

Entrevista amb Lynn Margulis sobre l'origen de la vida

Amb motiu de l'any Darwin, la Facultat de Biologia de Barcelona va convocar unes jornades sobre la seva obra i la investigació actual, que servien al mateix temps per inaugurar el nou edifici de la Facultat a Barcelona. D'entre els investigadors de tot el món que varen acudir a Barcelona, Lynn Mar-

gulis és conegut internacionalment pels seus estudis sobre l'origen de la vida, línia de recerca que va obrir el biòleg soviètic A.I. Oparin. Margulis ha fet una sèrie de plantejaments originals en aquest camp de recerca de tradició darwinista, un camp que encara ha d'anar consolidant el seu marc doctri-

nal. L'entrevista que va concedir a (ciència) té per objectiu posar a l'abast les seves contribucions encara que molts estudiants i professors de Barcelona van tenir ocasió de sentir-la el novembre del 1982. L'entrevista va ser realitzada per Montserrat Vallmitjana.

Fotografies: Gabriel Serra

54 (638 / Volum 3 / octubre 1983

ciència 31)

(ciència): - *Fa anys vau ser a Barcelona i heu seguit tenint relacions amb la Universitat. ¿Quines impressions teniu de la situació de la recerca biològica des de llavors?*

L. Margulis: - Aquesta és la tercera vegada que vinc a Barcelona. La primera vegada vaig venir el 1973 amb motiu de la IV Conferència Internacional sobre l'origen de la vida, que va ser molt interessant però on no hi havia ningú de parla catalana ni castellana. Va ser un congrés internacionalitzat com qualsevol altre i no va tenir res a veure amb la ciutat, excepte que tothom la va trobar molt bonica i s'hi van divertir molt. La segona vegada va ser l'any 1975, que vaig estar amb un grup d'estudiants de la Universitat Autònoma, una gent molt entusiasta. Però després, quan vaig tornar a parlar amb ells, em van dir que havien tingut molt problemes, no havien gaudit d'oportunitats —especialment als laboratoris—; els geòlegs em deien que no hi havia caps o directors amb qui treballar perquè no sabien què era ben bé la nova geologia, la tectònica de plaques, etc. En conjunt no han tingut gaires oportunitats. Aquesta vegada encara no he pogut parlar amb gaire gent però em sembla que tot va una mica millor. He estat parlant amb estudiants i professors d'Alacant i també de les Universitats Autònoma i Central de Barcelona i tinc la impressió que respecte a la ciència hi ha moltes més oportunitats, hi ha més relacions amb l'estranger, i, com s'ha pogut veure, ara s'han fet totes les ponències en català o castellà. És a dir, em sembla que la situació ha millorat força.

(ciència): - *¿Quina ha estat la motivació que us ha portat a estudiar les bacteries, amb la projecció que aquest camp té sobre l'origen de la vida?*

L. Margulis: - El meu treball en realitat està centrat més en l'evolució de la vida que no pas en el seu origen, que representa una problemàtica complexa i ben diferent. Per la meua formació, no tinc res a veure amb la bacteriologia, sinó que sóc genetista. Vaig començar estudiant els gens, les lleis mendelianes, però em vaig adonar fa temps que hi havia unes altres lleis, és a dir, que hi havia característiques que no s'hereten per les lleis de Mendel. D'això me'n vaig adonar fa uns vint anys. Com és possible això? Hi ha qui ho explica dient que hi ha gens "despullats", però per la meua part mai no he cregut en la seva existència, sinó que penso que hi ha d'haver alguna raó que expliqui el tipus d'herència que es troba, per exemple, als cloroplastes de les plantes, a les mitocondries de molts animals i al còrtex dels ciliats. En aquest moment em vaig adonar que la base física d'aquests gens ha de ser donada per altres microorganismes, i si no són virus, han de ser bacteries dins d'altres cèl·lules. Seguint aquest raonament, fa uns quinze anys vaig haver d'estudiar les bacteries i em vaig trobar que hi ha moltes associacions diferents entre bacteries de diferents tipus.

(ciència): - *Això que heu dit us ha portat a formular la teoria simbiòtica de l'origen de les cèl·lules eucariotes... Ens en podríeu fer un resum?*

L. Margulis: - Aquesta teoria explica la formació de la cèl·lula eucariota, per simbiosi de diferents cèl·lules procariotes. A la base de tot, hi ha el sistema nucli-citoplasma que és molt semblant a la bactèria *thermoplasma* que actualment existeix; és a dir, que va ser l'hoste original. Aquest va tenir la propietat de la fermentació i va poder degradar glucosa

fins a àcid pirúvic i làctic a través de les vies que avui coneixem d'Emden-Meyerhof. Aquest és un sistema sencer: nucli-citoplasma. Però aquest sistema va ser envaït per bdellovibrios. És molt interessant d'estudiar les bacteries que són invaïdes per altres bacteries, i precisament les invasores són bdellovibrios. Hi ha poca gent que les estigui estudiant, però em sembla que estan molt relacionades amb les mitocondries, des del punt de vista que són bacteries que com les mitocondries poden usar els àcids pirúvic i làctic en l'oxidació completa de la glucosa. Això vol dir que les dues, hoste-paràsit juntes, poden degradar la glucosa completament, l'una des de glucosa fins als productes de fermentació i l'altra des de la fermentació fins als productes de respiració, és a dir, l'àcid carbònic i l'aigua. Aquestes són les primeres passes en l'origen de la cèl·lula eucariota. Quant als plastes, és molt fàcil explicar-ho; moltes vegades a la història de la biologia trobem exemples de bacteries o altres organismes que es reuneixen amb altres que fan la fotosíntesi, perquè fer la fotosíntesi és produir aliments. És per exemple l'origen dels plastes, molt fàcil d'explicar perquè un plaste és exactament igual que un procariota fotosintètic, és a dir, que l'origen estaria en la invasió d'organismes procariotes fotosintètics a cèl·lules lliures. El problema, doncs, és l'origen dels cilis dels flagels eucariotes (paraula que no faig servir perquè crea confusió). Prefereixo dir "undulipodia", és a dir, el complex format per 9 + 2 microtúbuls. Això és molt més enigmàtic. La idea és la següent: Sabem que els cloroplastes, mitocondries i els sistemes nucli-citoplasma tenen DNA, RNA, RNA missatger, RNA de transferència, membranes i, per tant, tenen totes les parts de la cèl·lula per poder funcionar. En canvi, els "undulipodia" 9 + 2 no tenen res més que una



Va ser una barreja de parts molt profundes. Això té a veure amb l'origen del moviment intern, moviments com ara el mitòtic i el morfogenètic, que es troben en les cèl·lules eucariotes i no en els procarionts. És a dir, es pot comprendre que els cilis o flagels van ser cèl·lules semblants a les espiroquetes, és a dir, éssers independents.

(ciència): - *Quin és l'origen del centriol?*

L. Margulis: - El centriol, que és format per $9+0$ microtúbuls, té exactament la mateixa ultraestructura que els cinetosomes, que són també $9+0$. La diferència és que, quan es troba una cua, és a dir, un axonema, se li diu flagel, cili o "undulipodia", i quan no es troba se li diu centriol. En els llibres de text antics es diu que els centriols són necessaris per a la divisió mitòtica, però no és així, ja que, per exemple, les plantes es poden dividir per mitosi tota la vida sense tenir centriols. Els centriols existeixen sempre abans del creixement d'un undulipodia. És a dir, els centriols hi són de cara a un desenvolupament posterior d'un orgànel de moviment. Els gens o la determinació genètica d'aquesta estructura està per sota del nivell que es pot veure en el microscopi electrònic. Per exemple, amb llavors d'arbre *ginkgo* no es veu cap centriol. Aquesta planta creix durant uns trenta o quaranta anys i, encara que no es vegin els centriols, és clar que està ple de divisions mitòtiques. En el moment en què l'arbre arriba a la maduresa, en el moment que ha de formar espermatozoides, es troben unes estructures que es diuen blefaroplastes que fan de 250 a 1000 centriols a la vegada, ja que molt poc després veurem el desenvolupament dels orgànuls de moviment o $9+2$.



molècula de RNA. Si aquest orgànel va tenir un origen com a bactèria independent, lliure, llavors va haver de canviar (i de perdre) molt; posar el DNA en el nucli, és a dir, fer un canvi de lloc del DNA. Ha canviat molt en el seu desenvolupament. La veritat és que va ser un microorganisme que es va poder moure i és aquest el sentit de la selecció entre tots dos: un es podia moure i l'altre, l'hoste, no i junts ho podien fer. Va ser una força de selecció molt gran, ja que si un té un nivell tròfic gràcies a poder-se moure i aconseguir aliments, la intervenció tan gran de la selecció és clara. Em sembla que es pot explicar el perquè es van perdre aquestes parts. La veritat és que no es van perdre les seves parts sinó el que va passar és que hi va haver una reorganització de la cèl·lula perquè els microtúbuls que en principi van estar dins el microorganisme van començar a créixer dins la cèl·lula i van conferir a la cèl·lula la capacitat de moviment intern. Les cèl·lules procariontes no tenen mai moviments de ciclosi (moviments plasmàtics); en canvi, és una capacitat de totes les cèl·lules eucariotes.



56 (640/Volum 3/octubre 1983

Ningú no pensa que la capacitat genètica hagi aparegut de cop després de quaranta anys. Però de quina manera hi era? En forma de baixa visualització, per sota de la capacitat del microscopi electrònic. És el mateix que passa amb els gens en interfase: no es veuen els cromosomes però se sap que hi són.

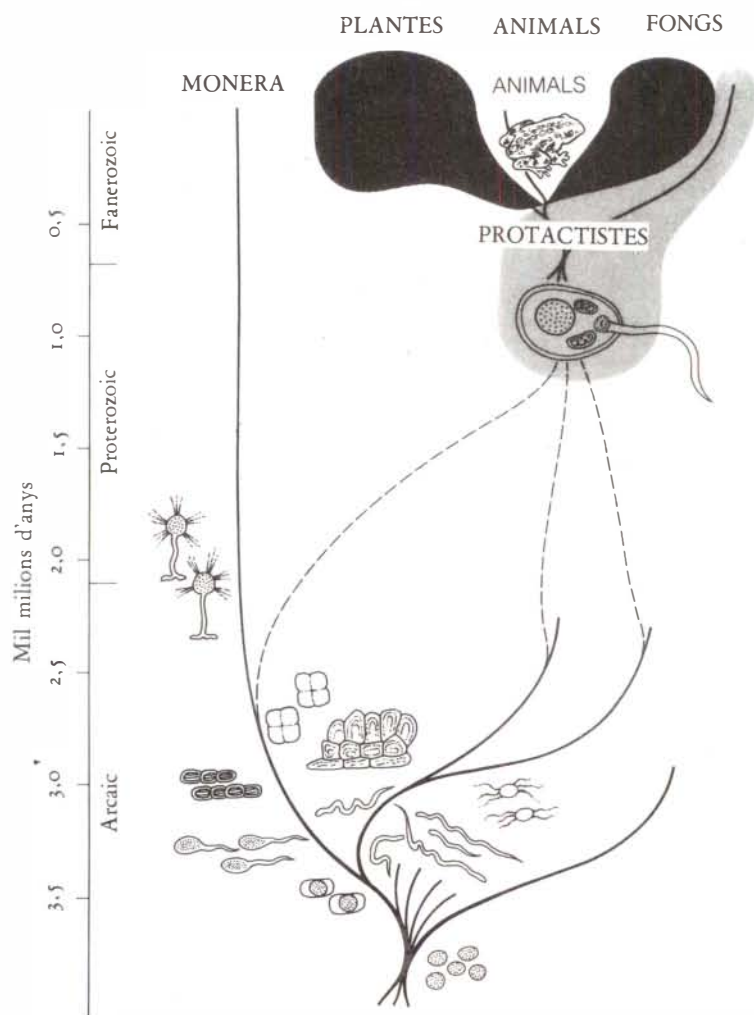
(ciència): - ¿Podríeu parlar-nos de la paleontologia de bacteries fòssils, una qüestió que els descobriments realitzats als Estats Units, Sud-àfrica o Austràlia han fet canviar molt...?

L. Margulis: - Fa uns vint anys era corrent llegir en els llibres que els primers éssers vius en la terra van ser fa uns sis-cents milions d'anys. Ara sabem que no és així. És com dir que les primeres ciutats van ser Chicago o Nova-York. La idea va sorgir de dues persones, una es diu Barghoom, que està treballant a Harvard. El 1954 hi va haver un geòleg, Taylor, que va estar treballant en les grans formacions de ferro prop del llac Superior. En els seus estudis petrogràfics, va trobar algunes coses que no es podia explicar. Sabia que no eren minerals i va pensar en coses més o menys biològiques. Va telefonar a Harvard i es va posar en contacte amb el palentòleg i paleobotànic Barghoom. Van estar treballant alguns estius junts a Wisconsin i van adonar-se que aquestes roques eren de dos mil milions d'anys enrera. En aquestes roques hi van trobar uns trenta o quaranta microorganismes diferents. En alguns trossets de roques es poden trobar milions d'objectes d'aquests per cm³. Això es troba sempre en roques de silici que es diuen *chert* que són més o menys negres, ja que tenen una certa quantitat de carbó. I aquest va ser el començament. Després Barghoom se'n va anar a Sud-àfrica i va estudiar

unes formacions de roques diferents on es veuen metres i metres de roques sedimentàries, laminades amb laminacions molt fines. Nosaltres (Barghoom, jo i altres investigadors) vàrem pensar que eren mantells microbians fòssilitzats en silici. En aquestes roques també vàrem trobar alguns microfòssils però pitjor conservats que els trobats anteriorment. Ara, en aquest moment, hi ha molt entusiasme ja que hi ha un altre grup que ha trobat en el nord-oest d'Austràlia, en una formació que es diu Warra Woonna, unes roques de la mateixa edat que les de Sud-àfrica, de 3.400 milions d'anys. I són iguals totes dues. En aquestes s'han trobat microfòssils molt ben conservats.

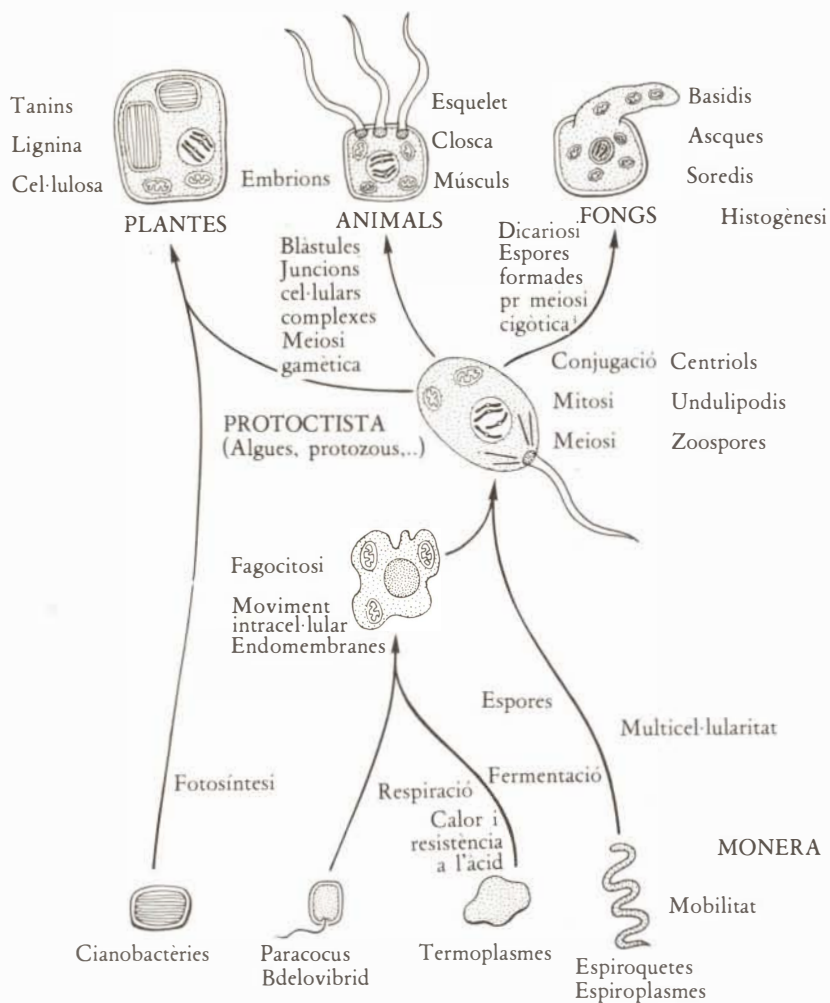
(ciència): -Ja que heu mencionat el cas dels mantells microbians, sabem que aquests estudis han aclarit moltes coses sobre el procés en què es va basar el mateix mecanisme que avui veiem fòssil. També sabem que hi ha mantells microbians a Alacant...

L. Margulis: - És molt possible que n'hi hagi al Delta de l'Ebre. He vist fotografies de gent de la Universitat de



Barcelona i és evident que hi ha molts terrenys del tipus que són dominats per bacteries. És molt interessant ja que amb l'estudi dels terrenys o paisatges dominats per bacteries és una de les maneres per comprendre la vida de fa 3.000 milions d'anys. S'han de comprendre els processos de sedimentació, en els quals es troben bacteries junt amb sediments de carbonats, evaporites, etc. A Boston hem muntat un programa per estudiar tapetes microbians més a prop que no Mèxic, que és a 4.000 km del nostre lloc de treball!

Però generalment aquest ambient es troben en zones tropicals o subtropicals. És necessària una taxa d'evaporació molt alta. És per això que aquest tipus de comunitats bacterianes es troben en llocs prop del mar, però no dins del mar, en llocs com deltes, maresmes, etc. A Alacant hem trobat zones no gaire extenses i jo no sé si val la pena fer un programa d'estudi. He parlat amb Ricard Guerrero i m'ha mostrat fotografies d'altres llocs del país, de llacs dominats per bacteries, realment magnífiques. Crec que hi ha moltes possibilitats de poder fer aquí estudis d'ambients dominats per bacteries.



octubre 1983 / Volum 3 / 641 57

ploides i generacions diploides. Aquest és el regne de les plantes i qualsevol nen de tres anys pot reconèixer el que és una planta i no té res a veure amb un microorganisme. També cal dir que és el regne més jove.

Ara tenim el quart gran regne, que és el dels fongs. Aquests tenen una manera diferent de viure. No tenen mai embrions, ni cilis ni flagels, les cèl·lules no són diploides sinó que són haploides i, en el moment en què es troben en la fertilització, es tornen diploides, però immediatament fan una meiosi per esdevenir haploides. És el que s'anomena meiosi cigòtica. És molt fàcil dir el que són els fongs. Vosaltres, a Catalunya en teniu molts, i els menges quasi tots! I la gent, quan menja bolets, ho diferencia de quan menja plantes o animals. Tenim, doncs, un regne diferent. Des del punt de vista ecològic hi ha molta diferència entre els regnes, ja que les plantes són productores, els animals ingereixen el seu menjar i, en canvi, els fongs tenen una nutrició absorbent; tenen uns enzims que s'alliberen i fan la hidròlisi fora de la cèl·lula i els aliments entren per absorció. És a dir, aquests regnes es poden distingir des del punt de vista de l'ecologia, de la citologia i del cycle vital. Però això no és suficient. Hi ha tota una sèrie d'organismes que no es poden incloure en cap d'aquests quatre regnes. Els agrupem tots en un cinquè regne que en diem protoctista. Aquests organismes no són procariotes sinó que són eucariotes, però no pertanyen a cap dels altres regnes, no tenen el cycle vital ni com els fongs ni com les plantes ni com els animals; no tenen blàstula i mai no tenen embrions. Són aquàtics, eucariotes i tenen una diversitat increïble. Aquests no són per mi protistes, ja que protistes vol dir unicel·lulars i molts ho són però altres no. Aquest grup de què estic parlant se l'anomena protoctista, un nom que va donar l'escolès Hugg.

(ciència): – ¿Com queda, en aquest context, la divisió tradicional dels regnes, animal i vegetal, segons defenseu?

L. Margulis: – Tot està relacionat. Ara, que la vida a la superfície de la Terra és molt més antiga. Sabem que la vida microbiana és molt més complexa que el que s'havia pensat durant molt temps, en el qual la gent es pensava que hi havia dos tipus d'organismes: els vegetals i els animals. I a la nostra escala, això es veritat!, però si entrem a l'escala dels microorganismes ens trobem que la divisió més gran i més profunda és entre les bacteries i tota la resta, és a dir, entre els procariotes i eucariotes. Això s'ha de reflectir en la sistemàtica. El treball d'aquest nord-americà Whittaker que es va morir ara fa dos anys és el millor. Nosaltres hem canviat algunes coses però fonamentalment ens basem en la idea que ell, com a ecològ, no podia aguantar: que els fongs fossin plantes o que les bacteries fossin plantes o animals, perquè no s'assemblen en res. Des del punt de vista ecològic, citològic, d'estructura fina i de l'antiguitat de la vida, tenim el següent esquema, que po-

driem anomenar el dels "cinc regnes" Primer hi ha un regne que inclou totes les cèl·lules procariotes, incloent-hi les cianobactèries, que es diu Monera. Inclou tots els organismes que no tenen nucli. Monera és el nom que Haeckel va donar a les bacteries. Amb la resta d'organismes és més fàcil. Hi ha un regne molt conegut que és el dels animals, que vol dir tots els organismes diploides, que vol dir que tenen dues dotacions cromosòmiques, i que per reproduir-se utilitzen un mètode de sexualitat, que els altres no utilitzen, és a dir, fan gamets per meiosi els quals són d'una dotació cromosòmica cada un, i es troben un espermatozou amb un òvul, s'uneixen, i això creix fins que es forma la blàstula. Aquesta és la definició d'animal i es pot dir que hi ha 31 o 32 grups d'animals batant ben coneguts. Ara ja tenim moneres i animals. Quins són els altres tres regnes! El tercer serien les plantes. Les plantes tenen una alternança de generacions, és a dir, una dotació haploide, que es reuneix en una fecundació i fan també un embrió, diferent del de l'animal, i després del cycle vital, per meiosi, formen espores i d'elles poden créixer plantes. Per tant, tenen generacions ha-