

**BIBLIOTECA SCIENTIFICA**

72

*Neil Shubin*

# COSTRUIRE LA VITA

QUATTRO MILIARDI DI ANNI DAI FOSSILI AL DNA

*Traduzione di Isabella C. Blum*



ADELPHI EDIZIONI

**TITOLO ORIGINALE:**  
*Some Assembly Required*  
*Decoding Four Billion Years of Life,*  
*from Ancient Fossils to DNA*

© 2020 NEIL SHUBIN  
All rights reserved

© 2024 ADELPHI EDIZIONI S.P.A. MILANO

[WWW.ADELPHI.IT](http://WWW.ADELPHI.IT)

ISBN 978-88-459-3904-4

Anno

---

2027 2026 2025 2024

Edizione

---

1 2 3 4 5 6 7 8

## INDICE

<i>Prologo</i>	11
----------------	----

### COSTRUIRE LA VITA

1. Cinque parole	17
2. Idee embrionali	45
3. Un Maestro nel genoma	79
4. Magnifici mostri	114
5. Gente che copia	148
6. Il campo di battaglia che è in noi	172
7. Dadi truccati	196
8. Fusioni e acquisizioni	223
<i>Epilogo</i>	247
<i>Ulteriori letture e note</i>	251
<i>Ringraziamenti</i>	281
<i>Fonti delle illustrazioni</i>	285
<i>Indice analitico</i>	287

*Alla memoria dei miei genitori  
Seymour e Gloria Shubin*

## PROLOGO

I decenni che ho passato a spaccare rocce hanno cambiato il mio modo di vedere gli esseri viventi. Se sai come guardare, la ricerca scientifica diventa una caccia al tesoro su scala globale volta a trovare fossili di pesci con arti da tetrapodi, di serpenti con le zampe e di scimmie antropomorfe capaci di bipedalismo: tutte creature antiche che hanno da raccontarci qualcosa su momenti cruciali della storia della vita. Nel libro *Il pesce che è in noi* ho descritto come pianificazione e fortuna abbiano guidato me e i miei colleghi alla scoperta di *Tiktaalik roseae* nell'estremo nord del Canada: un pesce dotato di collo, gomiti e polsi. Questa creatura colmò l'abisso tra vita acquatica e vita sulle terre emerse, mostrandoci quel momento fondamentale in cui i nostri lontani progenitori erano pesci. Per quasi due secoli scoperte come queste ci hanno raccontato come abbia luogo l'evoluzione e come siano costruiti, e comincino a esistere, gli organismi pluricellulari. Una quarantina d'anni fa la paleontologia arrivò comunque a un importante punto di svolta che coincise con l'inizio della mia carriera.

Io sono cresciuto nutrendomi di « National Geographic » – tanto la rivista quanto i documentari televisivi

vi –, perciò sapevo fin da una relativamente tenera età che desideravo unirmi alle spedizioni per la scoperta di fossili. Questo interesse mi portò alla scuola di specializzazione di Harvard dove, a metà degli anni Ottanta, mi ritrovai a guidare le mie prime uscite a caccia di fossili. Non essendo in grado di far partire spedizioni in luoghi esotici, esploravo le rocce nel Massachusetts, lungo il ciglio delle strade a sud di Cambridge. Dopo una di queste escursioni, di ritorno dal lavoro sul campo, trovai sulla mia scrivania una pila di articoli: quella montagna di pubblicazioni fu la mia introduzione all'imminente radicale cambiamento nel mondo della paleontologia.

Un mio collega della scuola di specializzazione aveva trovato in biblioteca alcuni articoli che descrivevano la scoperta, da parte di diversi laboratori, di un DNA che partecipa alla costruzione del corpo degli animali, svelando l'esistenza di geni che, nelle mosche, assemblano teste, ali e antenne. Già quel fatto, da solo, era straordinario, ma c'era dell'altro: alcune versioni di quegli stessi geni partecipavano anche alla costruzione del corpo di pesci, topi ed esseri umani. Le immagini contenute negli articoli mostravano i barlumi di una nuova scienza: una scienza che poteva spiegare sia l'assemblaggio degli animali durante lo sviluppo embrionale, sia il modo in cui essi sono evoluti nel corso di milioni di anni.

Esperimenti con il DNA promettevano di rispondere a interrogativi che un tempo erano stati territorio esclusivo dei cacciatori di fossili. Una comprensione del DNA, inoltre, poteva portare al meccanismo genetico – al motore – dei cambiamenti che stavo cercando di spiegare lavorando tra le antiche rocce.

Al pari delle specie fossili nel nostro passato, anch'io dovevo evolvere o estinguermi. Se per uno scienziato l'estinzione coincide con l'irrelevanza, allora un'immersione profonda nella genetica, nella biologia dello sviluppo e nel mondo del DNA mi avrebbe consentito di continuare a esser parte dell'impresa intellettuale. Fin dalla lettura di quei primi articoli ho gestito una sorta di laborato-

rio dal cervello diviso, passando le estati alla ricerca di fossili sul campo e lavorando il resto dell'anno su embrioni e DNA. Entrambi gli approcci possono essere utilizzati per rispondere a una singola domanda: come insorgono i grandi cambiamenti nella storia della vita?

Negli ultimi vent'anni i progressi tecnologici si sono susseguiti a un ritmo vertiginoso. Attualmente i sequenziatori del genoma sono così potenti che il Progetto Genoma Umano potrebbe essere completato in un pomeriggio investendoci meno di un migliaio di dollari, mentre all'epoca costò miliardi e richiese più di dieci anni. E il sequenziamento è solo un esempio: oggi la potenza di calcolo e le tecnologie di imaging ci permettono di guardare all'interno degli embrioni e addirittura di osservare le molecole all'opera nelle cellule. La tecnologia del DNA è diventata così potente che è possibile clonare senza difficoltà animali diversi come rane e scimmie, o ingegnerizzare topi utilizzando geni di esseri umani o mosche. Oggi sappiamo editare il DNA di quasi ogni animale, e questo ci mette in grado di rimuovere e riscrivere il codice genetico utilizzato per costruire il corpo di quasi ogni specie animale e vegetale. Possiamo chiederci, a livello di DNA, quale combinazione di geni renda una rana diversa da una trota, da uno scimpanzé o da un essere umano.

Questa rivoluzione ci ha portati a un importante punto di svolta. Rocce e fossili, quando affiancati alla tecnologia del DNA, hanno il potere di sondare alcune delle classiche domande con cui si scontrarono Darwin e i suoi contemporanei. Nuovi esperimenti rivelano una storia di diversi miliardi di anni, ricca di cooperazione, ridestinazione a nuove funzioni, competizione, furti e conflitti. E questo è solo ciò che accade all'interno del DNA. Mentre compie il suo lavoro in ciascuna cellula animale, di generazione in generazione, il genoma – continuamente infettato dai virus e con le sue stesse parti in lotta tra loro – è in tumulto; il risultato di questo dinamismo è stato l'emergere di nuovi organi e tessuti, innovazioni biologiche che hanno cambiato il mondo.



Una volta emersa la vita, l'intero pianeta rimase per miliardi di anni una sorta di zoo microbico. Poi, circa un miliardo di anni fa, microrganismi unicellulari diedero origine a creature dotate di un corpo pluricellulare; qualche altro centinaio di milioni di anni e originarono tutte le forme di vita, dalle meduse agli esseri umani. Da allora sono evolute creature atte al nuoto, al volo, al pensiero: ogni invenzione faceva presagire la successiva. Gli uccelli usano ali e penne per volare. Animali che vivono sulle terre emerse hanno polmoni e arti. L'elenco prosegue. Muovendo da progenitori semplici, gli animali sono evoluti per vivere sui fondali oceanici, abitare aridi deserti, prosperare sulle cime delle montagne più alte – e perfino per camminare sulla luna.

Le grandi trasformazioni occorse nella storia evolutiva hanno introdotto modificazioni di vasta portata nella vita degli animali e nell'organizzazione del loro corpo. L'evoluzione dei pesci in creature che vivono sulla terraferma, l'origine degli uccelli e gli esordi degli stessi organismi pluricellulari a partire da creature unicellulari: questo non è che un piccolo campione delle rivoluzioni verificatesi nella storia della vita. E la scienza che le indaga è piena di sorprese. Se pensaste che le penne siano comparse per aiutare gli animali a volare, o i polmoni e le zampe per farli camminare sulla terraferma, sareste in ottima compagnia – ma anche del tutto fuori strada.

I progressi compiuti in questa scienza possono aiutarci a rispondere ad alcuni fondamentali interrogativi riguardanti la nostra esistenza. Il fatto che ci troviamo su questo pianeta è un effetto del caso? Oppure, in qualche modo, la storia che ci ha portato qui fu inevitabile?

La storia della vita è stata un lungo viaggio, strano e meraviglioso, svoltosi per tentativi ed errori, caso e inevitabilità, digressioni, rivoluzioni e invenzioni. Quel percorso, e il modo in cui siamo arrivati a conoscerlo, è l'argomento di questo libro.

# COSTRUIRE LA VITA

## CINQUE PAROLE

Alcune persone s'imbattono nell'argomento su cui lavoreranno tutta la vita mentre sono in un laboratorio o sul campo. Io trovai il mio in una semplice diapositiva.

All'inizio della scuola di specializzazione seguì alcune lezioni sulle principali conquiste messe a segno nella storia della vita. Quel corso, tenuto da uno scienziato esperto, era un vortice, una sequela di incontri lampo con i grandi enigmi dell'evoluzione. Ad alimentare la discussione di ogni settimana era una diversa trasformazione evolutiva. In uno degli incontri iniziali il professore proiettò una semplice vignetta che mostrava quello che si sapeva allora, nel 1986, circa la transizione che portò dai pesci agli animali terrestri. Nella parte alta di questo disegno c'era un pesce e in basso il fossile di un anfibio primitivo. Una freccia puntava dal pesce all'anfibio. A catturare il mio sguardo fu la freccia, e non il pesce. Osservai quell'immagine e rimasi sconcertato. Pesci che camminavano sulla terraferma: come potrebbe mai accadere? Sembrava un enigma scientifico di prima grandezza, qualcosa a cui dedicarmi: un amore a prima vista. Così cominciarono quarant'anni di spedizioni a caccia di fossili – a entrambi i poli e in diversi

continenti – per dimostrare come fosse accaduto quell'evento.

Eppure, quando cercavo di spiegare la mia ricerca a parenti e amici, spesso mi scontravo con sguardi preoccupati e domande diplomatiche. Trasformare un pesce in un animale terrestre significava sviluppare un nuovo tipo di scheletro, dotato non di pinne per nuotare ma di arti per camminare. Inoltre, doveva comparire un nuovo modo di respirare che facesse uso non di branchie ma di polmoni. Occorreva poi cambiare anche il modo di alimentarsi e riprodursi, giacché mangiare e deporre le uova in acqua è qualcosa di totalmente diverso dal farlo sulle terre emerse. In pratica, ciascun sistema dell'organismo avrebbe dovuto trasformarsi contemporaneamente agli altri. Che beneficio avrebbe comportato disporre di arti per camminare sulla terra, se l'animale non fosse stato in grado di respirare, nutrirsi o riprodursi in quell'ambiente? Vivere sulla terraferma non richiede un'invenzione soltanto, ma l'interazione di centinaia di esse. La medesima difficoltà vale anche per ciascuna delle migliaia di altre transizioni avvenute nel corso della storia della vita: le origini del volo e dell'andatura bipede, ma anche quella del corpo pluricellulare e della vita stessa. La mia ricerca sembrava destinata al fallimento fin dal principio.

La soluzione a questo dilemma è racchiusa in una famosa citazione della drammaturga Lillian Hellman. Nel descrivere la propria vita – dall'inclusione nella lista nera della Commissione per le Attività Antiamericane durante gli anni Cinquanta, ai propri modi ruvidi – disse soltanto: «Ovviamente nulla comincia nel momento in cui pensi tu». Con quella frase, descrisse involontariamente uno dei concetti più potenti nella storia della vita, un'idea che spiega l'origine di quasi ogni singolo organo, tessuto e frammento di DNA in tutte le creature che popolano il pianeta Terra.

In biologia, i semi di quest'idea scaturirono inizialmente dal lavoro di una delle figure più autodistrutti-

ve della scienza nel suo complesso: una figura che – come sempre accade –, pur avendo torto, rivoluzionò il campo.

Per afferrare il significato delle recenti scoperte sul genoma, dobbiamo guardare a un'epoca di esplorazione precedente. L'Inghilterra vittoriana fu un crogiolo di idee destinate a durare. C'è qualcosa di poetico in questo pensiero, e cioè che la nostra conoscenza del ruolo del DNA nella storia della vita si fondi su idee sviluppate quando gli esseri umani non sapevano nemmeno dell'esistenza dei geni.

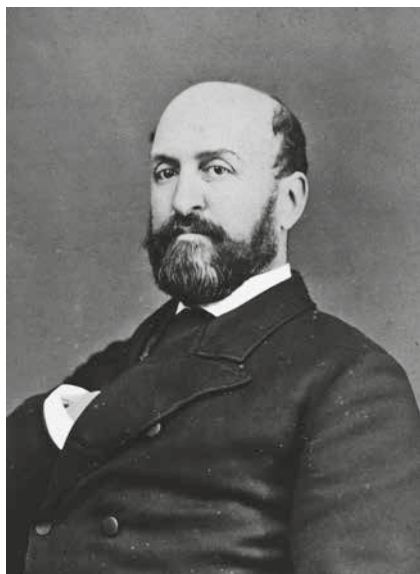
St. George Jackson Mivart (1827-1900) nacque a Londra, figlio di genitori ferventi evangelici. Suo padre s'era fatto strada elevandosi da maggiordomo a proprietario di uno dei più importanti alberghi della città: la sua posizione diede al figlio la possibilità di raggiungere lo status sociale di gentleman, offrendogli il privilegio di accedere alla carriera che preferiva. Come il suo contemporaneo Charles Darwin, Mivart era nato con la passione per la natura. Da bambino collezionava insetti, piante e minerali, spesso prendendo abbondanti appunti sul campo ed escogitando schemi classificatori. Sembrava destinato a una carriera nel campo della storia naturale.

Poi però subentrò il tema dominante nella sua vita personale: il conflitto con l'autorità. Nella preadolescenza Mivart sviluppò un crescente disagio nei confronti della fede anglicana dei suoi familiari, finché – con gran costernazione dei genitori – si convertì al cattolicesimo. Questo passo, audace per un sedicenne, ebbe conseguenze impreviste. La sua nuova adesione alla chiesa cattolica implicò infatti che non avrebbe potuto frequentare Oxford o Cambridge, giacché all'epoca le università inglesi negavano l'ingresso ai cattolici. Non potendo immatricolarsi in nessun corso di storia naturale, colse l'unica opzione rimanente, cioè quella

di studiare legge agli Inns of Court, dove le scelte religiose non costituivano un ostacolo. Mivart divenne così avvocato.

Non è chiaro se abbia mai praticato la legge, certo è che la storia naturale rimase la sua passione. Approfitando del suo status di gentleman, entrò nell'alta società scientifica, dove instaurò relazioni con i personaggi chiave dell'epoca: in particolare con Thomas Henry Huxley (1825-1895), che di lì a poco avrebbe avuto un ruolo di primo piano quale difensore delle idee di Darwin nella sfera pubblica. Huxley era già di suo un competente anatomista comparato e aveva raccolto intorno a sé un gruppo di allievi entusiasti. Mivart si avvicinò a questo grande uomo lavorando nel suo laboratorio, e addirittura prendendo parte alle sue riunioni familiari. Sotto la guida di Huxley, scrisse alcune opere fondamentali – benché prevalentemente descrittive – sull'anatomia comparata dei primati. Le sue descrizioni dettagliate dello scheletro rimangono utili ancora oggi. Quando, nel 1859, Darwin pubblicò la prima edizione del suo *L'origine delle specie (On the Origin of Species)*, Mivart si considerò un sostenitore della nuova idea darwiniana – probabilmente un effetto collaterale della sua immersione nel clima dell'entusiasmo huxleyano.

In seguito, tuttavia, proprio come gli era accaduto da giovane con la fede anglicana, Mivart sviluppò forti dubbi sulle idee di Darwin e in particolare maturò delle obiezioni razionali nei confronti del suo concetto di cambiamento graduale. Cominciò dunque a dar voce alle proprie idee in pubblico, dapprima in modo sommesso ma poi con maggior convincimento. Organizzando le prove a sostegno del suo dissenso, scrisse una risposta all'*Origine delle specie*. Ammesso che tra le sue vecchie frequentazioni nel mondo della storia naturale gli fosse restato ancora qualche amico, lo perse con quel suo titolo in cui, rispetto a quello darwiniano, aveva cambiato una sola parola: *On the Genesis of Species (Sulla genesi delle specie)*.



St. George Jackson Mivart: l'uomo che riuscì a suscitare il risentimento di tutte le parti coinvolte nel dibattito sull'evoluzione.

Mivart cominciò poi a prendersela anche con la chiesa cattolica. Scrisse su periodici religiosi che la dottrina del parto verginale e dell'infallibilità era implausibile al pari delle idee darwiniane. Con la pubblicazione di *On the Genesis of Species* Mivart si ritrovò praticamente scomunicato dalla scienza; i suoi scritti portarono poi la chiesa cattolica a pronunciare la sua scomunica ufficiale sei settimane prima che morisse, nel 1900.

La sfida di Mivart a Darwin consente di gettare uno sguardo sui duelli intellettuali dell'Inghilterra vittoriana, e mostra chiaramente le riserve che molti continuano ad avere nei confronti di Darwin. Mivart apre il proprio attacco riferendosi a se stesso in terza persona e usando un linguaggio inteso a dimostrare la propria credibilità come uomo di larghe vedute: «All'inizio egli non intendeva respingere l'affascinante teoria di Darwin».

Comincia poi a sostenere la propria tesi in un corpo-

so capitolo dove descrive quella che considerava la fatale pecca darwiniana, intitolandolo «L'incapacità della selezione naturale di render conto degli stadi incipienti di strutture utili». Il titolo è buono per riempirsi la bocca, tuttavia racchiude una questione essenziale: Darwin visualizzava l'evoluzione come fosse costituita da innumerevoli stadi intermedi da una specie all'altra. Perché funzionasse, ciascuno di quegli stadi intermedi doveva essere adattativo e aumentare la capacità di sopravvivenza dell'individuo. Spesso però, secondo Mivart, gli stadi intermedi non apparivano plausibili. Prendiamo, per esempio, le origini del volo. Quale utilità poteva mai avere, nell'origine delle ali, uno stadio precoce? Il paleontologo Stephen Jay Gould lo denominò «il problema del 2 per cento di un'ala»: una minuscola ala incipiente, comparsa nel progenitore di un uccello, sembrerebbe priva di qualsiasi utilità. A un certo punto potrebbe diventare abbastanza grande da consentire all'animale di planare, ma non potrebbe essere utilizzata per alcun tipo di volo attivo.

Uno dopo l'altro, Mivart portò diversi esempi in cui gli stadi intermedi sembravano implausibili. I pesci piatti hanno i due occhi su un unico lato del corpo, le giraffe hanno il collo lungo, alcuni cetacei sono dotati di fanoni, vari insetti imitano la corteccia degli alberi, eccetera. Che utilità potrebbero mai avere un minuscolo spostamento degli occhi, un allungamento impercettibile del collo, o variazioni minime della colorazione? E che dire di una mascella con appena un cenno di fanoni – per nutrire un'intera balena? Sembrerebbe dunque che l'evoluzione sia consistita di innumerevoli vicoli ciechi interposti fra gli estremi di qualsiasi importante transizione.

Mivart fu uno dei primi scienziati a richiamare l'attenzione sul fatto che, nell'evoluzione, le principali transizioni non comportano il cambiamento di un unico organo: in realtà, in tutto il corpo, devono cambiare di concerto intere serie di caratteri. Se una creatura fos-



se stata priva di polmoni per respirare aria, a che le sarebbe servito evolvere arti per camminare sulla terraferma? Oppure, come altro esempio, consideriamo l'origine del volo degli uccelli. Il volo attivo richiede molte diverse invenzioni – le ali, le penne, le ossa cave, un metabolismo elevato. Per una creatura con ossa massicce e ingombranti come quelle di un elefante, o con un metabolismo lento come quello di una salamandra, sarebbe inutile evolvere le ali. Ma allora – se per qualsiasi grande trasformazione occorre che si modifichi tutto il corpo, e se molti aspetti devono cambiare simultaneamente – come potrebbero, le fondamentali transizioni, aver luogo gradualmente?

Nel secolo e mezzo trascorso dalla loro pubblicazione le posizioni di Mivart hanno rappresentato il termine di paragone per molti critici dell'evoluzione. All'epoca, però, servirono anche a catalizzare una delle grandi idee di Darwin.

Darwin vide in Mivart un critico davvero importante. La prima edizione dell'*Origine delle specie* è del 1859; il tomo di Mivart uscì nel 1871. Nella sesta edizione della sua opera, quella definitiva pubblicata nel 1872, Darwin aggiunse un nuovo capitolo per rispondere ai suoi critici, primo fra tutti Mivart.

In ossequio alle convenzioni del dibattito vittoriano, Darwin esordì con la seguente dichiarazione: « Un eminente zoologo, St. George Mivart, ha recentemente raccolto tutte le obiezioni sollevate da me stesso e da altri contro la teoria della selezione naturale, proposta da Wallace e da me, e le ha illustrate con abilità e forza mirabili ». Poi continuava: « Così presentate, esse costituiscono un insieme formidabile ».

Dopo di che, con una singola frase seguita da numerosi esempi, metteva a tacere la critica di Mivart. « Nel presente volume saranno prese in considerazione tutte le obiezioni di Mivart. Il solo punto nuovo che sembra aver colpito molti lettori è “che la selezione naturale sia insufficiente a spiegare gli stadi incipienti delle struttu-

re utili". Tale argomento è intimamente connesso con quello della gradazione dei caratteri, spesso accompagnata da un cambiamento di funzioni».

È difficile sovrastimare quanto quelle cinque parole siano state profondamente importanti per la scienza: contengono i semi di un nuovo modo di considerare le grandi transizioni nella storia della vita.

Com'è possibile? Al solito, i pesci ci offrono spunti utili.

#### UNA BOCCATA D'ARIA FRESCA

Quando invase l'Egitto nel 1798, Napoleone Bonaparte non portò con il suo esercito soltanto navi, soldati e armi. Considerandosi un uomo di scienza, desiderava trasformare quel paese aiutandolo a controllare il Nilo, a migliorare gli standard di vita e a comprendere la propria storia culturale e naturale. Il suo seguito annoverava alcuni degli ingegneri e degli scienziati francesi di punta, tra cui Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844).

Saint-Hilaire, allora ventiseienne, era un prodigio di scienza. Già a capo della sezione di zoologia del Museo Nazionale di Storia Naturale di Parigi, era destinato a diventare uno dei più grandi anatomisti di tutti i tempi; tra i venti e i trent'anni si distinse per le sue descrizioni anatomiche di mammiferi e pesci. Nell'ambito della spedizione aveva il compito stimolante di dissezionare, analizzare e nominare molte delle specie che gli uomini di Napoleone stavano trovando negli uidiàn, nelle oasi e nei fiumi d'Egitto. Tra di esse vi era un pesce che – secondo quanto affermato in seguito dal direttore del museo parigino – giustificava l'intera spedizione napoleonica in Egitto. Con ogni probabilità, ovviamente, Jean-François Champollion – l'uomo che decifrò i geroglifici egizi utilizzando la stele di Rosetta – trovò da obiettare a quella affermazione.

A uno sguardo superficiale, con la sua dotazione di



GEOFFROY S<sup>t</sup>. HILAIRE.

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire: un prodigio di scienza.

scaglie, pinne e coda, la creatura somigliava a un comunissimo pesce. All'epoca di Saint-Hilaire le descrizioni anatomiche comportavano complesse dissezioni, spesso avendo a disposizione un team di artisti così da riprodurre ogni dettaglio importante in splendide litografie, in molti casi a colori. La sommità del cranio dell'animale presentava posteriormente due fori vicino alla spalla. Questo era già abbastanza strano, ma la vera sorpresa era nell'esofago. Di norma, nella dissezione di un pesce, seguire l'esofago è un'operazione relativamente ordinaria, giacché si tratta di un semplice tubo che va dalla bocca allo stomaco. Questo però era differente, giacché aveva, su ciascun lato, una sacca piena d'aria.

All'epoca quel tipo di sacca era già noto alla scienza. Le vesciche natatorie erano state descritte in un certo numero di pesci diversi; lo stesso Goethe un tempo ne aveva fatto cenno. Presenti sia in specie marine, sia in specie d'acqua dolce, queste sacche si riempiono d'aria

e poi si sgonfiano, offrendo al pesce che si muove a diverse profondità una capacità di galleggiamento neutro. Come un sottomarino che espelle aria in seguito all'ordine « Immersione. Immersione. Immersione », la quantità di aria contenuta nella vescica natatoria si modifica aiutando l'animale nei suoi spostamenti a profondità e in condizioni di pressione differenti.

Ulteriori dissezioni rivelarono l'autentica sorpresa: un piccolo condotto collegava le sacche all'esofago. La minuscola connessione ebbe un grande impatto sul pensiero di Saint-Hilaire.

Osservare quei pesci in natura non fece che confermare quanto Saint-Hilaire aveva inferito dalla loro anatomia: inghiottivano aria, l'aspiravano all'interno attraverso i fori – gli spiracoli – che si aprivano posteriormente sulla testa. Presentavano addirittura una forma di aspirazione sincronizzata, così che grandi gruppi di queste creature respiravano rumorosamente all'unisono. Con quel loro tirar su col naso, alcuni di questi pesci – noti come biscir (polipteridi) – producevano spesso, mediante l'aria inghiottita, anche altri suoni quali tonfi o gemiti, presumibilmente per trovare un partner.

I pesci facevano poi qualcos'altro di inatteso: respiravano aria. Le sacche erano riccamente vascolarizzate, a dimostrazione del fatto che l'animale usava questo sistema per portare ossigeno al sangue. Fatto più importante, respirava utilizzando i fori in cima alla testa, così che le sacche si riempivano di aria mentre il corpo rimaneva sott'acqua.

Ecco dunque un pesce dotato al tempo stesso di branchie e di un organo che gli consentiva di respirare aria. Inutile dire che tale animale divenne una *cause célèbre*.

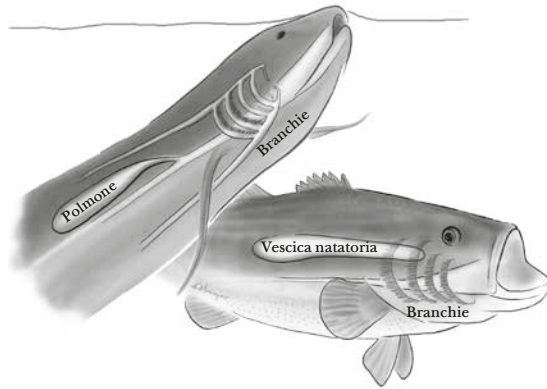
Qualche decennio dopo la scoperta in Egitto un gruppo austriaco fu inviato a esplorare il Rio delle Amazzoni nel contesto delle celebrazioni per il matrimonio di una principessa austriaca. Il gruppo raccolse insetti, anfibi e piante: nuove specie da nominare in onore della famiglia reale. Tra le scoperte c'era pure un nuovo

pesce che, come tutti gli altri, aveva branchie e pinne. All'interno del corpo, tuttavia, aveva anche un inconfondibile impianto vascolare: non una semplice sacca piena d'aria, ma un organo con tanto di lobi, con la vascolarizzazione e i tessuti caratteristici di autentici polmoni simili a quelli umani. Ecco una creatura che gettava un ponte tra due importanti forme di vita: pesci e anfibi. Per esprimere il proprio sconcerto, gli esploratori la chiamarono *Lepidosiren paradoxa*, nome latino che sta a significare «salamandra paradossalmente coperta di scaglie».

Pesci, anfibi o qualcosa di intermedio tra i due: chiamatele pure come vi pare, ma queste creature avevano pinne e branchie per vivere in acqua e anche polmoni per respirare aria. E non erano un caso unico. Nel 1860, nel Queensland (Australia), venne scoperto un altro pesce dotato di polmoni, che aveva anche una dentatura molto caratteristica. Piastre simili a stampi tagliapasta, quei denti erano noti dalla documentazione fossile di una specie da tempo estinta, un animale denominato *Ceratodus* rinvenuto in rocce risalenti a duecento milioni di anni fa. L'implicazione era chiara: pesci polmonati, in grado di respirare aria, erano distribuiti globalmente e vivevano sul pianeta Terra da centinaia di milioni di anni.

Un'osservazione insolita può segnare una svolta nel nostro modo di considerare il mondo. I polmoni e le vesciche natatorie dei pesci ispirarono una generazione di scienziati interessati a esplorare la storia della vita osservando tanto i fossili, quanto le creature viventi. Mentre i primi ci mostrano che aspetto avesse la vita nel lontano passato, le seconde ci svelano il funzionamento delle strutture anatomiche, come pure lo sviluppo degli organi nel passaggio dall'uovo all'individuo adulto. Come vedremo, si tratta di un approccio potente.

Per i naturalisti successivi a Darwin, l'associazione degli studi sui fossili e sugli embrioni fu un'area di indagine fruttuosa. Negli ambienti accademici, Bashford Dean



I pesci polmonati sono dotati di polmoni e di branchie. Quando l'ossigeno contenuto nell'acqua non basta a soddisfare le loro esigenze, si servono di polmoni simili ai nostri per respirare aria. Altri pesci hanno vesciche natatorie che contribuiscono al galleggiamento.

(1867-1928) si distingueva per una ragione insolita: si tratta dell'unica persona che abbia mai curato sia il Metropolitan Museum of Art sia – proprio dalla parte opposta di Central Park – l'American Museum of Natural History. Dean ebbe due passioni nella vita: i pesci fossili e le armature. Al Met fondò la collezione di armature e organizzò mostre sul tema, mentre al Museum of Natural History si adoperò in modo analogo per la collezione di pesci. Come si addice a una persona con tali interessi, era un individuo bizzarro. Si disegnò la propria armatura e prese l'abitudine di indossarla mentre camminava lungo le strade di Manhattan.

Quando non portava armature medioevali, Bashford Dean studiava pesci antichi. Da qualche parte, nella trasformazione dell'embrione dall'uovo alla forma adulta, credeva fossero nascoste le risposte ai misteri della storia e i meccanismi che portarono all'origine dei pesci attuali dalle specie ancestrali. Comparando gli embrioni dei pesci con i fossili ed esaminando il lavoro in corso all'epoca nei laboratori di anatomia, Dean si accorse

che durante lo sviluppo polmoni e vesciche natatorie hanno essenzialmente lo stesso aspetto. Entrambi gli organi gemmano dal tubo digerente ed entrambi formano sacche d'aria. La principale differenza è che le vesciche natatorie si sviluppano dorsalmente al canale alimentare, sotto la colonna vertebrale, mentre i polmoni gemmano dal basso, sul lato ventrale. Utilizzando queste informazioni, Dean sostenne che vesciche natatorie e polmoni fossero versioni diverse dello stesso organo, formatesi mediante lo stesso processo di sviluppo. In effetti, un qualche tipo di sacca d'aria è presente praticamente in tutti i pesci, salvo che negli squali. Come molte idee in campo scientifico, l'analisi comparata di Dean ha una lunga storia: i suoi antecedenti sono rintracciabili nel lavoro degli anatomisti tedeschi dell'Ottocento.



Bashford Dean, curatore del Metropolitan Museum of Art e dell'American Museum of Natural History, appassionato di armature e di pesci.