

Gli Eucarioti: benvenuti nel mondo dei "grandi"

Roberto Ferranti

Come ha avuto origine la vita sulla Terra? E come si è evoluta nel corso del tempo? Ecco due grandi interrogativi su cui la Scienza ha l'ambizione (o l'illusione?) di poter, un giorno, fare piena luce. Non è difficile immaginare come il tema sia molto complesso, controverso e di difficile approccio, anche per le implicazioni legate ad altre problematiche di grande rilievo, quale è, ad esempio, il credo religioso. Gli studiosi che hanno cercato di affrontare il problema da un mero punto di vista scientifico, (basandosi, cioè, solo su leggi chimiche, fisiche e biologiche) si sono presi la responsabilità di avanzare ipotesi e teorie senza poter mai effettuare valide verifiche sperimentali, ma utilizzando dati, reperti e informazioni derivati dalle più svariate discipline scientifiche. Tra queste, un posto di primo piano spetta sicuramente alla paleontologia, che, come è noto, si occupa di osservare ed interpretare i resti fossilizzati delle forme di vita che hanno popolato la Terra prima di noi. Negli anni '60, proprio l'analisi di tracce fossili conservate in alcune antiche formazioni rocciose australiane, di età stimata in circa 1 miliardo di anni (fossili di Bitter Spring), permise di stabilire che a quell'epoca avevano già fatto la loro comparsa microrganismi con la struttura cellulare tipica degli Eucarioti, peraltro con un livello di complessità già simile a quello conosciuto. Il fondamentale gradino evolutivo fra Procarioti ed Eucarioti, pertanto, era già stato

superato, probabilmente da diversi milioni di anni. L'evento è cruciale perché è proprio dal momento in cui nasce e si afferma questo nuovo tipo di cellula che la storia evolutiva dei viventi compie una grandiosa accelerazione: nel giro di alcune decine di milioni di anni (un'inezia, geologicamente parlando) si assiste ad una strabiliante diversificazione degli organismi viventi di ogni categoria e compaiono, via via, forme pluricellulari e macroscopiche che acquisiscono sempre più complessità, plasticità e dinamicità evolutiva, così da rendersi più pronte e recettive a sviluppare nuove potenzialità biologiche, fisiologiche ed adattative. Non è un caso che di lì poco (600 milioni di anni fa secondo le stime) la "vita" emerge finalmente dall'acqua e conquista gli ambienti terrestri, irradiandosi ed espandendosi rapidamente in tutti gli habitat. Ma qual è il "quid" in più che possiede la cellula Eucariote rispetto a quella Procariote? Cosa ha consentito, nell'arco di un miliardo di anni o poco meno, di passare dalla semplicità organizzativa degli organismi unicellulari all'imponenza dei dinosauri e delle sequoie e all'unicità biologica dell'uomo, mentre c'erano voluti oltre due miliardi di anni di un mondo popolato solo da Procarioti per "brevettare" la cellula Eucariote? Quest'ultima affermazione è forse un po' troppo semplicistica e sembra fare un torto ai Procarioti, considerati quasi solo come organismi rozzi e con il solo ruolo di preparare il terreno all'affermazione di entità più "raffinate di loro", e noi sappiamo bene che invece non è così, dato che i batteri popolano ancora oggi la Terra. È indubbio, però, che il salto di qualità apportato dalla cellula eucariote è stato considerevole: una regola non scritta vuole che ad un aumento di complessità si associ normalmente un

aumento delle possibilità di diversificazione e così è stato. Viceversa la struttura della cellula procariote non poteva e non può consentire grandi potenzialità di variazioni a livello di forme e dimensioni, tanto è vero che il successo evolutivo del mondo batterico sta soprattutto nella straordinaria eterogeneità a livello biochimico e metabolico, che permette a tali microrganismi di adattarsi e crescere in un vastissimo range di nicchie ecologiche, alcune delle quali inaccessibili agli Eucarioti stessi.

E, tanto per rendere più misteriosa e affascinante la vicenda, ancora oggi non esistono ipotesi certe sulle modalità in cui sono state acquisite, dagli Eucarioti, quelle caratteristiche innovative che, peraltro, permettono a noi di distinguere in modo chiaro i due tipi di cellule. Quali sono queste caratteristiche? Prima di vederne, in breve, i punti salienti, facciamo una banale puntualizzazione: quando parliamo di Procarioti ed Eucarioti ci riferiamo alle cellule o agli organismi? Il termine è stato coniato espressamente per definire la struttura cellulare (in particolare si riferisce alla presenza del nucleo), ma per praticità può essere allargato tranquillamente anche agli organismi. Oltretutto per le forme di vita unicellulari, cioè tutti i Procarioti e parte degli Eucarioti, il problema non si pone nemmeno: è evidente, in questi casi, che Procariote (o Eucariote) è la cellula e Procariote (o Eucariote) è anche l'intero organismo.

Le dimensioni. La cellula Eucariote è normalmente più grande: nei casi più comuni si tratta di decine di μm contro i pochi μm dei Procarioti, ma si arriva anche a dimensioni percepibili dall'occhio umano.

La compartimentazione. È forse l'elemento più noto: una qualsiasi cellula Eucariote possiede al suo



interno una serie di corpuscoli, detti “organuli”, immersi nel fluido cellulare (il citoplasma). I nomi di questi corpuscoli si ricordano senz’altro: il nucleo, i mitocondri, i plastidi, i reticoli endoplasmici, l’apparato del Golgi, ecc. In ognuno di essi vengono svolte una o poche attività specifiche, in ordine ad un “progetto” di delocalizzazione e specializzazione delle funzioni vitali che, come vedremo, interesserà anche la cellula intera.

La tolleranza all’ossigeno. Gli Eucarioti sono nati e si sono sviluppati in un momento in cui il tasso di ossigeno gassoso in atmosfera era giunto a livelli di guardia per chi, come loro, non si era adattato ad utilizzarlo proficuamente o quantomeno a neutralizzarlo. Per tale motivo essi sono tutti organismi aerobi obbligati, incapaci di sopravvivere in ambienti a scarso tenore di ossigeno. Viceversa i Procarioti si sono differenziati nell’arco di un tempo in cui l’ambiente terrestre era in forte e dinamica trasformazione anche per ciò che riguarda l’atmosfera, e pertanto fra di essi vi sono tutti i livelli di tolleranza: da forme anarobie strette per le quali l’ossigeno è letale, a forme facoltative in grado di vivere sia in assenza che in presenza di ossigeno a vari livelli di concentrazione, a forme aerobie obbligate come gli Eucarioti.

La complessità genetica. La maggiore complessità strutturale della cellula è resa possibile dalla dotazione di una quantità più considerevole di materiale genetico (il DNA) rispetto ai Procarioti, materiale che viene racchiuso e stabilizzato all’interno del nucleo e suddiviso in un numero vario di unità informazionali separate dette cromosomi, costituiti, ognuno, da un numero altrettanto variabile di geni. Generalmente ogni cromosoma (e quindi ogni carattere) è inoltre presente in

duplice copia, caratteristica che serve, tra l’altro, a proteggere maggiormente da difetti o mutazioni.

La complessità strutturale. Così tanta informazione accumulata nel DNA garantisce agli Eucarioti nuove, enormi potenzialità biologiche, specialmente se abbinata ad un sistema più complesso e raffinato di controllo e regolazione dell’espressione dei geni, in grado di attivare, di volta in volta, solo quelli necessari alle funzioni a cui la cellula è preposta e di reprimere tutti gli altri. In questo modo è stato possibile per gli Eucarioti strutturarsi in complessi pluricellulari in cui le singole cellule, inizialmente poco differenziate, si sono via via sempre più specializzate nel compiere soltanto una o poche funzioni, acquisendo di conseguenza forme, dimensioni e capacità subordinate ad esse. Ed ecco, quindi, che da semplici aggregati cellulari mal differenziati, si è passati a forme di vita più complesse, costituite da cellule iperspecializzate e organizzate in unità funzionali di grado superiore e di crescente complessità organizzative, ciò che noi chiamiamo tessuti, organi, apparati e, da ultimo, organismi.

La sessualità. Un’altra delle straordinarie “invenzioni” degli Eucarioti. Come tutti sanno la riproduzione sessuale avviene mediante la fusione di due cellule specializzate, dette gameti, che provengono da due organismi diversi e che danno origine ad un nuovo individuo. Quindi due entità che si “riuniscono” in una nuova, apportando ognuna il proprio contributo di informazione, e non più un corpo che si replica semplicemente sdoppiandosi come nei Procarioti. Ma l’evento determinante che è insito in questo tipo di riproduzione è che ogni volta il nuovo individuo risulta geneticamente differente da entrambi i genito-

ri, grazie a processi di “incrocio” fra i geni che avvengono nella fase di formazione dei gameti e nella combinazione puramente casuale tra i caratteri contenuti in essi al momento della riproduzione, compresi quei caratteri modificati da eventuali casi di mutazione spontanea (vantaggiosi o svantaggiosi che siano), che hanno così la possibilità di essere distribuiti fra gli individui. Anche fra i batteri, in verità, esistono alcuni meccanismi di scambio genico, ma sono più aleatori e “opzionali” e non hanno nulla di così sofisticato e sistematico come tra gli Eucarioti. È questa variabilità genetica indotta dalla riproduzione per via sessuale, basata sul rimescolamento dei caratteri ereditari e ripetuta in modo regolare ad ogni generazione, la vera chiave del processo evolutivo, causa non univoca, ma sicuramente di primaria importanza, dell’aumento di complessità di forme e di funzioni che si ripercuote a tutti i livelli di organizzazione biologica e che hanno determinato (e continuano a determinare) la straordinaria biodiversità presente sulla Terra. Con tutte queste potenzialità scritte dentro di sé fin dalla loro comparsa, le cellule Eucarioti avevano il loro destino già quasi inevitabilmente programmato: diventare presto i dominatori della Terra, dando origine a forme di vita estremamente diverse, quelle che noi ora chiamiamo Animali, Vegetali e Funghi, in grado di spartirsi in equilibrio ed armonia, i ruoli e gli spazi all’interno della biosfera. Quasi senza volerlo questo breve excursus ci ha riportato al punto da dove eravamo partiti: come distinguere i Vegetali dagli altri viventi? Ora abbiamo qualche informazione in più per poter dare una risposta.