

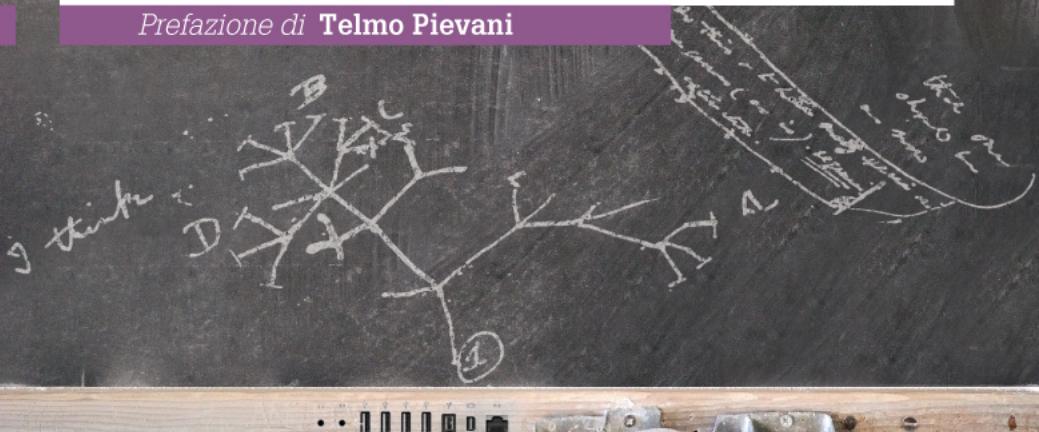
i quaderni della DIDATTICA

E. Padoa-Schioppa

Metodi e strumenti per l'insegnamento e l'apprendimento della **biologia**

- Biologia nel mondo della scuola, rapporto tra scienza e società
- Metodologie didattiche, nuove tecnologie e didattica inclusiva
- Evoluzione, ecologia e biodiversità
- Schede e attività pratiche

Prefazione di **Telmo Pievani**



i quaderni della DIDATTICA



Metodi e strumenti per
l'insegnamento e l'apprendimento
della **biologia**

Emilio Padoa-Schioppa



I quaderni della didattica – Metodi e strumenti per l'insegnamento e l'apprendimento della biologia – I edizione
Copyright © 2015, EdiSES S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2019 2018 2017 2016 2015

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

*A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale,
del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.*

L'Editore

Autore:

Emilio Padoa-Schioppa, per i Capitoli 1-9 e Capitolo 11, parr. 11.1-11.2

Con la collaborazione di:

Federica Marcolini e Gentile Francesco Ficetola, per il Capitolo 10

Simone Masin, per il Capitolo 11, Schede 1-3

Francesca Bertolotto, per il Capitolo 11, Schede 4-7

Marta Chincarini, per il Capitolo 11, Schede 8 e 9

Prefazione di: Telmo Pievani

Grafica di copertina  *curvilinee*

Progetto grafico: ProMedia Studio di A. Leano – Napoli

Fotocomposizione e redazione: Oltrepagina – Verona

Fotoincisione e Stampa: Tipolitografica Petrucci Corrado & C. S.n.c. – Zona Industriale Regnano – Città di Castello (PG)

per conto della EdiSES S.r.l. – Napoli

ISBN 978 88 6584 515 8

www.edises.it
info@edises.it

渌水曲

渌水明秋月，
南湖采白苹。
荷花娇欲语，
愁杀荡舟人。

Canto del lago

Lucide acque profonde; luna d'autunno.

Sul lago del Sud si colgono bianche ninfee.

*I fiori a festuca flessibili pare che vogliono dirci qualcosa:
Ahimé che lì uccide la nostra barchetta oscillante.*

LI PO

La traduzione della poesia di Li Po è presente nel testo *Liriche cinesi* (a cura di Giorgia Valesin, Einaudi, 16^a edizione del 1981). I caratteri cinesi sono stati forniti dalla dottoressa Silvia Pozzi, dell'Università di Milano-Bicocca.

Prefazione

L'accurato e aggiornato lavoro di Emilio Padoa-Schioppa giunge quanto mai opportuno e tempestivo nel panorama editoriale italiano, per una ragione principale connessa a un paradosso dell'insegnamento e dell'apprendimento delle scienze della vita. Da un lato, sappiamo dalle scienze cognitive più avanzate che la mente umana è influenzata da vincoli cognitivi profondi – prodotti essi stessi dalla nostra evoluzione! – che rendono la spiegazione evoluzionistica contraintuitiva, cioè in contrasto con il senso comune e con le intuizioni immediate di studenti e docenti. La tendenza spontanea all'animismo, la preferenza per interpretazioni intenzionali del mondo esterno (baseate su scopi, significati occulti, progetti), la forte predisposizione per narrazioni e ricostruzioni storiche di tipo teleologico sono attitudini cognitive umane rivelatesi utili in epoche passate dell'evoluzione sociale di *Homo sapiens*, ma oggi in contrasto con le spiegazioni scientifiche basate sulla probabilità, su meccanismi demografici di tipo populazionale, su reti di relazioni che producono scenari sempre diversi e imprevedibili.

Lo stesso Darwin, nelle diverse edizioni dell'*Origine delle specie*, sembra rendersene conto e in alcuni frangenti mostra un certo pessimismo sulla possibilità che la sua rivoluzione scientifica possa essere recepita (e insegnata) facilmente e rapidamente. In una lettera a Thomas H. Huxley confessa il suo timore che la spiegazione evoluzionistica possa essere accolta soltanto dopo molte generazioni, perché troppo forte è il potere del “fraitendimento intenzionale”, del non volersi arrendere all'evidenza di un'evoluzione priva di direzioni e di progetti più o meno intelligenti. Non aveva torto, visto che un secolo e mezzo dopo siamo ancora alle prese con un diffuso sentimento anti-darwiniano, che a volte prende le forme esplicite del neocreazionismo biblico nordamericano e altre volte le forme mascherate di “dissidenza” anti-darwiniana, come spiega bene Padoa-Schioppa in un passaggio del volume.

Dall'altro lato tuttavia, e qui si incentra il paradosso, evidenze scientifiche altrettanto corroborate attestano che un'educazione scientifica avanzata e coinvolgente, purché precoce (scuola secondaria di primo grado, scuola primaria e persino dell'infanzia), può dare risultati straordinari di apprendimento, incidendo in modo significativo sul

modo più consapevole e maturo con cui gli studenti delle classi successive e gli adulti affronteranno i temi evoluzionistici, ecologici e più in generale scientifici. Questa evidenza smentisce la teoria assurda secondo cui solo ragazzi di una certa età, magari dopo la scuola dell'obbligo, possano imparare l'evoluzione e l'ecologia.

Il dato sugli effetti dirimenti di un'educazione scientifica precoce mostra anche un altro aspetto della psicologia umana nelle fasi di sviluppo: quei vincoli cognitivi profondi che rendono la spiegazione darwiniana difficile e contro-intuitiva non sono invincibili, non sono incisi per sempre nella materia grigia del nostro cervello. Fanno sentire la loro presenza se non c'è un contesto culturale favorevole alla scienza, ma possono al contrario essere controbilanciati e resi innocui attraverso l'esperienza e l'apprendimento in situazioni partecipative e interattive come quelle descritte e proposte in questo libro. Il pregio del lavoro di Padoa-Schioppa è che parte proprio dalla consapevolezza che in materia di educazione scientifica abbiamo una cattiva notizia e una buona notizia allo stesso tempo. Abbiamo idee e storie bellissime da raccontare, ma anche trappole da evitare (qui meticolosamente segnalate ai docenti). Dobbiamo quindi prenderci cura dell'insegnamento della biologia fin dai primissimi anni del percorso di formazione dei nostri cuccioli di *Homo sapiens*.

Ma non è questa l'unica novità di rilievo del libro. Raramente in letteratura si trova una consapevolezza epistemologica come quella mostrata nelle pagine che seguono: l'unicità metodologica della biologia, la sua mancanza di "leggi universali", il suo ricorso a *pattern*, a regolarità e a schemi esplicativi, la delicatezza nel maneggiare una materia impregnata di storicità – che richiede quindi l'indagine indiziaria di cause prossime e cause remote – l'attenzione al linguaggio (che cos'è, davvero, una specie? che cos'è un gene? che cos'è il paesaggio?) sono tutti temi qui delineati in modo esemplare in chiave di didattica. Questo è un libro di educazione ambientale scritto da uno dei nostri migliori esperti di ecologia e di biodiversità, ma è anche un libro di filosofia dell'ecologia, inquadrato nel percorso pedagogico più aggiornato a livello internazionale, che conduce dall'evoluzione alla biodiversità, e da questa al clima e alle sfide ambientali.

L'impostazione interdisciplinare, in tal modo, smette di essere una giustapposizione posticcia di linguaggi e diventa un'esigenza intrinseca dell'insegnamento e dell'apprendimento di una materia multiforme che abbraccia necessariamente la biologia evoluzionistica, la conservazione, la biogeografia, l'ecologia, la scienza del clima. Qui

apprezziamo come la biologia evoluzionistica sia una scienza ecologica e come l'ecologia sia una scienza evoluzionistica. Capiamo che la scienza non va insegnata solo per i suoi pur fondamentali prodotti (teorie, concetti, principi, innovazioni), ma anche e soprattutto per i suoi processi, cioè le affascinanti dinamiche della scoperta. Sullo sfondo di questa impresa educativa ancora tutta da esplorare, non si può che concordare sulla denuncia del pregiudizio retrogrado, ancora presente purtroppo nella comunità scientifica, secondo cui la comunicazione e la didattica delle scienze sarebbero attività marginali, buone per scienziati sulla via della pensione. Per fortuna si affacciano nuove generazioni di ricercatori italiani di grande talento che amano anche comunicare e confrontarsi, e per fortuna le istituzioni internazionali sollecitano sempre più il rafforzamento dei legami fra ricerca avanzata, comunicazione della scienza e didattica interattiva e partecipativa, di cui troviamo molti esempi concreti nel libro.

Con grande chiarezza e con rigore argomentativo, Emilio Padoa-Schioppa ci regala pure un catalogo implicito di eccellenze italiane: laboratori didattici, giochi interattivi, installazioni, esperienze, nel quadro di un paese strabico come il nostro che finanzia pochissimo la ricerca scientifica ma, al contempo, ha una società civile fra le più appassionatamente interessate alla scienza (come dimostra il successo inusitato dei festival della scienza e delle mostre scientifiche in Italia). In attesa che le nostre classi politiche si accorgano di questa amnesia verso un patrimonio immateriale preziosissimo che stanno facendo di tutto per sprecare, rivolgiamoci ai più piccoli e ai loro insegnanti come fa l'autore di quest'opera, dialoghiamo con loro, costruiamo con loro nuovi luoghi di condivisione della scienza, nella speranza che i cittadini del futuro diventino a loro volta un'opinione pubblica informata, competente e agguerrita nel difendere il valore culturale della scienza. È un dovere di democrazia della conoscenza al quale Emilio Padoa-Schioppa non si sottrae, e per il quale dobbiamo essergli grati.

Telmo Pievani
Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Padova

Sommario

Introduzione.....	1
-------------------	---

1 Capitolo Primo Scienza e società

1.1 Perché la scienza fa paura?.....	7
1.2 Alcune buone notizie.....	10
1.3 Comunicazione nella scienza e nella società.....	14

2 Capitolo Secondo Biologia nel mondo della scuola

2.1 Indicazioni per il curricolo 2012	25
2.2 Le indicazioni relative alla biologia	26
2.2.1 <i>Scuola dell'infanzia</i>	26
2.2.2 <i>Scuola primaria e secondaria di primo grado</i>	31
2.3 I cambiamenti nell'insegnamento dell'evoluzione in Italia	41
2.4 Le indicazioni curricolari in altri Paesi	47

3 Capitolo Terzo Metodologie didattiche nella biologia

3.1 Quale modello didattico per le scienze?	49
3.2 Metodologie didattiche	53
3.2.1 <i>La lezione</i>	53
3.2.2 <i>Discussione in classe</i>	55
3.2.3 <i>Brainstorming</i>	56
3.2.4 <i>Lavoro di gruppo</i>	56

3.2.5 Lavoro di ricerca	57
3.2.6 Didattica attraverso i progetti	57
3.2.7 Simulazioni, role-play e drammatizzazione	57
3.3 Didattica e laboratorio	59
3.4 Le nuove tecnologie	62
3.5 Conclusioni	64

4

Capitolo Quarto Che cos'è la vita?

4.1 Una definizione non scontata	67
 4.1.1 Inizio e fine	68
 4.1.2 Metabolismo	69
 4.1.3 Riproduzione di se stessi	70
 4.1.4 Evoluzione	70
4.2 Cellule	71
4.3 Sistemi gerarchici: lo spettro biologico	71
4.4 Specie e tassonomia	73
4.5 E se...? Riflessioni sulle frontiere della biologia sintetica	77
4.6 Spunti didattici	78
 4.6.1 Di quante cellule siamo fatti?	79
 4.6.2 Cosa vediamo per davvero quando guardiamo dentro al microscopio?	80
 4.6.3 Uovo, questo sconosciuto	80
 4.6.4 Costruiamo un cladogramma!	82
 4.6.5 Familiarizziamo con il linguaggio del codice genetico	83

5**Capitolo Quinto
Il concetto di razza e la specie umana**

5.1 Il contesto odierno	85
5.2 Sulla non esistenza delle razze umane	90
5.3 Che cosa si può fare a scuola durante le ore di scienze?	98

6**Capitolo Sesto
Evoluzione e selezione naturale**

6.1 La centralità dell'evoluzione	103
6.2 Il pensiero evoluzionistico in pillole	105
6.2.1 <i>Evoluzione e selezione naturale prima di Darwin</i>	105
6.2.2 <i>Il pensiero di Darwin</i>	108
6.2.3 <i>Il pensiero evoluzionistico dopo Darwin</i>	112
6.3 Evoluzione dell'uomo	116
6.4 Didattica dell'evoluzione	124
6.4.1 <i>Trappole nel percorso</i>	124
6.4.2 <i>Letture e testi per divulgare l'evoluzione</i>	128
6.4.3 <i>Evoluzione e gioco</i>	132
6.4.4 <i>Musei e istituzioni di ricerca</i>	136
6.4.5 <i>Risorse su internet</i>	137
6.5 Anti-evoluzionismo: strategie e mezzi di difesa per gli insegnanti	152
6.5.1 <i>L'anti-evoluzionismo classico</i>	152
6.5.2 <i>Intelligent Design</i>	153
6.5.3 <i>Anti-evoluzionismo parascientifico</i>	157
6.5.4 <i>Come difendersi</i>	158

7

Capitolo Settimo

Ecologia ed educazione ambientale

7.1 Ecologia e Antropocene: due neologismi per il XXI secolo	161
7.1.1 <i>Ecologia</i>	161
7.1.2 <i>Antropocene</i>	166
7.1.3 <i>Una storia nuova, una disciplina giovane per sfide assolutamente inedite</i>	168
7.2 Sorprese ambientali	169
7.3 Educazione ambientale	172
7.4 Didattica dell'ecologia e relazioni tra organismi	176

8

Capitolo Ottavo

Biodiversità

8.1 Il significato della parola	181
8.1.1 <i>Diversità specifica</i>	181
8.1.2 <i>Diversità genetica</i>	183
8.1.3 <i>Diversità di ecosistemi e di habitat</i>	184
8.1.4 <i>Diversità di paesaggi</i>	185
8.1.5 <i>Diversità culturale</i>	185
8.1.6 <i>I differenti livelli di varietà biologica si influenzano reciprocamente</i>	187
8.2 Biodiversità in pericolo	189
8.2.1 <i>Le estinzioni di massa del passato</i>	189
8.2.2 <i>La crisi attuale</i>	191
8.2.3 <i>Distruzione degli habitat</i>	194
8.2.4 <i>Specie invasive</i>	195
8.2.5 <i>Inquinamento</i>	196
8.2.6 <i>Eccesso di caccia e raccolta</i>	197
8.2.7 <i>Popolazione</i>	198

8.3 Un problema complesso, nel male e nel bene.....	200
8.4 Spunti didattici relativi alla biodiversità	204

9**Capitolo Nono
Il riscaldamento globale**

9.1 I termini del problema.....	209
9.2 Il fronte negazionista	216
9.3 Strategie didattiche	220

10**Capitolo Decimo
Insegnamento della biologia e didattica inclusiva**

10.1 Perché la didattica della biologia è uno strumento utile per gli alunni disabili.....	225
10.2 Identificare le attività più appropriate.....	228
10.3 Esempi di attività didattiche	228
10.3.1 <i>Anatomia e fisiologia: dal tulipano al corpo umano.</i>	229
10.3.2 <i>Percorso sensoriale: conoscere elementi della natura attraverso i sensi</i>	232

11**Capitolo Undicesimo
Schede e attività pratiche**

11.1 Introduzione e uso di queste schede.....	235
11.2 Scheda tipo: come leggerla e interpretarla	236
Scheda 1 <i>Una classe di... lumache. Allestimento di un terrario per l'osservazione di molluschi gasteropodi</i>	238
Scheda 2 <i>Alleviamo i lombrichi. Allestimento di un terrario per l'osservazione di lombrichi in classe</i>	243
Scheda 3 <i>Da bruco a farfalla! Allevamento di due specie di lepidotteri in classe: la cavolaia maggiore e il bombice del gelso.</i>	249
Scheda 4 <i>Il DNA della frutta</i>	259

Scheda 5	<i>Memory cellulare</i>	262
Scheda 6	<i>Coloranti naturali</i>	264
Scheda 7	<i>Animale o vegetale?</i>	267
Scheda 8	<i>Alla scoperta... del mio territorio</i>	271
Scheda 9	<i>La biodiversità vegetale... nella mia scuola</i>	275
<hr/>		
Bibliografia		279
Autori		301

4

Capitolo Quarto

Che cos'è la vita?

In questo capitolo vorrei discutere innanzitutto di alcuni aspetti di base della biologia. Il primo riguarda proprio la definizione di “vita”, che, come vedremo, è meno ovvia di quel che si possa pensare. Allo stesso modo, anche la definizione di “specie” non è così scontata o inequivocabile.

Cercare di definire che cos’è la vita ha contribuito a far sviluppare una nuova linea di ricerca in biologia, la cosiddetta biologia sintetica (Venter, 2013). Ne parlo in questo contesto per mostrare come alcuni aspetti della biologia siano oggi tra le ricerche di punta che potranno aprire scenari impensabili ancora pochi anni fa, nei quali poi scienza, etica e società dovranno discutere e trovare un punto di incontro.

4.1 Una definizione non scontata

La parola “biologia” deriva dall’unione di due vocaboli greci, *bios* e *logos*, e letteralmente significherebbe “discorso (*λόγος*) sulla vita (*βίος*)”. Dunque, la prima riflessione che dobbiamo compiere è metterci d’accordo e definire che cosa ci permette di classificare un’entità come vivente; vedremo a breve che è una cosa più complessa di quanto non appaia a prima vista.

Nel 2008 il fisico Paul Davies descrive in un articolo (Davies, 2008) un’ipotesi di ricerca sull’origine della vita. Interrogandosi se la vita si sia originata una sola volta o più volte (e quindi se nell’universo vi siano altri pianeti con forme di vita), egli arriva a ipotizzare l’esistenza di forme di vita “alternativa” basate su una biochimica differente rispetto a quella conosciuta, e descrive diversi esperimenti che sono stati sviluppati per cercare di individuare queste possibili entità: dall’immaginare e analizzare forme di vita caratteristiche degli ambienti estremi (ma tutte quelle scoperte e studiate fino ad ora hanno le stesse basi biochimiche comuni agli altri organismi), a ipotizzare una biochimica basata sul silicio (al posto del carbonio) e sull’arseni-

co al posto del fosforo. In effetti sono stati trovati alcuni batteri che utilizzano l'arsenico al posto del fosforo (Erb *et al.*, 2012), ma per ora non sono emerse vere visioni alternative.

Corbellini (2013) ricorda che esistono circa cento definizioni diverse di vita. I libri di biologia, in alcuni casi, addirittura soprassiedono sulla definizione di vita: che cosa ci permette di definire un'entità come vivente o non vivente?

Il biologo Ernst Mayr (2004) definisce un organismo vivente come un “entità soggetta alle leggi naturali che controllano il resto del mondo fisico, ma tutti gli organismi viventi sono anche controllati dai programmi genetici”. Secondo l'autore sarebbe dunque l'assenza o la presenza di programmi genetici a definire il confine netto tra entità viventi e non viventi.

Secondo il biologo molecolare Edoardo Boncinelli (2001) è più facile individuare alcune caratteristiche comuni agli organismi viventi, e quindi attribuisce a tutti gli organismi viventi:

1. un inizio e una fine;
2. un metabolismo;
3. la capacità di produrre da soli o in coppia delle copie più o meno uguali di se stessi;
4. la possibilità di modificarsi, nell'arco di diverse generazioni.

A queste proprietà, che comunque lasciano fuori alcune entità interessanti da un punto di vista biologico (i virus e i prioni, per esempio), potremmo poi aggiungere il fatto che tutti gli organismi utilizzano lo stesso tipo di molecole (DNA, RNA e amminoacidi), al punto tale che il DNA viene definito come il codice universale della vita. E con questa ultima osservazione viene ripreso in pieno il discorso di Mayr. Accettiamo dunque la definizione di Boncinelli, tenendo presenti le indicazioni di Mayr sulla presenza di programmi genetici, e l'organizzazione in cellule (anche se ci sono entità, che per certi aspetti sono viventi, i virus o i prioni, i quali però non sono organizzati in cellule).

4.1.1 Inizio e fine

Avere un inizio e una fine vuol dire che un organismo vivente è un'entità limitata nel tempo. L'aspetto curioso è che non sempre riusciamo a tracciare un limite netto per individuare l'inizio di una vita o la sua fine. Vi porto l'esempio umano, perché è uno dei temi che più ap-

passiona e divide la società. Quando comincia una nuova vita? Siamo tutti d'accordo sul fatto che prima dell'unione di un gamete femminile (uovo) e di uno maschile (spermatozoo) non abbiamo una nuova vita. Quando i gameti femminile e maschile si incontrano si forma una nuova cellula, detta zigote, che è senza dubbio la prima cellula dalla quale per divisioni successive si forma l'embrione e poi il nuovo individuo. Lo zigote non è un'entità autonoma: se non si impiantasse nell'utero femminile non avrebbe alcuna possibilità di svilupparsi (e numerosi sono gli zigoti che subiscono questo destino, senza che la donna se ne renda conto). E anche una volta impiantato vi sono numerose fasi prima di avere una parvenza di autonomia (formazione degli organi vitali, ecc.). Però, d'altro canto, se considerassimo come criterio assoluto l'autonomia, quando potremmo considerare un individuo autonomo?

La stessa cosa si osserva con la morte. Il confine non è netto, chiaro e indiscutibile. Nelle pratiche cliniche e mediche indichiamo delle soglie, le quali in verità hanno un margine di arbitrarietà spesso problematico, e i progressi clinici e medici aumentano i casi di dubbio. Oggi possiamo mantenere in funzione corpi che cento anni fa avrebbero superato velocemente questa zona grigia per arrivare allo stadio di morte.

Non necessariamente la biologia è in grado di dare una risposta definitiva a queste domande, e senza dubbio l'etica personale aiuta ogni uomo o donna a trovare una risposta (per alcune donne uno zigote è al 100% una vita in divenire, altre lo considereranno tale solo dopo che si è impiantato nell'utero, altre ancora solo quando si saranno formati alcuni organi), che potrà essere diversa per ciascuno. Ecco dunque un punto dove biologia ed etica si incrociano.

4.1.2 Metabolismo

Per metabolismo si intende l'insieme delle attività chimiche all'interno dell'organismo. Tali reazioni e trasformazioni chimiche possono servire per la crescita, la riproduzione, la riparazione cellulare. Boncinelli (2001) parla di metabolismo ordinario e straordinario: il primo riguarda il fatto che, nel corso della propria vita, un organismo modifica e cambia le sue cellule. Chi mi vede adesso e mi rincontrerà tra dieci anni troverà la stessa persona, ma le mie cellule saranno quasi tutte diverse da quelle attuali; la sostituzione delle cellule potrebbe essere intesa come il metabolismo ordinario. Vi è poi un'atti-

vità straordinaria di metabolismo, quando si rimargina una ferita o si salda un osso. Per questa continua sostituzione di cellule e attività di mantenimento dell'ordine interno di un organismo è necessario ricevere energia.

4.1.3 Riproduzione di se stessi

Gli organismi viventi sono in grado di produrre delle copie più o meno uguali di se stessi, attraverso un meccanismo di riproduzione asessuata oppure attraverso la riproduzione sessuata.

Nella riproduzione asessuata un organismo, raggiunta una certa dimensione, si divide dopo aver fatto una copia del proprio materiale ereditario. Ci possono essere piccole variazioni dovute alle mutazioni, altrimenti il nuovo individuo è identico a quello di partenza, a parte le dimensioni.

La riproduzione sessuata avviene con la produzione da parte di un individuo di cellule specializzate (uova e cellule spermatiche) che poi si fondono a formare l'uovo fecondato, dal quale si svilupperà poi il nuovo organismo. Questo organismo porterà in sé una parte dei geni provenienti dal padre e una parte di quelli provenienti dalla madre. Il processo di riproduzione sessuata favorisce la variabilità genetica che è alla base dei processi evolutivi.

4.1.4 Evoluzione

“In biologia niente ha senso se non alla luce dell’evoluzione” (Dobzhansky, 1973). L’evoluzione è uno dei principali punti chiave della biologia, ed è mia intenzione dedicare un ampio spazio a questo argomento, in quanto è alla base di qualunque ragionamento ed esperimento della biologia. Nel capitolo 6 descriverò che cosa si intende per evoluzione; qui possiamo dire semplicemente che le popolazioni cambiano nel tempo. Si modificano le frequenze dei geni (e di conseguenza l’aspetto esterno, quello che i biologi chiamano fenotipo) all’interno della popolazione. Vedremo come gli studi evoluzionistici hanno modificato il quadro raccontato da Darwin più di 150 anni fa, confermando buona parte delle sue intuizioni e modificando alcuni aspetti della sua teoria.

4.2 Cellule

La cellula è il livello fondamentale di organizzazione della vita; secondo alcuni è addirittura la condizione necessaria perché un'entità sia classificata come vivente. Vi sono organismi formati da una sola cellula e organismi formati da più cellule. E le cellule si dividono in due macrocategorie definite procariote o eucariote (*karion* è il termine greco con cui si indica il nucleo). Cellule procariote sono quelle prive di nucleo (e di altri organuli membranosi), mentre quelle eucariote presentano un nucleo e organuli dotati di membrana.

Quello che tutte le cellule hanno in comune è di avere una membrana, costituita da proteine e fosfolipidi, che separa l'interno dall'esterno della cellula, e di contenere al suo interno altre macromolecole particolari, il DNA e l'RNA, in grado di replicarsi e alla base della sintesi delle proteine¹.

Negli organismi animali pluricellulari le cellule si specializzano e possono poi organizzarsi in tessuti e poi in organi e apparati. Le cellule si formano solo da altre cellule preesistenti, secondo quanto elaborato dalla teoria cellulare, che individua nelle cellule una delle unità viventi fondamentali per la funzione e l'organizzazione di tutti gli organismi.

4.3 Sistemi gerarchici: lo spettro biologico

In biologia è possibile osservare una gerarchia precisa (figura 4.1). Ogni livello di organizzazione presenta struttura e funzioni ben coordinate. Nella figura si individuano alcuni livelli (atomo, molecole e macromolecole organiche) che possono essere studiati con mezzi e strumenti propri della chimica. Dalle macromolecole si passa agli organelli cellulari, quindi alle cellule, ai tessuti, agli organi e agli apparati, quindi a organismi, popolazioni, comunità, ecosiste-

¹ Non è mia intenzione discutere e illustrare in queste pagine la sintesi proteica: un buon libro di biologia sarà in grado di dissipare dubbi e colmare le lacune. Mi preme sottolineare che è importante, comunque, aver chiaro il passaggio con cui dal DNA si arriva alla sintesi delle proteine. Non tanto nei suoi contenuti nozionistici, ma nel modo con cui la sequenza delle basi azotate permette di mettere nel giusto ordine gli amminoacidi che vanno a formare la struttura primaria delle proteine.

mi, fino a giungere alla biosfera. Va rilevato che i livelli superiori di questa gerarchia (dall'individuo in su) possono essere studiati dall'ecologia: come prima per la chimica, esiste anche in questo caso un margine di sovrapposizione tra diverse discipline (per la verità l'ecologia potrebbe essere anche considerata una sottodisciplina della biologia).

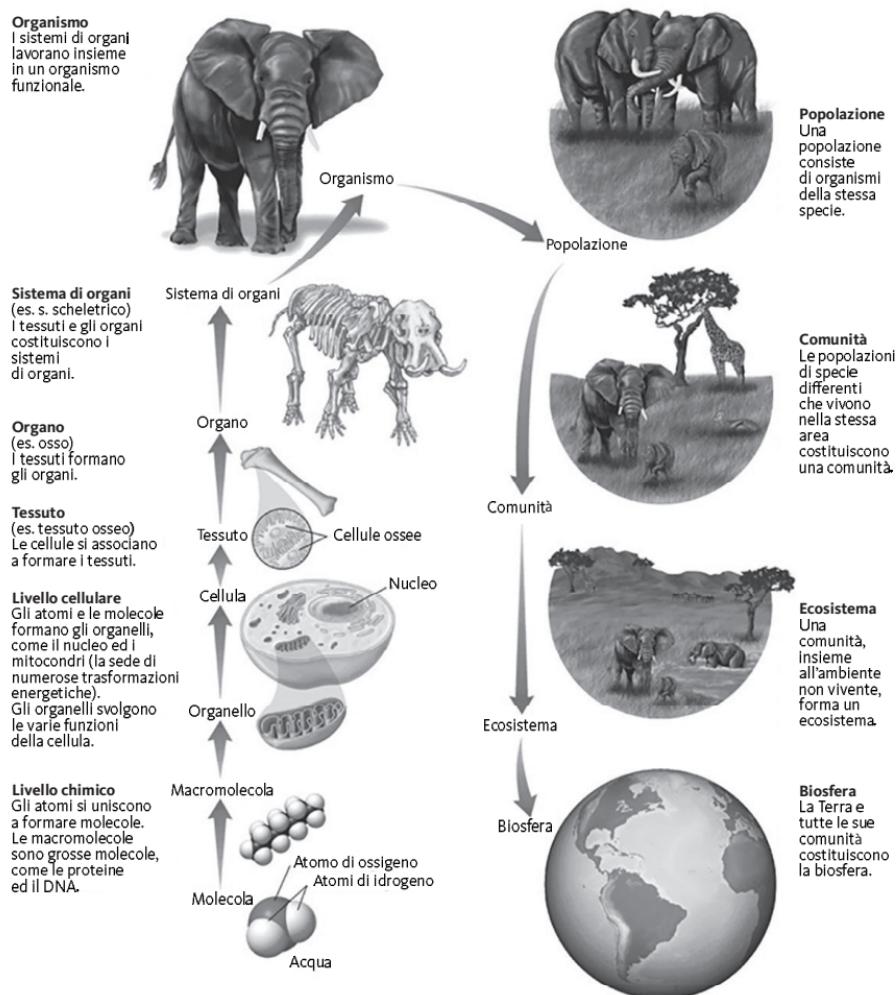


Figura 4.1 Spettro biologico semplificato (da Solomon et al., 2008).

Gli organelli cellulari (come il nucleo, i mitocondri e i cloroplasti) sono quelle strutture che svolgono le varie funzioni di una cellula eucariote. I tessuti sono insiemi di cellule associate tra loro, dello stesso tipo, come il tessuto muscolare o quello osseo. Negli organismi complessi i tessuti si associano tra loro a formare gli organi (ad esempio il cuore in un animale o le radici in una pianta) e poi gli apparati. A un livello superiore, poi, le popolazioni sono insiemi di organismi appartenenti alla stessa specie, che vivono nella stessa area e interagiscono tra loro. Le comunità sono insiemi di popolazioni di specie diverse che vivono nella stessa area e sono legati da interazioni reciproche. Gli ecosistemi possono essere definiti come una comunità e la sua interfaccia abiotica.

La biologia ha lungamente promosso un approccio di lavoro, definito riduzionismo, per cui si cerca di studiare un sistema analizzandone le singole parti che lo compongono. Questo approccio, che presenta molti vantaggi, non può essere generalizzato: vi è anche la constatazione che il tutto è superiore alla somma delle singole parti. Quando analizziamo una popolazione introduciamo, ad esempio, dei parametri (età media o tassi di natalità e mortalità) che non hanno alcun senso a livello dei singoli individui. Oppure, se studiassimo il funzionamento del fegato, la somma delle proprietà delle cellule epatiche non ci permetterebbe di comprenderne completamente il metabolismo. Lo stesso vale per il cervello: come i neuroni sono collegati tra loro è fondamentale per capire come opera il cervello, e nulla di questo ci viene detto dal singolo neurone. Occorre dunque considerare che, a ogni livello di organizzazione, emergono comportamenti collettivi non deducibili dall'analisi del livello inferiore.

4.4 Specie e tassonomia

La biologia riguarda dunque organismi viventi. Sulla base di quello che abbiamo visto, gli organismi sono in grado in un modo o nell'altro di formare delle copie di loro stessi, più o meno precise; è proprio su questa capacità di avere una prole che si basa la definizione biologica di specie.

La tassonomia è il settore della biologia che si occupa di dare un nome agli organismi. Da sempre gli uomini hanno sentito questo bisogno, proponendo approcci diversi. Al giorno d'oggi in biologia ci sono modi diversi per classificare gli organismi: si possono prendere

appena mosso i primi passi. Però in questi anni è un campo che si è sviluppato e che, pur raccontato e comunicato con un certo sensazionalismo (si veda il capitolo 1), permette di avvicinarsi ad alcune frontiere della scienza.

È difficile non rimanere allo stesso tempo turbati e affascinati da queste prospettive. Diversi scienziati si sono posti dei problemi circa queste applicazioni (Dana *et al.*, 2012); lo stesso Venter si è reso conto che arrivare a progettare degli organismi (finalizzati a uno scopo ben preciso) è qualcosa che va molto oltre quello che fino ad ora ha fatto l'umanità, e che è necessario avere ben presente fin da ora che questo approccio può essere un'arma a doppio taglio. Ma è stato così per quasi tutte le scoperte della storia dell'uomo.

La visione di Venter è completamente meccanicistica ed ingegneristica (non a caso parla di hardware e software della vita), e per questo motivo diversi biologi la rigettano (ci sono evidenze sperimentali per farlo). Gli insegnanti potrebbero trarre molti spunti di riflessione mettendo in discussione critica l'approccio di Venter per evidenziare rischi e opportunità.

4.6 Spunti didattici

Dopo aver riflettuto su alcuni degli argomenti più profondi e innovativi della biologia, vorrei passare a esaminare alcuni spunti didattici che possono essere sfruttati dagli insegnanti. Nell'insegnamento della biologia si discute a lungo sull'importanza della chimica (quasi tutti i libri di testo cominciano con alcuni capitoli dedicati alla chimica della vita). A mio parere è necessario per un insegnante essere a conoscenza di alcune cose (capiamo molto meglio la struttura di una proteina se ci rendiamo conto di che cosa è un legame peptidico, e comprendiamo le proprietà della membrana fosfolipidica se capiamo la chimica dei gruppi fosforo e dei lipidi), ma non è indispensabile che tutto questo venga poi trasmesso agli alunni.

Una buona strategia è quella di costruire delle analogie e delle immagini mentali che aiutino a comprendere i concetti più difficili. Per esempio, potete immaginare una proteina come un filo di perlino colorate: ogni perlina corrisponde a un amminoacido, e la sequenza degli amminoacidi rappresenta la struttura primaria delle proteine (poi ragionerete su quale è la struttura secondaria, terziaria e così

via, o su come si ottiene una determinata sequenza di amminoacidi, ma questa è un'altra storia!).

Come vedremo nel primo esempio che suggerisco, si possono benissimo semplificare e approssimare problemi più complessi, educando i ragazzi a un’“imprecisione formativa”.

4.6.1 Di quante cellule siamo fatti?

Questo percorso è proposto da Claudio Longo (1998) e aiuta a evidenziare alcune particolarità del modo con cui si può fare scienza con un approccio poco nozionistico e molto interessante.

Di quante cellule siamo fatti? La risposta viene ottenuta immaginando per ipotesi di avere un uomo che sia un cubo di 1 m di lato, e che ogni cellula sia un cubetto di 10 µm. Utilizzando questa doppia approssimazione, è possibile arrivare a una stima complessiva verosimile e ragionevolmente precisa. Non servono calcolatrici e basta avere dimestichezza con le potenze del 10 (opzione che nella scuola secondaria dovrebbe essere alla portata di tutti).

Il primo passaggio è quello di chiedersi quanti cubetti da $10 \times 10 \times 10 \text{ }\mu\text{m}$ si trovano in un cubo di 1 m di lato; 1 µm corrisponde a 1/1000 di mm, dunque in un metro lineare si avrà la seguente equivalenza:

$$[(1 \text{ }\mu\text{m} \times 1000) \times 1000] = 10^6 \text{ }\mu\text{m} = 1 \text{ m}$$

Ma se la nostra cellula era di 10 µm allora avremo 10^5 cellule lungo un metro lineare, ossia 10^{15} in un metro cubo, ovvero un milione di miliardi di cellule. Naturalmente non esiste una persona cubica (e neppure una cellula cubica), ma questa prima approssimazione ci ha permesso di avvicinarci molto all'ordine di grandezza che ci importa. A questo punto potremmo immaginare che, anziché avere un cubo di 1 m di lato, si abbia un parallelepipedo alto 1 m, largo 40 cm e profondo 30 cm.

$$\text{Volume uomo} = 1 \times 0,4 \times 0,30 = 0,12 \text{ m}^3$$

Dunque se le cellule fossero come le abbiamo ipotizzate, il nostro uomo avrebbe:

$$10^{15} \times 0,12 \cong 10^{14} \text{ cellule}$$

Questo numero significa centomila miliardi o cento milioni di milioni. Ed è stato possibile arrivarci facilmente, senza calcolatrice e senza strumenti particolari. Tra gli spunti che possono essere offerti ai ragazzi vi è quello dell'importanza di saper approssimare, senza per questo scivolare nella superficialità.

4.6.2 Cosa vediamo per davvero quando guardiamo dentro al microscopio?

Spesso un'attività che viene suggerita, sia per le scuole secondarie che per quelle primarie, è l'osservazione al microscopio delle cellule, magari con l'ausilio di una telecamera collegata al microscopio da una parte e a un proiettore dall'altra. Si tratta naturalmente, qualora si abbiano gli strumenti idonei, di un'attività fantastica ed entusiasmante. Ci sono però alcune precauzioni da considerare.

La prima è che il microscopio ottico non è uno strumento semplissimo da usare. La messa a fuoco, lo spostare il vetrino per seguire quello che interessa, il passaggio da un ingrandimento all'altro non sono sempre operazioni intuitive. È necessario un investimento di tempo e pazienza iniziale non indifferente, prima che i ragazzi sappiano utilizzare bene lo strumento.

I testi di biologia riportano, quasi sempre, tre immagini per rappresentare la cellula procariote, quella eucariote vegetale e quella eucariote animale. Occorre sempre tener presente che i disegni riportati sui libri rappresentano un modello ipotetico, e non corrispondono a quello che viene osservato realmente al microscopio. Sono diversi perché non si vedrà mai una cellula animale perfettamente tagliata sul piano equatoriale, con tutti gli organelli ben allineati (anche loro perfettamente tagliati), coi colori diversi tra loro.

È dunque necessario sapere tutto questo, e differenziare tra un disegno, che ha lo scopo di sintetizzare tutte le informazioni possibili, e quello che davvero possiamo osservare nella sezione sottile di un vetrino.

4.6.3 Uovo, questo sconosciuto

Osserviamo un'immagine (figura 4.3) comune nei testi di biologia: rappresenta una serie di entità, dall'atomo all'uomo adulto, e diversi tipi di cellule. Vuole dare un'idea del range di dimensioni delle cellule (che in genere, se eucariote, hanno un diametro variabile tra i 10 e i 30 μm). Vi

sono però numerose eccezioni e nell'immagine ne sono riportate alcune: le cellule nervose, le varie cellule uovo (nell'esempio l'uovo umano, quello di rana e quello di gallina). Spesso, però, questo tipo di immagine può risultare fuorviante, infatti quando viene osservata spinge gli studenti più superficiali a utilizzare l'uovo di gallina (o degli altri uccelli) come esempio di cellula. È in genere una strategia perfetta per mettersi in un mare di guai. Si tratta infatti di un caso particolare, non necessariamente particolarmente valido, per descrivere in linea generale una cellula animale. La totalità della massa è composta da tuorlo e albumine, che sono riserve di cibo; la parte funzionale della cellula è una piccola massa che si trova sulla superficie del tuorlo, e il guscio non è la membrana cellulare! In altre parole, è come pensare che una barca costruita per disputare le regate della Coppa America sia un buon esempio per descrivere tutte le barche.

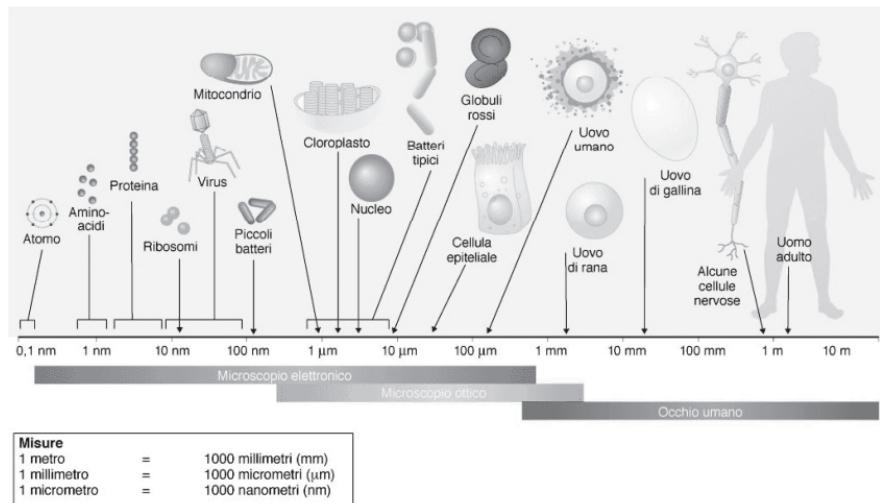


Figura 4.3 Dimensioni biologiche e diversità delle cellule (da Solomon et al., 2008)
- Come mostra la figura spesso le uova di gallina e di rana sono utilizzate come esempi di cellule molto grandi (il testo originale parla appunto di cellule uovo). Da notare che la scala delle dimensioni è logaritmica. I disegni non sono in scala.

Detto questo, con le uova di gallina che vengono comprate al supermercato (le quali ormai non sono più in alcun modo cellule vitali) si possono sviluppare alcuni piccoli esperimenti interessanti. Il più semplice è quello di evidenziare la vera membrana cellulare, facendo sciogliere il guscio calcareo in una soluzione acida. Una volta fatto

Rivolta a insegnanti per l'aggiornamento professionale, ma anche ai candidati a corsi di specializzazione, studenti TFA e studenti universitari, la collana contiene volumi dedicati ai principali strumenti teorici e operativi della didattica, la cui acquisizione costituisce un aspetto fondamentale della professione di insegnante.



Il volume mette a disposizione di chi insegnnerà o già insegna in contesti scolastici ed extrascolastici, i principali **fondamenti pedagogici** della didattica della biologia, con lo scopo di supportare i futuri insegnanti nella costruzione di saperi e buone pratiche indispensabili nell'ambito della propria professionalità, sviluppando la capacità di attivare **percorsi di apprendimento** che facilitino l'acquisizione di **conoscenze e abilità** su vari livelli.

Le tematiche che costituiscono la base della teoria della biologia sono puntualmente descritte, e poi sviluppate attraverso **proposte operative** (descritte in schede lungo il testo e **attività pratiche** in un apposito capitolo) che permettono di sviluppare in aula una didattica basata sulle metodologie attive.

Il volume è arricchito da un'ampia **bibliografia** di riferimento.



€ 18,00



ISBN 978-88-6584-515-8



9 788865 845158