

2.1.2.a MICROORGANISMES

Els microorganismes són essencials per al funcionament global del planeta i per al desenvolupament sostenible de la biosfera. L'estudi de la diversitat microbiana no pot seguir els mateixos patrons que la resta d'estudis de biodiversitat. En el cas dels microorganismes procariotes, la identificació directa només és possible en molt poques espècies, perquè els criteris per a la seva determinació no es basen únicament en característiques morfològiques. Com més avancen els estudis, més es fa palesa la minsa coneixença que hom té de la diversitat microbiana (es creu que es coneixen entre un 0,1 i un 1 per cent de les espècies existents [entre 10^5 i 10^7 espècies de procariotes]). S'estima que el nombre total de procariotes a la Terra és de $4-6 \cdot 10^{30}$ cèl·lules. A diferència dels "macroecòlegs", els ecòlegs microbians que treballen sobre comunitats naturals s'han d'enfrontar amb diferents problemes: en primer lloc, el gran nombre d'individus per mostra; després amb el problema de diferenciar entre les diferents poblacions i la gran diversitat a una escala relativament petita; i, finalment, amb la dificultat de definir l'espècie bacteriana o altres unitats que englobin el nivell apropiat de diversitat. El concepte actual d'espècie bacteriana, en concret, inclou criteris polítics, entre ells el molecular (basats en el percentatge de la composició molar de guanina més citosina del DNA [%G+C], en la hibridació DNA:DNA [homologia mínima del DNA del 70%], etc.).

La biodiversitat pot ser explorada en termes d'ecosistemes, de poblacions o d'espècies (diversitat de l'ecosistema, diversitat funcional, diversitat taxonòmica). D'altra banda, els índexs de diversitat requereixen que siguin examinats, pel cap baix, tres components: la riquesa d'espècies; l'equitat; i la composició i densitat. Els índexs de diversitat d'espècies usats pels ecòlegs de plantes o d'animals no són apropiats per a la diversitat bacteriana per la dificultat inherent de definir l'espècie bacteriana. De tota manera, hi ha algun índex que aporta una mesura estadísticament significativa de la diversitat bacteriana.

L'estudi dels virus a escala internacional ha sofert un relançament a partir de la definició d'espècie vírica proposada l'any 1990, de tal manera que s'ha passat de la descripció d'unes cent espècies l'any 1991, a unes 4000 espècies l'any 1995. Malgrat que avui dia ha estat aïllada una fracció significativa dels virus d'humans, d'animals domèstics, i de plantes d'importància econòmica, encara es desconeixen els virus que infecten el gran nombre d'altres espècies que poblen el planeta. Fins fa poc, una de les regles de la taxonomia vírica era que el sistema de classificació no implicava cap tipus de relació filogenètica. Malgrat tot, hi ha un interès creixent en establir relacions filogenètiques unint famílies relacionades distantment a través de tàxons superiors. El Comitè Internacional de Taxonomia de Virus (ICTV) s'ha proposat dissenyar, construir i fer accessible a tots els viròlegs del món, una base de dades universal, que descriurà els virus fins al nivell d'espècie, i interconnectarà amb les bases de dades dels grups especialitzats internacionals que estan catalogant dades fins als nivells de soca, variant, i aïllat, que són els nivells importants en medicina, agricultura i altres camps educatius. L'última proposta taxonòmica del ICTV, però, és del 1995 ("Sixth Report").

Les perspectives de la diversitat microbiana han millorat enormement la darrera dècada gràcies als estudis filogenètics moleculars que han relacionat els organismes objectivament. S'han construït mapes amb els arbres filogenètics basats en seqüències de gens, per tal d'articular el concepte esquiu de biodiversitat. I fins i tot, es pot dir que les anàlisis comparatives de les subunitats petites del RNA ribosòmic i altres seqüències de gens han aportat un nou paradigma de la diversitat genètica de la vida, i és que aquesta es distribueix en tres Dominis principals: Archaea, Bacteria i Eucaria. De fet, els arbres basats en els rRNA indiquen que la principal extensió de la biodiversitat sobre la terra és microbiana.

Fins fa poc temps, els intents de quantificar la diversitat microbiana no havien tingut molt d'èxit, en no haver-se pogut cultivar i identificar una part significativa i representativa de la comunitat. Amb l'aplicació de les tècniques moleculars s'obtenen espècies noves, i en alguns casos nous tipus filogenètics de microorganismes. De tota manera, els resultats són complementaris i fins i tot additius als obtinguts amb les tècniques microbiològiques clàssiques. A tall d'exemple, a l'estanyol del Vilar (Pla de l'Estany), mitjançant tècniques moleculars, de totes les seqüències detectades, només una corresponia a alguna de les 30 espècies descrites, durant més de vint anys d'estudi, mitjançant les tècniques microbiològiques clàssiques. De fet, no és l'únic cas, sinó que es poden apreciar resultats similars en altres hàbitats, com ara les fonts termals d'Octopus del Parc Nacional de Yellowstone, als EUA, els sediments de l'estany de Banyoles, els sediments del riu Besós, els sediments marins del litoral català, etc. Fins i tot, s'han arribat a descriure divisions bacterianes només per seqüències trobades a l'ambient, sense que hi hagi, ara per ara, cap representant cultivat.

Els estudis que han estat fets a partir de cultius, juntament amb estudis independents dels cultius, indiquen que algunes divisions bacterianes són gairebé cosmopolites, mentre que d'altres semblen restringides a uns pocs hàbitats. Per exemple, s'observà la distribució de diferents espècies de bacteris fototròfics del sofre en hàbitats aquàtics, concretament en llacs dels Països Catalans, i es veié que hi havia espècies, com ara *Chromatium minus*, que es detectaven en molts dels estanys estudiats, mentre que d'altres espècies, com ara *Thiopedia rosea* o *Thiopedia violacea*, només es trobaven en un dels estanys. Hi ha exemples d'espècies descrites per primera vegada a escala mundial, com l'espiroqueta *Spirosymplokos deltaeiberi* (gen. i sp. nous), caracteritzada a partir de mostres dels tapissos microbians del delta de l'Ebre, o els cianobacteris *Mastigocladopsis repens*, i *Herpyzonema pulverulentum* (spp. noves), el primer, cultivat a partir de mostres de sòl de la Punta de la Móra (Tarragonès) i el segon, trobat imbricat entre altres cianobacteris calcificats, a l'interior de cavitats càrstiques situades al massís del Garraf.

La diversitat d'espècies tendeix a ser més gran entre els organismes petits, però molta d'aquesta variació pot ser funcionalment redundant. De tota manera, hi ha proves que semblen indicar que hi ha una baixa equitat en les agrupacions bacterianes, tal i com es veu en ambients aquàtics, tant de llacs com marins. Es creu que els virus poden tenir un paper destacat en el control del

bacterioplàncton, juntament amb els protists bacterívors, tal i com s'ha observat en llacs d'alta muntanya, en el sistema lacustre de Banyoles i en embassaments. Sembla ser que les agrupacions bacterianes són molt riques en espècies, però només unes quantes formen la majoria de la biomassa en un moment donat.

En molts treballs es troben llistes amb la composició del fitoplàncton i del zooplàncton, però en molt pocs casos n'hi ha de bacterioplàncton. Hi ha algun hàbitat que ha estat estudiat més exhaustivament, com és el cas de l'estanyol d'en Cisó (Pla de l'Estany), però la llista taxonòmica dels organismes identificats a la llacuna després de divuit anys d'estudis, només inclou 5 espècies de bacteris fotosintètics; en canvi, inclou més de 40 espècies de fitoplàncton i més de 25 espècies de zooplàncton. També s'ha estudiat la composició d'espècies de protists; per exemple, en altres ambients planctònics, com ara en el riu Llobregat, o en l'embassament de Foix, s'arriben a detectar fins a 105 espècies de ciliats al riu, i 53 espècies a l'embassament. D'altra banda, en un ecosistema bentònic, com els tapisos microbians del delta de l'Ebre, s'han arribat a detectar, mitjançant tècniques microbiològiques clàssiques fins a 36 espècies de microorganismes procariòtics. Destaca el fet que hi ha molt pocs treballs sobre la composició d'espècies bacterianes dels sòls a Catalunya.

La biodiversitat en procariotes és més una diversitat de les capacitats metabòliques que no pas de les varietats morfològiques. Aquesta diversitat metabòlica dels microorganismes els ha permès colonitzar hàbitats inhòspits per a altres éssers vius, per causa de factors com ara les baixes temperatures, o l'elevada salinitat, tal i com queda palès amb la presència de microorganismes a la coberta de glaç i neu que cobreix els llacs d'alta muntanya a l'hivern (agrupacions microbianes descrites per primera vegada en llacs d'aigua dolça, concretament a l'estany Redó [Vall d'Aran]), o la presència de microorganismes en ambients hipersalins.

Els vertebrats i els invertebrats estan associats amb denses poblacions de procariotes que tenen un paper principal en la nutrició i com a causa de malalties. En aquest sentit, tots els animals amb tracte digestiu o sac digestiu depenen de llur microbiota intestinal. L'estudi dels bacteris patògens d'animals i plantes ha estat enfocat, per motius econòmics, vers les malalties en animals domèstics i en captivitat, i en plantes de conreu. Aquestes espècies es troben raonablement sota control. En canvi, s'ha fet poca atenció científica als bacteris patògens de plantes o animals que creixen en ambients naturals.

Actualment no existeix cap llistat que reculli tots els microorganismes que es detecten com a patògens humans a Catalunya. De tota manera, l'any 1993 es va posar en funcionament el sistema de notificació microbiològica de Catalunya (SNMC), creat amb l'objectiu d'aportar informació respecte de determinades malalties infeccioses per tal de poder-hi exercir un control adequat. L'any 1996 varen analitzar-se un total d'11.527 microorganismes, i s'arribaren a declarar 44 agents causants de malalties d'origen bacterià, i 10 d'origen víric, mentre que a l'Estat Espanyol es declararen un total de 158 identificacions bacterianes i 36 de víriques al "Sistema de Informació Microbiològica".

En animals domèstics, els darrers anys, s'han detectat 47 malalties diferents d'origen bacterià, i 61 d'origen víric. D'altra banda, entre els anys 1990 i 1995 es detectaren 59 tipus de bacteriosis que afectaven diferents espècies vegetals forestals i agrícoles; i entre 1990 i 1997 s'identificaren 43 espècies víriques que també afectaven diferents espècies vegetals d'importància econòmica.

Un objectiu principal de la conservació d'un ecosistema ha de ser la conservació de la diversitat microbiana. El primer pas per a l'avaluació i la conservació de la diversitat microbiana és la identificació dels components de la microbiota en els diferents hàbitats. Els procarïotes en el seu estat natural constitueixen un amplíssim reservori de gens que cal conservar i protegir.

Objectius a assolir:

- Assolir un major coneixement de la diversitat microbiana a diferents escales: ecosistema, població, organisme i molecular. Això es podria aconseguir mitjançant l'estudi de la diversitat microbiana de manera interdisciplinària, establiment de bases de dades i programes de transferència de coneixements.
- Aprofundir en diversos aspectes concrets de la diversitat microbiana. Per exemple, en l'aplicació, millora i complementarietat de les tècniques d'identificació i d'aïllament de microorganismes; l'estudi dels microorganismes no cultivables; l'estudi d'ambients extrems i d'ambients d'interfícies; i l'estudi de la diversitat microbiana d'ecosistemes terrestres, aquàtics i d'origen antropogènic de Catalunya.
- Aconseguir un millor tractament dels microorganismes en la conservació de la biodiversitat i en l'ecologia global. Cal tenir en compte que els microorganismes es troben a la base de qualsevol ecosistema i que tots els éssers vius depenen d'ells.
- Protegir els hàbitats de major interès per la diversitat microbiana. En són un exemple, els llacs estratificats i els llacs d'alta muntanya les fonts sulfuroses, ferruginoses i termals, les maresmes, platges i basses sorrenques intermareals, les àrees on es formen tapissos microbians, travertins, estromatòlits, etc., les salines i basses d'evaporació solar, els ambients de lixiviats naturals com els de les aigües de les mines àcides, les coves, les roques al descobert on hi hagi bacteris, líquens, fongs, etc.
- Protegir diferents espais de gran interès pels microorganismes que acullen. Per exemple, l'estanyol d'en Cisó (zona càrstica de Banyoles), i els tapissos microbians del delta de l'Ebre. Cal tenir en compte que els tapissos microbians reproduïxen un model d'ecosistema molt primitiu a la Terra, equivalent al que aixoplugava els éssers vius més antics que s'han detectat fins ara, que es remunten a més de tres mil cinc-cents milions d'anys.
- Disposar d'un marc legislatiu que contempli la diversitat microbiana dels ambients naturals.

- Conservar *ex situ* les soques de diversitat microbiana més interessants.