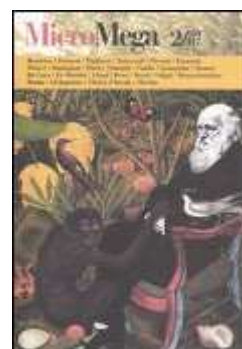
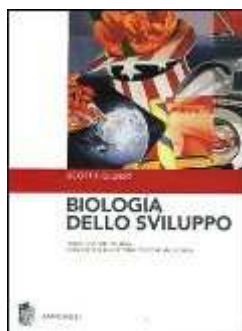


## 24. Bioculture: Più simili che diversi?

[Tornate all'indice degli articoli](#)  
[Tornate alla sala saggistica](#)

Un'antilope, una zebra, o un canguro, pur nelle loro specifiche morfologie, si caratterizzano per essere tutti degli erbivori, specializzati cioè nel reperire le proprie risorse energetiche dalle piante erbacee, avendo acquisito la capacità di trarre da esse gran parte delle riserve nutritive che vi sono custodite. Si tratta di un compito di tutto rilievo in quanto le erbe hanno le loro pareti cellulari rafforzate dalla cellulosa e dal silice. Questo ultimo, incorporato nella loro porzione fibrosa, è dotato di potere altamente abrasivo per denti non adatti a macinarlo. Per ricavare una possibile spiegazione sul perché gli erbivori si siano adattati a trovare nutrimento in un alimento tanto dannoso per i denti, occorre andare indietro nel tempo di circa venti milioni di anni, al Miocene, quando un clima particolarmente caldo ed arido aveva reso le praterie la forma dominante di vegetazione terrestre, risultando pertanto affidata la sopravvivenza di molte specie di mammiferi alla capacità di nutrirsi di erbe.



Si avviò allora una sorta di evoluzione parallela, cioè di coevoluzione, con processi selettivi che favorirono le piante erbacee meglio attrezzate a non farsi brucare, essendosi evolute forme praticamente prive di stelo, con accrescimento basale e pareti cellulari particolarmente ricche di silice cristallina. Gli erbivori vennero attrezzati, da paralleli processi selettivi, di un adeguato apparato masticatore, con denti dotati di grosse e ruvide superfici di occlusione, protetti da smalto, dentina e cemento.

L'elemento che comunque maggiormente caratterizzò, fin dalla loro comparsa, gli erbivori, fu la loro possibilità di spezzare, con la digestione, le pareti cellulosiche dei vegetali. Per fare questo essi avrebbero dovuto disporre di un enzima, la *cellulasi*, che tuttavia nessun animale pluricellulare è tuttora in grado di sintetizzare. La soluzione a cui hanno portato processi selettivi combinati è stata quella di un'associazione simbiotica, cioè di mutuo vantaggio, tra gli erbivori e alcuni microrganismi ospitati nel loro intestino. Questi ultimi sono in grado di produrre *cellulasi* ma hanno bisogno di una camera di fermentazione in cui si possa svolgere il processo.

I meccanismi evolutivi hanno favorito, tra gli ungulati, la individuazione, lungo l'apparato digerente, di due sedi alternative in cui si è realizzata tale funzione: da una parte l'intestino posteriore, con la presenza di una grossa sacca a fondo cieco, posta alla confluenza

dell'intestino tenue con quello crasso, dall'altra l'intestino anteriore, in particolare il rumine, ricavato dal riadattamento dello stomaco, suddiviso in tre o quattro cavità. La prima soluzione è stata adottata, tra l'altro, da cavalli, rinoceronti, tapiri e elefanti, tutti raggruppati tra i perissodattili, mentre la seconda ha interessato mucche, cervi, daini, antilopi, ungulati che fanno parte degli artiodattili.

La differente dislocazione della camera di fermentazione ha favorito differenti strategie di alimentazione da parte dei due gruppi di animali. Nelle mucche, che hanno la camera di fermentazione nel rumine, il processo è più lungo, svolgendosi in settanta-cento ore; la loro alimentazione si basa su pascoli di buona qualità, con erbe povere di tannino e silice, sottoposte in maniera più minuziosa ai processi digestivi che si svolgono essenzialmente nella porzione anteriore dell'intestino. I cavalli, al contrario, si sono adattati ad un cibo abbondante ma di bassa qualità, reperibile in pascoli poveri, con erbe spesso ricche di silice e tannini; il cibo attraversa in meno di trentacinque-quaranta ore il loro intestino per venire in gran parte digerito nella sua porzione posteriore.

Anche in altri mammiferi, come roditori e lagomorfi (lepri, conigli ecc.), la presenza di una camera di fermentazione a livello dell'intestino posteriore ha reso più vantaggioso, da un punto di vista energetico, un attraversamento rapido del cibo lungo l'intestino, con la produzione tuttavia di feci ancora molto ricche dei prodotti della fermentazione microbica. Per recuperare queste risorse nutritive esse vengono regolarmente mangiate, spesso dai cuccioli della nidiata, processo noto come coprofagia. Anche tra i koala è consuetudine dei piccoli di alimentarsi per lungo tempo delle feci prodotte dalle madri.

La fermentazione microbica nell'intestino posteriore si è sviluppata in modo simile in molti altri vertebrati quali uccelli, tartarughe, lucertole e pesci. Tutto ciò testimonia come animali anche filogeneticamente distanti, in relazione al problema dell'utilizzo ottimale della stessa risorsa alimentare, possano adottare risposte analoghe. Nel caso specifico, per un'adeguata digestione dell'erba, si è attivata la simbiosi con microrganismi ospitati in opportune camere di fermentazione, ricavate da sacche dell'intestino adibite a tale funzione ma diversamente dislocate. La spiegazione di come soggetti appartenenti a specie diverse abbiano potuto convergere indipendentemente e più volte, nel corso dell'evoluzione, su soluzioni strutturali simili non dovrebbe oggi essere soltanto ricercata in un vantaggio selettivo, affermatosi nella competizione tra individui adulti, portatori delle stesse specifiche mutazione che li hanno resi gradualmente più adatti alla sopravvivenza, quanto anche nella condivisione, da parte di soggetti appartenenti a specie diverse, di particolari geni regolatori attivi durante lo sviluppo embrionale.

Le recenti acquisizioni della genetica dello sviluppo hanno messo in evidenza l'esistenza di una comunanza molto ampia del patrimonio genetico in tutta la scala zoologica, e questo non soltanto in riferimento a geni che regolano l'attività di altri geni, ma anche ad omologie sia nel modo con cui essi riescono a relazionarsi tra di loro sia nella modalità di trasduzione dei messaggi ai vari recettori presenti nei corpi. Le omologie osservate a livello dell'apparato digerente di molti vertebrati - nel caso prima ricordato si è fatto cenno a quello delle mucche o dei cavalli - appaiono molto più ampie se si prendono in considerazione aspetti ancora più generali, quali quelli che riguardano la definizione di come ciascun organismo, in relazione alla specie di appartenenza, organizza il proprio corpo secondo una specifica simmetria spaziale. Insetti e mammiferi, appartenenti a *phyla* differenti, presentano corpi dotati di simmetria bilaterale, con appendici come braccia, gambe o zampe che si estendono verso l'esterno lungo l'asse del loro corpo, secondo un'organizzazione spaziale governata da geni regolativi, attivi durante la formazione dell'embrione. La cosa sorprendente è che gli stessi geni che, ad esempio, operano nel moscerino dell'aceto, *Drosophila melanogaster*, sono in parte presenti nell'uomo: in alcuni casi si tratta di intere porzioni di DNA che occupano posizioni simili nel genoma di organismi tanto filogeneticamente distanti.

I geni *omeotici*, del tipo *Hox*, specificano la polarità dei corpi, cioè quella che sarà la loro porzione anteriore e posteriore, essendo disposti, nel cromosoma che li contiene, nello stesso ordine con cui essi vengono espressi, in successione temporale, lungo l'asse spaziale dell'embrione. In *Drosophila melanogaster* è presente un unico complesso funzionale di tali

geni, localizzati nel cromosoma 3 (*lab, pb, Dfd, Scr, Antp, Ubx, abdA, AbdB*) mentre nel topo, come in genere nei mammiferi, sono presenti quattro complessi *Hox* localizzati su quattro cromosomi differenti ma comunque disposti in un ordine simile a quello osservato in *Drosophila*. Complessi genici come quello *Hox* appaiono profondamente conservativi, essendosi la loro espressione mantenuta costante da milioni di anni in molti *phila* animali.

Ma allora, di fronte ad una così ampia condivisione di geni, cosa conferisce diversità ai vari raggruppamenti di animali? Cosa rende così diversa una farfalla da una rana o da una volpe? Un elemento di specificità potrebbe essere conferito dalla differente risposta dei geni bersaglio all'azione dei geni regolatori. Così il gene *Ultrabithorax (Ubx)* risulta attivo in alcune formazioni embrionali come i dischi immaginali del terzo segmento toracico delle mosche e delle farfalle, ma mentre nelle prime la proteina *Ubx* induce la formazione dei bilancieri, che hanno una funzione di stabilizzazione nel volo, nelle seconde la stessa proteina determina la formazione di un secondo paio di ali.

A causa di una mutazione, apparsa circa cento cinquanta milioni di anni fa, il gene *Distal-less (DllabdA e Ubx)*, determinando l'assenza di appendici addominali. Le larve di farfalle tuttavia hanno false zampe nell'addome in quanto in esse il gene *Dll*, nella sua espressione nei segmenti addominali, è regolato differentemente, analogamente a quanto avviene in molti altri invertebrati.

Un elemento che potrebbe avere contribuito notevolmente alla diversificazione dei *phila*, può essere rintracciato nel processo di duplicazione genica, nella formazione cioè di più copie di uno stesso gene, cooptate ad assumere, nel tempo evolutivo, funzioni diverse. Ad esempio, i geni *Hox* sono presenti in tutti gli invertebrati in un unico complesso mentre, nel corso dell'evoluzione, il passaggio dall'anfiosso, progenitore dei vertebrati, ai pesci primitivi sarebbe stato anticipato dalla quadruplicazione del complesso *Hox*, permettendo a ciascun unità di svolgere varie funzioni come quelle di specificare le aree dell'encefalo e del midollo spinale, il tipo di vertebre che si formano lungo l'asse del corpo, le regioni che danno luogo alle varie porzioni del tubo digerente, dalla faringe al retto o alla cloaca.

Lo sviluppo delle varie aree del corpo si realizza in maniera modulare, attraverso l'integrazione di moduli distinti ed interattivi. In essi, come quelli destinati a dare luogo agli arti, agli occhi o al sistema nervoso, gli stessi geni possono svolgere funzioni diverse, attivati in periodi di sviluppo anch'essi differenti. Ciò ha consentito lo svolgersi di processi macroevolutivi, responsabili cioè della comparsa di nuovi raggruppamenti biologici, in quanto alcune parti dell'organismo hanno potuto modificarsi senza interferire con le funzioni svolte da altri moduli. Analogamente, un modulo può avere diversificato il periodo della sua espressione rispetto agli altri moduli dell'embrione, dando luogo, nell'individuo adulto, ad organi che hanno mantenuto caratteristiche fetali, come i piccoli piedi palmati della salamandra arboricola.

Il quadro che si è andato delineando, sulla base delle ricerche condotte negli ultimi anni, mostra un percorso evolutivo in cui la complessità risulta spesso associata ad una duplicazione, diversificazione e cooptazione di geni verso nuove funzioni, con notevoli implicazioni sul piano dei vincoli posti allo stesso cambiamento evolutivo. Infatti negli organismi meno complessi, come i microrganismi, ciascun gene svolge, in genere, un'unica funzione per cui è facile che alcune mutazioni in una piccola porzione di *DNA* possano comportare la graduale affermazione di nuovi adattamenti: nei batteri si ha, per tale strada, una continua proposizione di soggetti geneticamente diversi, in grado di adattarsi alle perturbazioni ambientali, che per essi possono essere rappresentate da un nuovo antibiotico, riuscendo a mantenere inalterata la loro capacità infettante.

Negli organismi più complessi tuttavia geni con attività di regolazione nei processi di sviluppo dell'embrione, spesso fondamentalmente simili a quelli di antichissimi progenitori, sono stati duplicati e cooptati dai processi selettivi a svolgere una molteplicità di funzioni. In tale situazione la mutazione di uno di tali geni va ad incidere su più aspetti funzionali, per cui diviene estremamente improbabile che tale modifica possa avere una discreta possibilità di affermarsi. Questo limite alla variabilità genetica spinge gli organismi più complessi verso una sorta di vicolo cieco in quanto, alla specializzazione del ruolo da essi svolto nel contesto

ecologico di appartenenza, siano cioè essi degli erbivori, dei predatori o dei parassiti, non fa da contro altare la possibilità di acquisire, attraverso nuove mutazioni, la necessaria variabilità in grado di garantire nuove soluzioni in un ambiente in continua trasformazione.

I picchi adattativi si possono così trasformare in abissi adattativi non appena le specie dotate di maggiore complessità biologica esauriscono la loro variabilità genetica, in gran parte ad esse assicurata dalla riproduzione sessuale. L'eventuale riduzione della densità di tali popolazioni e, soprattutto, il loro isolamento in chiazze di paesaggio ecologico non interconnesse comporta inevitabilmente una loro rapida estinzione.

Il processo evolutivo si mostra dunque più articolato rispetto a quello che la genetica di popolazioni aveva suggerito fino a qualche anno fa: alla gradualità dei cambiamenti evolutivi, cioè alla lenta modifica degli organismi viventi realizzata attraverso l'apporto di mutazioni dai piccoli effetti, graduali e adattativi, che danno conto della microevoluzione, si aggiungono, senza tuttavia contrapporsi, cambiamenti, morfologici o comportamentali, rapidi e discontinui, responsabili dei processi macroevolutivi. Essi si affermano attraverso la modifica, per mutazione, di geni regolatori, attivi durante la fase dello sviluppo embrionale, come i geni *Hox*, evento raro ma pure possibile a distanza anche di qualche milione di anni. La loro affermazione sarebbe responsabile dell'improvvisa e rapida affermazione di nuove strutture biologiche o di nuovi raggruppamenti filitici.

Le relazioni che connettono le specie, in funzione della loro condivisione di un progenitore comune, va integrata con una lettura più a mosaico, in cui aspetti morfologici o comportamentali presenti in una specie possono trovare similarità e corrispondenza in altre specie, anche filogeneticamente lontane. Un esempio indicativo in tale direzione è dato dal linguaggio umano che, sul piano delle strutture funzionali, atte ad esprimerlo, cioè dei neuroni della corteccia cerebrale collegati a quelli che controllano la muscolatura della laringe, e della stessa specifica conformazione di tale organo, trova una corrispondenza non nei primati, che mancano di tali caratteristiche, ma in molti uccelli e probabilmente, tra i mammiferi, nelle foche.

Una mutazione nel *DNA*, comparsa e affermata in popolazioni umane tra centoventimila e duecentomila anni fa, potrebbe avere modificato l'espressione di una proteina collegata al gene *FoxP2*, rendendo funzionali differenti zone del linguaggio e permettendo così non solo l'articolazione delle parole, attraverso un adeguato movimento dei muscoli facciali, ma anche la loro comprensione secondo regole grammaticali. La sequenza del *DNA* del gene *FoxP2* non è presente negli altri primati ed è invece simile al 98% a quella osservata negli uccelli, di cui è stata messa recentemente in evidenza la capacità di apprendimento nel canto.

Il caso del gene *FoxP2* risulta molto indicativo di come una piccola modificazione del *DNA* possa determinare, in tempi brevi, ampie variazioni nel comportamento o nella morfologia di singole specie o di raggruppamenti di esse. Tutto ciò getta una nuova luce anche sui processi che hanno reso possibile all'uomo di essere differente dagli altri animali, pur condividendo con essi gran parte del patrimonio genetico.

Le recenti acquisizioni scientifiche secondo cui lo sviluppo degli organismi avviene per moduli distinti ed interagenti, insieme alla constatazione che i geni, dopo avere subito un processo di duplicazione possono essere cooptati a nuove funzioni, fa intravedere come la specificità umana possa derivare da una serie di eventi genetici fortuiti che si sono realizzati, a livello dello sviluppo embrionale, nel posto giusto e nel momento più opportuno. Un fiammifero che si accende in un mucchietto di foglie si esaurisce dopo poco tempo, mentre se la cosa succede in un fienile le fiamme divampano perché trovano il terreno fertile al loro sviluppo. Analogamente, la mutazione *FoxP2* o modificazioni genetiche ugualmente significative, quando si sono realizzate negli uccelli, non sono state così dirompenti rispetto a quanto è avvenuto nell'uomo perché egli già condivideva con le scimmie antropomorfe un cervello in grado di amplificare gli effetti che gli venivano conferiti dalla possibilità di esprimersi attraverso il linguaggio.

Sui diversi temi affrontati in questo articolo si può fare riferimento alle seguenti indicazioni bibliografiche



- La biologia dello sviluppo si sta presentando come uno dei campi più innovativi della conoscenza. Numerosi sono i testi disponibili per un accostamento a tale disciplina. Si consiglia in particolare il libro di [Scott F. Gilbert, Biologia dello sviluppo](#), Bologna, Zanichelli, 2005, pagg. 787.
- Sugli aspetti delle trasformazioni del genoma si può consultare il testo di [Terence A. Brown, Genomi](#), Napoli. EdiSES, 2003, pagg. 608.
- Sul dibattito che pone al centro dell'interesse la comparazione tra specie e ciò che le rende più simili o diverse si rimanda a [MicroMega: almanacco di scienze](#), n. 2/2007, pagg. 224. In particolare, su tale argomento, risulta molto stimolante la lettura degli articoli di Tecumseh Fitch, *La foca e il pescatore: sulla fratellanza delle specie*, pag. 93-101; Denis Dubuole, *Darwin nell'età della genomica*, pag. 102-108.

Torna in [biblioteca](#)

