distribution of the Microbial Community of Winogradsky Columns*. (agost 2015). Anàlisi de la Columna de Vinogradski. Disponible a: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134588>> [Consulta: 6 novembre 2020] – Jim Deacon, *The Microbial World: Winogradsky column: perpetual life in a tube*; Institute of Cell and Molecular Biology, The University of Edinburgh (data no mencionada). Funcionament de la columna de Vinogradski i principals organismes que s'hi desenvolupen. Disponible a: <<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/winograd.htm>> [Consulta: 4 setembre 2020] – José Pedro López Pérez, Departamento de Genética y Microbiología, Facultad de Biología. Universidad de Murcia. *La columna de Winogradsky. Un ejemplo de microbiología básica en un laboratorio de educación secundaria*. (març 2008). Funcionament de la Columna de Vinogradski i anàlisi dels microorganismes Disponible a: <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/download/3748/3325/13614>> [Consulta: 24 octubre 2020] – Martin Dworkin, David Gutnick, *Sergei Winogradsky: a founder of modern microbiology and the first microbial ecologist*, *FEMS Microbiology Reviews*, Volume 36, Issue 2, March 2012, Pages 364–379. (març 2012). Biografia i descobriments de Serguei Vinogradski. Disponible a: <<https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00299.x>> [Consulta: 22 març 2020] – Prof. R. Guerrero; Departament de Microbiologia. UB (octubre 2020). Característiques distintives de certs microorganismes presents en la Columna de Vinogradski. Disponible a: <<http://www.spcn.cat/sites/all/files/VIBs.pdf>> [Consulta: 28 octubre 2020] – The Editors of Encyclopaedia Britannica, *Nitrogen-fixing bacteria*. (gener 2020). Informació sobre els bacteris fixadors del nitrogen. Disponible a: <<https://www.britannica.com/science/nitrogen-fixing-bacteria>> [Consulta: 8 setembre 2020] – University of Illinois Urbana-Champaign, students resources: Project Microbe. *Winogradsky Column Protocol*. (agost 2014). Elaboració i anàlisi de la Columna de Vinogradski Disponible a: <https://publish.illinois.edu/projectmicrobe/files/2015/05/U9_L4_Resource_WinogradskyColumnProtocol.pdf> [Consulta: 2 juliol 2020] – Yizhak Tzvi, Yaron Paz, *Highly efficient method for oxidation of dissolved hydrogen sulfide in water, utilizing a combination of UVC light and dissolved oxygen*; *Journal*

of Photochemistry and Photobiology. (març 2019). Reaccions d'oxidació que duen a terme certs microorganismes Disponible a: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1010603018309729#bib0050>> [Consulta: 27 setembre 2020]
