

Origini, specie e individui di fronte al divenire dei processi biologici

Alessandro Minelli

Nel descrivere la natura vivente, i biologi si sono tradizionalmente allineati su una segmentazione per categorie spaziali e temporali in accordo con il linguaggio comune. La vita si presenta sotto forma di individui distinti, ciascuno dei quali appartiene ad una specie. Individui e specie diventano perciò categorie privilegiate per la descrizione e l'interpretazione della realtà biologica. Gli individui, inoltre, hanno un'esistenza finita, per cui sembra scontato poter fissare, per ciascuno di essi, un inizio e una fine: una nascita e una morte. Lo stesso, forse, si può dire anche per le specie. Non si intitolava forse *On the origin of species*, l'opera maggiore di Charles Darwin (1859)?

Non v'è dubbio che una mole grandissima di importanti risultati scientifici è stata acquisita da parte di ricercatori che non hanno mai sentito il bisogno di rivedere criticamente questi concetti di individuo e di specie o di verificare il significato o la legittimità di una questione biologica formulata in termini di origini. Tuttavia, una scrupolosa rivisitazione di queste nozioni è probabilmente necessaria, non solo per una legittima preoccupazione circa la metafisica in riferimento alla quale la ricerca biologica continua a progredire, ma anche per l'urgenza di una revisione suggerita dagli stessi risultati degli studi biologici negli ultimi decenni.

1. *Origini*

Oltre che con le origini delle specie e degli individui, alle quali si è accennato, i biologi si confrontano spesso anche con altre origini. Ad esempio, l'origine del volo nella linea evolutiva che ha portato agli uccelli, o l'origine della condizione terrestre, con i suoi complessi adattamenti, all'interno dei vertebrati o degli artropodi; oppure l'origine del fiore, nella vicenda storica delle piante.

Queste diverse domande formulate in termini di origini rinviano a ipotetici eventi che sono a volte destinati a rimanere avvolti nell'incertezza dovuta alla distanza dai nostri giorni, altre volte invece sembrano potersi offrire ad un'impetosa dissezione temporale che potrebbe promettere una risoluzione arbitrariamente fine. Una cosa, in effetti, è interrogarsi circa l'origine della vita sulla Terra, o l'origine della prima cellula eucariote, o la comparsa del primo uomo, un'altra cosa è indagare sugli inizi della storia individuale di un singolo essere umano, o di un singolo filo d'erba. Forse è così, ma non ne sarei così convinto (cfr. a questo proposito Minelli [2011]).

Dei due gemelli che prendono il latte dalla lupa capitolina, uno si chiama, significativamente, Romolo. Ma è facile convincersi che non è stato Romolo a dare il proprio nome a Roma, bensì è stata Roma (i Romani) a dare il proprio nome al leggendario fondatore della città. Certo, si dirà, quello delle origini di Roma è un mito, dove un aspetto della realtà presente viene proiettato in un indistinto passato fino ad evocare, in questo, una sorta di capacità poetica e profetica insieme. È la stessa ingenua operazione mentale dalla quale scaturiscono definizioni di cui sono pieni i libri (non tutti, per fortuna), come "*Archaeopteryx*, il primo uccello", oppure "*Rhynia*, la prima pianta terrestre". Miti¹, anche questi, dai quali ha vigorosamente preso le distanze la moderna sistematica filogenetica o cladistica, per la quale gli antenati, in quanto tali, non sono mai conoscibili.

I diagrammi a forma di albero che ricorrono nei libri e negli articoli che parlano di filogenesi non sono più gli alberi genealogici di una volta, compresi quelli, più famosi, di Ernst Haeckel. Questi nuovi diagrammi (cladogrammi) indicano solo relazioni fra "pacchetti di caratteri". Ogni nodo vi rappresenta la condivisione, da parte di due o più specie, di caratteri che si presentano in forma modificata (derivata, o apomorfa) rispetto alla condizione originaria, che si è conservata invece nel ramo fratello.

Di fronte a questa importante svolta metodologica, ci si può chiedere se questo svanire della nozione stessa di antenato, e quindi del problema dell'origine di una specie, non possa avere un suo equivalente nella sfera della biologia dello sviluppo. In altre parole, ci si può chiedere se anche la ricerca delle precise origini di un nuovo individuo non sia anch'essa illusoria e frutto, come nel caso delle specie (o della fondazione di Roma), di un serio errore di prospettiva.

¹ Questo vale, naturalmente, anche per l'origine dell'uomo; cfr. Minelli (2008a).

Il dubbio, a mio avviso, è più che giustificato. Lo suggeriscono, per esempio, le difficoltà nelle quali si dibatte la bioetica nei suoi sforzi per fissare il momento dello sviluppo in cui si deve riconoscere, nell'uomo, la comparsa di un nuovo individuo, tale da rappresentare un legittimo soggetto di valori etici e di responsabilità civili.

Temo peraltro che a questo interrogativo difficile e talora drammaticamente serio la scienza non possa offrire una risposta secca e precisa. La biologia può (e deve) rendere disponibili tutte le informazioni che ha raccolto, dalle quali si evince una serie, variegata e in parte sfumata, di eventi che si susseguono lungo la storia dello sviluppo di un individuo umano, ciascuno dei quali segnala il manifestarsi di una forma diversa, o di un diverso livello, di unicità, oppure un aspetto diverso di irreversibilità. Dove si fermerà la nostra attenzione? Al momento, per esempio, in cui il contatto fra una cellula uovo e uno spermatozoo determina la cosiddetta reazione acrosomale, a seguito della quale viene definitivamente escluso che il futuro zigote conterrà materiale genetico altro da quello posseduto da quell'uovo e da quello spermatozoo? Oppure aspetteremo che i due nuclei aploidi, maschile e femminile, si uniscano finalmente, venendo a costituire il patrimonio genetico completo che caratterizzerà dunque lo zigote e tutte le cellule diploidi che ne deriveranno? Peraltro, la formazione del nucleo zigotico consolida le potenzialità genetiche dell'individuo che si viene formando (o che si formerà), ma questo patrimonio genetico per un po' di tempo non si esprime: tutti gli RNA messaggeri e tutte le proteine presenti nello zigote e nelle cellule che ne derivano attraverso i primi cicli di divisione cellulare sono infatti di origine materna e solo dopo un po' di tempo e di divisioni cellulari cominceranno a comparire molecole di RNA messaggero trascritte a partire dal DNA di queste cellule embrionali. E si potrebbe continuare con altre transizioni, ciascuna delle quali aggiunge un po' di novità e di unicità a questo sistema che si viene sviluppando. Tuttavia, la traduzione di uno di questi momenti, o di queste transizioni, nel momento in cui si può e si deve parlare di origine di un nuovo individuo travalica le competenze specifiche del biologo e richiede un atto decisionale di natura non scientifica – un passaggio dalla sfera della ragion pura alla sfera della ragion pratica.

Quanto sia sfumata e forse sempre indecidibile la questione delle origini di un nuovo individuo, lo mostrano le trasformazioni alle quali può andare incontro *Dictyostelium discoideum*, un minuscolo organismo che vive fra le foglie morte, nutrendosi di batteri. Nella sua fase attiva, *D. discoideum* è una sorta di ameba, un unicellulare che si sposta molto lentamente sulla superficie umida delle foglie morte, attirato da un segnale chimico che proviene dalle cellule dei batteri decompositori. La situazione cambia drasticamente quando i batteri vengono a mancare.

Vediamo allora le piccole amebe muoversi le une verso le altre, aggregandosi in una massa sempre più vistosa, fino a formare una sorta di piccola lumachina che si sposta, sempre con grande lentezza, fino ad un punto dove alcune cellule si fissano al substrato, mentre le altre salgono, per così dire, sulle loro spalle. Si viene così a formare una sorta di antenna, sempre più alta e sottile, alla sommità della quale si radunano alcune cellule, le quali differenziano un rivestimento protettivo (diventano cioè delle spore) e restano in attesa di essere spinte, da un debole urto o da un po' di turbolenza nell'atmosfera circostante, fino a qualche millimetro di distanza. Cadute su nuovo terreno, queste spore si liberano del loro rivestimento e cominciano una nuova vita attiva, in forma di amebe.

Nel corso di questa vicenda, un nuovo individuo pluricellulare viene costruito secondo un meccanismo non comune. Non si parte, infatti, da una singola cellula (un uovo, oppure un seme) che attraverso una successione di mitosi produce un numero crescente di cellule che rimangono tutte insieme, costituendo un embrione dapprima, un giovane e un adulto più tardi. Nel caso di *Dictyostelium* si parte invece da una piccola popolazione locale di individui unicellulari, che si aggregano a formare una struttura pluricellulare. Ci si può chiedere allora in che modo questa insolita vicenda prenda inizio.

Si potrebbe ipotizzare, ad esempio, l'esistenza di singole amebe capaci di fungere da fondatrici, cioè da centri di aggregazione per le altre amebe. Se è così, quali proprietà avrebbero, queste amebe fondatrici? Sarebbero, per esempio, le sole ad esprimere un ipotetico "gene per l'aggregazione"? Per alcuni anni, diversi laboratori hanno affrontato la questione, ma alla fine i ricercatori hanno dovuto arrendersi all'evidenza. In *Dictyostelium* non ci sono cellule fondatrici; in altre parole, tutte le cellule sono equivalenti tra loro. A rendere diseguale il loro ruolo nella formazione della massa pluricellulare è, semplicemente, la loro distribuzione nello spazio, nel momento in cui spariscono dalla scena gli ultimi batteri. La sostanza che attira queste amebe verso i batteri è in realtà la stessa sostanza che le attira l'una verso l'altra, ma il segnale proveniente da un batterio è molto più forte del segnale emesso da un'ameba. Pertanto, finché ci sono batteri, le amebe si muoveranno in direzione di questi e solo dopo la scomparsa dei batteri diventerà rilevante il segnale che proviene loro dalle altre amebe. A questo punto, due amebe che casualmente già si trovino ad essere più vicine tra loro avranno maggiori probabilità di intercettare i reciproci segnali e, quindi, di iniziare ad aggregarsi, acquistando così di fatto la possibilità di diventare le fondatrici di una nuova massa pluricellulare. Una volta aggregatesi tra loro, infatti, emetteranno un segnale un po' più forte di quello che viene da un'ameba singola. E così di seguito. Dunque: formazione di

un organismo pluricellulare, ma senza un capostipite, senza vere origini (cfr. Minelli [2009a]).

2. *Specie*

Linneo fu capace di costruire il suo *Systema Naturae* partendo dal presupposto che le specie sono sostanzialmente immutabili: ce ne sono, in natura, tante quante Dio ne volle creare all'inizio dei tempi. A noi tocca solo di esplorare con attenzione il creato, riconoscere le specie esistenti in natura e dare loro un nome, da degni successori di Adamo.

L'inventario realizzato da Linneo contava poco più di diecimila specie, fra piante e animali. Ai nostri giorni, la lista si è allungata fino a raggiungere i due milioni di specie ed è ben chiaro che non siamo nemmeno alla metà dell'opera.

Ma che cos'è una specie? In particolare, la nostra concezione attuale di specie è ancora, sostanzialmente, la stessa di Linneo? Non è facile dare una risposta precisa a questa domanda².

Per certi aspetti, infatti, il lavoro dei tassonomi di oggi non differisce molto da quello di Linneo. Non solo perché le descrizioni delle nuove specie che progressivamente vengono scoperte (quasi ventimila all'anno) continuano ad essere basate soprattutto su caratteri morfologici, ma anche perché si dà implicitamente per buono il principio secondo il quale una "buona" specie è ciò che un esperto conoscitore (specialista di un determinato gruppo di piante o di animali) riconosce come tale. Ma le cose non sono così semplici.

Qualche dubbio, sull'opportunità di fidarsi solo delle apparenze, lo leggiamo già in qualche autore del XVIII secolo. Ad esempio, Johann Friedrich Gmelin, nel dare alle stampe un'edizione aggiornata (la tredicesima) del *Systema Naturae* (Linnaeus [1788-1793]), una quindicina d'anni dopo la morte di Linneo, annotava che due coccinelle ritenute da Linneo specie diverse erano in realtà una specie sola, e lo dimostrava il fatto che lui aveva visto più volte in accoppiamento una *Coccinella bipunctata* e una *Cocci-*

² Un'ampia raccolta di saggi sui diversi concetti di specie e sulla loro relativa rilevanza per il lavoro concreto dei tassonomi che si occupano di gruppi diversi di organismi è offerta da Claridge, Dawah, Wilson (1997). Bernardi, Minelli (2011) presentano una sintetica rassegna comparativa dei principali concetti di specie. Per un inquadramento storico della problematica si veda Wilkins (2009).

nella sexmaculata, ben riconoscibili per la diversa colorazione, ma tra loro non più diverse di quanto non siano due esseri umani con capelli di diverso colore.

Qualche anno prima, il problema di una definizione “naturale” della specie era stato esplicitamente affrontato da Buffon, che era arrivato a una prima formulazione di quello che in tempi a noi vicini è diventato popolare come il “concetto biologico” di specie. Secondo questo concetto, le specie esistono realmente in natura, sotto forma di “comunità riproduttive”. Appartengono ad una stessa specie tutti gli individui capaci di incrociarsi fra loro, dando origine a prole feconda. Quest’ultima precisazione appare necessaria, visto il caso, discusso da Buffon, del mulo e del bardotto, l’esistenza dei quali rileva un’indubbia affinità fra asino e cavallo, limitata però dal fatto che gli ibridi, per quanto vitali, sono sterili e quindi non rappresentano delle vere brecce nella barriera riproduttiva che esiste comunque fra cavallo e asino. Quest’ultime sono dunque due buone specie, secondo il concetto biologico di specie.

Confini precisi, dunque? Spesso, forse, ma non sempre³. Ci sono casi, ad esempio, in cui la sterilità degli ibridi è parziale, o variabile a seconda della provenienza geografica dei loro genitori.

Ma ci sono, soprattutto, casi in cui un’applicazione del concetto biologico di specie è esclusa a priori, perché non c’è alcuna possibilità di verificare la presenza o l’assenza di barriere riproduttive. È il caso degli organismi a riproduzione uniparentale: quelli, cioè, che hanno un solo genitore.

La situazione è diffusa presso le piante, interessando anche – seppure non in modo totale – generi ben noti e diffusi, come i rovi (*Rubus*) e i soffioni o denti di leone (*Taraxacum*). Ma vi sono anche animali a riproduzione uniparentale (cfr. Janzen [1977] e Schilthuizen [2001]), ad esempio molti insetti stecco e un intero gruppo di minuscoli animalletti semiacquatici, i rotiferi bdelloidei, presso i quali gli scambi sessuali non si verificano forse da più di cento milioni di anni.

Anche all’interno dei vertebrati ci sono molte situazioni in cui i confini fra le specie sono incerti e sembra possano essere rimessi in discussione dall’oggi al domani. Ne prenderemo un esempio dalle rane, un altro dai pesci d’acqua dolce.

Nell’ambito delle rane, particolarmente intricato è il caso delle rane verdi europee. Limitando qui l’attenzione alle forme presenti in Italia settentrionale e in Europa centrale, possiamo distinguere tre forme che, in apparenza, sembrerebbero rappresen-

³ La sfida concettuale posta dall’esistenza di questi organismi “chimerici” è stata brillantemente discussa da Casetta (2009).

tare altrettante specie: la rana ridibunda (*Pelophylax ridibundus*), la rana di Lessona (*Pelophylax lessonae*) e la rana esculenta (*Pelophylax esculentus*).

In realtà, quest'ultima è una forma ibrida fra le prime due e può mantenersi solo in presenza della rana di Lessona. Infatti, nei gameti della rana esculenta passano solo i cromosomi ereditati da un antenato appartenente alla rana ridibunda, mentre i cromosomi di rana di Lessona, necessari per l'esistenza dell'ibrido, vengono sistematicamente scartati durante la gametogenesi e devono essere quindi rimpiazzati, cosa possibile appunto attraverso l'accoppiamento con una rana di Lessona.

In questa situazione, sostenuta dall'insolito meccanismo dell'ibridogenesi, quante specie dobbiamo contare? Due come le specie autonome nel propagare la propria identità, oppure tre, quanti sono i distinti fenotipi riconoscibili? O non sarebbe forse preferibile ammettere che, così come nel caso degli organismi a generazione uniparentale, anche nel caso delle rane verdi la tradizionale categoria della specie non è sufficiente per una sistematica descrizione di quanto osserviamo in natura?

Passiamo ai pesci, più precisamente a quei piccoli e coloratissimi pesci della famiglia dei ciclidi che sono presenti nei grandi laghi africani con un numero assai elevato di specie. Ammesso, naturalmente, che la categoria della specie sia sempre applicabile a loro.

Problematica, a dire il vero, non è tanto la situazione dei ciclidi del lago Tanganyika, che hanno avuto milioni di anni per differenziarsi nelle molte specie che oggi vivono in quel bacino, quanto quella dei ciclidi del lago Victoria. Qui vivono alcune centinaia di forme che, a dispetto del loro aspetto piuttosto vario, sia nella forma complessiva del corpo che nel taglio della bocca o nel tipo di denti, sono state tutte tradizionalmente riferite ad un unico genere (*Haplochromis*): una scelta giustificata, oltre tutto, dalle scarsissime differenze genetiche che separano l'una dall'altra tutte queste forme e dalla modestissima antichità della loro intera radiazione adattativa.

Secondo alcune stime, infatti, l'intero bacino sarebbe stato praticamente asciutto dodicimila anni fa e l'intera diversificazione dei ciclidi del lago Victoria si sarebbe realizzata successivamente all'ultimo riempimento del grande invaso. Secondo altre stime, la vicenda potrebbe essersi realizzata su una scala temporale dieci volte maggiore, ma si tratta in ogni caso di tempi brevissimi, rispetto alle tradizionali stime del tempo medio che richiederebbe un singolo evento di speciazione (indicativamente, da centomila a un milione d'anni).

Ebbene, l'intero popolamento ittico del lago Victoria è stato profondamente alterato in seguito dall'immissione in quel bacino di un grande pesce predatore (*Lates niloticus*),

ritenuto più conveniente, ai fini della pesca, di quanto non fossero i pesci nativi. Quest'ultimi sono stati decimati, molto rapidamente, dal nuovo arrivato, creando squilibri che hanno successivamente consigliato di tentare la sua eradicazione dal lago Victoria. Con il rapido recupero di alcune fra le specie sopravvissute di ciclidi, si sta oggi osservando un fenomeno di grande interesse per il problema della specie. Si è osservata infatti la comparsa di nuove forme, mai osservate in precedenza, che sembra stiano letteralmente formandosi sotto i nostri occhi, forse per ibridazione fra alcune delle forme rimaste, forse per occupazione, o rioccupazione, di spazi vitali rimasti liberi. Sta di fatto che la straordinaria plasticità di questi animali continua a fornire molti spunti di riflessione a riguardo della natura delle specie biologiche.

Infine, se già questa problematica si arricchisce di inquietudini di fronte alla diversità di fenomeni riscontrati presso gli ibridi animali, un esempio dal mondo delle piante può aggiungere un'ulteriore dimensione.

Va ricordato, al riguardo, che ogni cellula vegetale contiene tre genomi distinti. Due di questi sono presenti anche nelle cellule animali: il genoma nucleare, ripartito nei cromosomi, e il più modesto genoma mitocondriale; il terzo è il genoma plastidiale. Questa situazione ci ricorda che il cloroplasto, così come il mitocondrio, deriva da un batterio, ormai associato da tempo memorabile alla cellula ospite, dove però ha conservato, oltre alla sua identità fisica come organello circondato da membrana propria, anche un residuo, ridotto ma funzionante, del suo antico cromosoma batterico. Ebbene, quando si ha l'ibridazione fra due piante, non è detto che nell'ibrido le due forme parentali si ritrovino a contribuire allo stesso modo per quanto riguarda il genoma nucleare, quello mitocondriale e quello plastidiale. In altre parole, in un ibrido fra la pianta A e la pianta B è possibile, ad esempio, che il contributo di geni nucleari di A e di B sia pressappoco uguale, ma l'ibrido potrebbe essere molto simile ad A per quanto riguarda il genoma mitocondriale e invece simile a B per quanto riguarda il genoma plastidiale. Le cose potrebbero complicarsi ulteriormente nel caso in cui l'ibrido A x B fosse interessato successivamente ad una ulteriore ibridazione con una specie C. Dopo-diché, qualcuno di questi ibridi potrebbe stabilizzarsi e finire per comportarsi come una "buona" specie biologica... Situazioni complesse di questo tipo sono note, ad esempio, fra i parenti prossimi del topinambur e del girasole, cioè fra le composite nordamericane del genere *Helianthus* (cfr. Rieseberg, Wood, Baack [2006] e Rieseberg, Burke [2001]).

3. Individui

Qualche anno prima di diventare il mastino di Darwin, Thomas H. Huxley proponeva la seguente definizione di individuo: «The individual animal is the sum of the phenomena presented by a single life; in other words, it is all those animal forms which procede from a single egg taken together» (T.H. Huxley [1851]: 185). A primo avviso, questa definizione sembra rispondere bene alle nostre esigenze. Essa ci autorizza a trattare una farfalla come lo stesso individuo che qualche tempo prima conduceva la sua esistenza nei panni di un bruco, e lo stesso si applica, naturalmente, al girino e alla rana.

La relazione che esiste tra il bruco e la farfalla (o tra il girino e la rana) è dunque descritta come metamorfosi di un individuo e non come passaggio da una generazione alla successiva. Perché, allora, nel tipico ciclo biologico degli idrozoi e degli scifozoi descriviamo polipo e medusa come due generazioni distinte, e non consideriamo invece il polipo come una sorta di larva della quale la medusa rappresenta l'adulto?

Non sarà male ricordare che in un gruppo affine, quello dei cubozoi, il polipo si trasforma interamente in medusa e in questo caso sarebbe invero una forzatura attribuire l'uno e l'altro a due generazioni successive. Nei casi più comuni che si riscontrano presso gli idrozoi e gli scifozoi, occorre ammettere che da un singolo polipo si originano, per lo più, numerose meduse; e che una parte, anche cospicua, del polipo rimane esclusa dalla formazione di queste.

Queste due circostanze sono certamente a favore dell'interpretazione tradizionale (proposta nel 1842 da Japetus Steenstrup) in termini di metagenesi (alternanza di generazioni) piuttosto che di metamorfosi. Tuttavia, se il segno di un passaggio da una generazione all'altra è dato (i) dalla moltiplicazione numerica (come nel caso di un polipo che genera più meduse) e (ii) dall'abbondanza di materiale che non viene trasferito allo stadio (o generazione) che segue, allora dobbiamo riconoscere che in molte altre situazioni la bella definizione di Huxley non è sufficiente a fissare i limiti dell'individuo (cfr. Minelli [2008b]).

Cominciamo dalla relazione uno → molti. Come dobbiamo comportarci nel caso dei gemelli monozigoti? Da un unico uovo fecondato si ottengono due (o più) esseri umani ai quali appare improponibile negare una separata individualità. Se mai fossimo tentati di ridimensionare il problema considerando la bassa frequenza con cui il fenomeno si riscontra nella specie umana (possiamo forse tenere conto di tutti i casi più difficili e insoliti che la natura ci può presentare?), sarà sufficiente spostare la nostra attenzione

su una specie diversa, dove la poliembrionia è la regola e quindi il problema non può essere eluso.

In alcune specie di armadilli, i parti sono sempre plurigemellari; nell'armadillo dalle nove fasce, per esempio, ad ogni nascita vengono alla luce quattro individui identici. La poliembrionia è la regola anche in alcune minuscole vespe (parassite di altri insetti), dove l'embrione allo stadio di morula si frammenta in un migliaio di pezzi, ciascuno dei quali prosegue il suo sviluppo indipendentemente dagli altri.

Nei casi di poliembrionia potrebbe essere ragionevole suggerire che siamo di fronte ad un'alternanza di generazioni. Potremmo dire che la generazione che inizia con lo zigote prosegue per un brevissimo segmento temporale, fino alla comparsa di uno stadio che si riproduce per via vegetativa: da ciascuno dei frammenti che ne derivano si formerà un individuo distinto della generazione successiva. Naturalmente, se imbocchiamo questa strada dobbiamo ammettere che il nostro criterio di individualità non è più quello suggerito da Huxley, ma piuttosto un criterio basato sulla separazione fisica (spaziale) e funzionale fra un individuo e un altro⁴.

Quella continuità nella trasformazione che ci consiglia di considerare come un unico individuo, per esempio, un girino e una rana non risiede solo nell'invarianza del patrimonio genetico nel corso della metamorfosi, o nel fatto che un girino si trasforma in una sola rana, ma anche nel fatto che molte strutture larvali sembrano conservarsi nel passaggio alla fase adulta. A livello macroscopico almeno, gli occhi e la bocca della rana sono quelli del girino, e così il suo cuore, il suo fegato, il suo cervello. La coda, è vero, regredisce, così come regrediscono le branchie, ma nell'insieme non abbiamo l'impressione che buona parte del girino venga "buttata via", tanto da suggerire che la rana derivi, per riproduzione asessuata, da una sorta di "gemma" prodotta da un individuo (il girino) della generazione precedente.

Ma una simile prospettiva, certo paradossale se applicata al caso della rana, risulta forse sensata in altri contesti, dove peraltro la tradizione zoologica continua a parlare di larve che si metamorfosano in adulti molto diversi dallo stadio precedente. In alcuni gruppi di invertebrati marini, ad esempio, l'adulto prende origine solo da un piccolo gruppo di cellule, che all'interno della larva formano una sorta di abbozzo "messo da parte", che non partecipa alla vita quotidiana della larva (locomozione, nutrizione, raccolta ed elaborazione di stimoli sensoriali). In quella che viene convenzionalmente

⁴ Della vasta bibliografia esistente sul tema dell'individuo biologico si vedano almeno Buss (1987), Santelices (1999), Wilson (1999), Folse, Roughgarden (2010).

definita una metamorfosi, da questo piccolo gruppo di *set aside cells* si sviluppa l'animale adulto, di forma diversissima dalla larva, e tutte le altre cellule (vale a dire, la maggior parte del corpo larvale) vengono semplicemente eliminate. Vicende drammatiche di questo tipo sono diffuse ad esempio in un gruppo di animali dal corpo nastriforme, i nemertini, ma anche nei ricci di mare ed altri echinodermi l'adulto deriva da un piccolo "primordio" e non dall'intera larva (cfr. Minelli [2009b]).

Tornando alla definizione di individuo data da Huxley, bisogna riconoscere che essa conteneva un elemento che solo alla luce della biologia del XX secolo è possibile riconoscere ed accogliere nel suo pieno significato, vale a dire la continuità genetica che si mantiene all'interno dell'individuo, attraverso la fedele replicazione del DNA in corrispondenza di ogni divisione cellulare. Ma è proprio in questa prospettiva che i casi di poliembrionia sfuggono alla facile generalizzazione, secondo la quale la continuità dell'individuo è garantita fino a quando è mantenuta la continuità del suo genoma.

Il problema, peraltro, interessa le piante ancor più degli animali. Ogni pianta prodotta per talea condivide il genoma con la pianta dalla quale la talea è stata staccata, ma la separazione spaziale e funzionale generata dall'operazione sembra legittimare il comune riconoscimento delle piante ottenute per talea come individui distinti fra loro e dalla pianta madre. La necessità di tenere distinte le due nozioni – diversità genetica e separazione anatomica e funzionale – ha determinato l'introduzione, in biologia vegetale, dei due termini di *genet* e *ramet*. Una talea rappresenta un *ramet* distinto dalla pianta madre, ma rimane comunque parte del medesimo *genet*.

Oggi sappiamo, peraltro, che il patrimonio genetico di un individuo non è in grado di specificare, da solo, tutte le caratteristiche di un individuo. Pensiamo ad esempio alle formiche o alle api, dove le condizioni sotto cui è allevata la larva farà sì che un individuo geneticamente determinato come femmina potrà assumere, da adulto, le fattezze di una regina capace di riprodursi, oppure di un'operaia sterile e, nelle formiche, priva delle ali delle quali una regina è invece dotata. Pensiamo ad *Araschnia levana*, una farfalla diurna imparentata con le nostre vanesse, diffusa in Europa centrale, che compie due generazioni per anno, una in primavera e una in estate, ciascuna con una colorazione caratteristica e così diverse tra loro da essere state un tempo considerate due specie distinte. Ma le vistose differenze fra le due forme non hanno alcuna base genetica, sono bensì dipendenti dalle diverse caratteristiche dell'ambiente nelle stagioni in cui l'una e l'altra si sviluppano.

Occorre anche osservare che molte forme organiche sono sotto il controllo di due (o più) genomi distinti, al punto che John Dupré (2010) ha ritenuto di poter introdurre il

concetto di organismo poligenomico. L'esempio più noto è rappresentato dai licheni, ciascuno dei quali risulta dall'integrazione strutturale e funzionale di un fungo e di un'alga.

Se un lichene ha, di regola, una sua piena autonomia morfologica e funzionale che giustifica il riconoscimento del suo carattere di individuo, la situazione è meno chiara nel caso delle galle, le quali rimangono attaccate ad uno dei due organismi responsabili della loro formazione e della loro – a volte sorprendente – specificità di struttura.

Le galle sono prodotte dall'interazione fra i tessuti di una pianta e un organismo diverso (più spesso un insetto, ma a volte un acaro, un nematode, un fungo). Le specifiche caratteristiche di una galla (ad esempio, una delle molte e diverse galle che si producono sulle querce in seguito all'immissione nei tessuti vegetali dell'uovo di un imenottero cinipide) non sono meno peculiari di quelle di un lichene; né meno distinta appare l'individualità di una galla, ancorché fissata su una foglia o su un giovane ramo.

Ma l'esempio forse più inatteso di sistemi multigenomici è rappresentato proprio dagli esseri umani (cfr. Gilbert, Epel [2009]). La flora intestinale che ci accompagna lungo tutta la nostra vita non ha soltanto una grande importanza ai fini della funzione digestiva, ma esercita anche un importante ruolo morfogenetico, nel corso dello sviluppo del tubo digerente. Esperienze condotte su animali da laboratorio privati della loro flora microbica intestinale durante lo sviluppo hanno mostrato gravi malformazioni in quest'organo.

Dunque, il genoma di un animale o di una pianta non è il solo responsabile della sua morfogenesi e quindi dei caratteri peculiari dell'individuo, sia per l'importanza che possono avere le influenze esterne, sia per le diffuse interazioni, nella morfogenesi, con i prodotti di altri genomi. Quindi, anche l'idea di un genoma come *fingerprint* dell'individuo va largamente ridimensionata.

Un'ultima frontiera biologica dell'individualità potrebbe essere cercata a livello dei fenomeni immunitari (cfr. in proposito Tauber [1994],

[1999], [2000], [2013], Howes [1998] e Pradeu [2010], [2012]). In grado assai diverso da gruppo a gruppo, e con il concorso di meccanismi differenti, gli esseri viventi sono in grado di riconoscere un oggetto come appartenente, o meno, al "sé", scatenando, se del caso, una reazione atta a prevenire, o almeno a contenere, l'invasione da parte di un corpo estraneo.

Ecco dunque, si potrebbe dire, una via lungo la quale l'individuo riconosce e afferma la propria identità e specificità. Ma anche in quest'ambito, una volta di più, la storia

naturale mostra che la vita ha saputo imboccare molte strade diverse e qualche volta sembra tornare indietro sui propri passi.

Se i fenomeni immunitari sono diffusi anche al di fuori dei vertebrati, è in questo gruppo che si sono evoluti i meccanismi più efficienti e sofisticati per combattere i più diversi antigeni che possono rappresentare un pericolo per l'individuo. Eppure, è proprio all'interno dei vertebrati che troviamo un esempio di attenuazione (se non assenza) di reazioni immunitarie in un contesto dove ci aspetteremmo una rapida e drastica reazione di rigetto.

Immaginiamo di saldare insieme, come nell'innesto di una marza su una pianta portainnesto, due individui qualsiasi di una stessa specie animale: due topi, due rane, due pesci. Una barbara follia. Eppure, in alcuni pesci abissali (i cerazioidei, imparentati con la rana pescatrice), questo è proprio quello che avviene quando, nelle buie acque profonde, avviene l'incontro fra una femmina e un maschio. Quest'ultimo, molto più piccolo della sua compagna, si attacca a questa e in breve i loro tessuti si saldano, i loro apparati circolatori si uniscono... e non avviene, naturalmente, alcuna reazione di rigetto. A questo punto, la strana coppia è ancora molto lontana dal costituire un singolo individuo?

Bibliografia

- Bernardi, M., A. Minelli, 2011: *Il concetto di specie e la paleontologia: una rassegna introduttiva*, "Rendiconti online della Società Geologica Italiana", Volume speciale 13, pp. 1-24.
- Buss, L., 1987: *The evolution of individuality*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Casetta, E., 2009: *La sfida delle chimere. Realismo, pluralismo e convenzionalismo in filosofia della biologia*, Mimesis, Milano.
- Claridge, M., H. Dawah, R. Wilson, 1997: *Species: the units of biodiversity*, Chapman and Hall, London.
- Darwin, C., 1859: *On the origin of species by means of natural selection*, John Murray, London.
- Dupré, J., 2010: *The polygenomic organism*, "The Sociological Review", 58, pp. 19-31.
- Folse, H.J.III, J. Roughgarden, 2010: *What is an individual organism? A multilevel selection perspective*, "The Quarterly Review of Biology", 85, pp. 447-472.
- Gilbert, S.F., D. Epel, 2009: *Ecological developmental biology*, Sinauer Associates, Sunderland, MA.

- Howes, M., 1998: *The self of philosophy and the self of immunology*, "Perspectives in Biology and Medicine", 42, pp. 118–130.
- Huxley, T.H., 1851: *Upon animal individuality*, "Proceedings of the Royal Institution", 1, pp. 184-189.
- Janzen, D.H., 1977: *What are dandelions and aphids?*, "The American Naturalist", 111, pp. 586-589.
- Linnaeus, C., 1788-1793: *Systema Naturae, Editio decima tertia, aucta, reformata cura Jo. Frid. Gmelin, Goeppert, Leipzig*.
- Minelli, A., 2008a: *La storia evolutiva della vita e i miti delle origini*, "Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti", 166, Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, pp. 1-12.
- Minelli, A., 2008b: *Uno, nessuno, centomila: la precaria vicenda dell'individuo nella storia evolutiva*, "Atti e Memorie dell'Accademia Galileiana di Scienze, Lettere ed Arti già dei Ricovrati e Patavina", 119, parte II: Memorie della Classe di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, pp. 69-75.
- Minelli, A., 2009a: *Origini?*, "Naturalmente", 22, numero speciale, pp. 83-87.
- Minelli, A., 2009b: *Perspectives in animal phylogeny and evolution*, Oxford University Press, Oxford.
- Minelli, A., 2011: *Development, an open-ended segment of life*, "Biological Theory", 6, pp. 4-15.
- Pradeu, T., 2010: *What is an organism? An immunological answer*, "History and Philosophy of the Life Sciences", 32, pp. 247–268.
- Pradeu, T., 2012: *The limits of self: immunology and biological identity*, Oxford University Press, New York.
- Rieseberg L.H., T.E. Wood, E.J. Baack, 2006: *The nature of plant species*, "Nature", 440, pp. 524-527.
- Rieseberg, L.H., J.M. Burke, 2001: *A genic view of species integration*, "Journal of Evolutionary Biology", 14, pp. 883-886.
- Santelices, B., 1999: *How many kinds of individual are there?*, "Trends in Ecology and Evolution", 14, pp. 152-155.
- Schilthuizen, M., 2001: *Frogs, flies and dandelions: the making of species*, Oxford University Press, Oxford.
- Steenstrup, J.J.S., 1842: *Über den Generationswechsel, oder die Fortpflanzung und Entwicklung durch abwechselnde Generationen*, Reitzel, Copenhagen.

- Tauber, A.I., 2012: *The biological notion of self and non-self*, "The Stanford Encyclopedia of Philosophy", <http://stanford.library.usyd.edu.au/entries/biology-self/> (ultimo accesso 21 giugno 2013).
- Tauber, A.I., 1994: *The immune self: theory or metaphor?*, Cambridge University Press, New York and Cambridge.
- Tauber, A.I., 1999: *The elusive self: a case of category errors*, "Perspectives in Biology and Medicine", 42, pp. 459-474.
- Tauber, A.I., 2000: *Moving beyond the immune self?*, "Seminars in Immunology", 12, pp. 241-248.
- Wilkins, J.S., 2009: *Species: a history of the idea*, University of California Press, Berkeley.
- Wilson, J., 1999: *Biological individuality. The identity and persistence of living entities*, Cambridge University Press, Cambridge.