

Scienza Educazione E Didattica

«Fare scienza» a scuola

PERCORSI VERTICALI NELL'INSEGNAMENTO DELLA BIOLOGIA

di Maria Cristina Speciani*

Per «fare scuola» in un mondo che propone continuamente nuovi modelli e strategie didattiche bisogna avere alcuni riferimenti chiari. Anzitutto che è possibile attuare, nella scuola, un'esperienza di conoscenza della realtà naturale secondo metodi e linguaggi propri della scienza. Poi che occorre procedere con gradualità, rispettando la capacità di comprensione degli studenti, pena il ricorso a un apprendimento puramente mnemonico, privo di significato. «Fare scienza a scuola», la prospettiva didattica nata nei primi anni Settanta dal confronto tra insegnanti di diverse discipline scientifiche, più volte documentata su questa rivista, viene presentata nei suoi termini essenziali e con esempi di percorsi verticali in Biologia, con particolare attenzione al corpo umano. A dimostrare che il metodo è utile a tutti i livelli di scolarità.

* Giornalista, esperta di didattica, membro della redazione di Emmeci-quadro

«Fare scienza a scuola» è un modo di insegnare/studiare che parte dalla convinzione che la conoscenza scientifica avviene nell'incontro con la realtà naturale e propone un cammino di scoperta in cui gli studenti, protagonisti insieme agli insegnanti, sperimentano il metodo con cui procede la scienza.¹ È «controcorrente» rispetto all'idea - di stampo costruttivistico - che il sapere scientifico sia una costruzione sociale (organizzazione delle impressioni sensoriali) e non una raccolta e organizzazione di dati di realtà.² È controcorrente anche perché è nato sul campo, per rispondere in modo adeguato a esigenze formative, e smentisce la diffusa concezione che si educa applicando modelli e teorie pedagogiche studiate a tavolino.

In una storia che ha messo in campo competenze in diverse aree disciplinari (Fisica, Biologia, Chimica, eccetera) anche all'interno di gruppi di lavoro nazionali, le categorie portanti di questo metodo si sono dimostrate valide in tutti i livelli dell'istruzione, dalla scuola dell'infanzia alla secondaria di secondo grado. In questo contributo le illustro rapidamente perché sono facilmente reperibili nella vasta documentazione di percorsi realizzati pubblicati su questa rivista (Cfr.: Indicazioni bibliografiche [1] [2] [3]) oppure nei diversi workshop organizzati dalla Associazione Culturale "Il rischio educativo" (www.formazioneilrischioeducativo.org) oppure ancora nelle Guide per gli insegnanti che corredano il sussidiario *Alla scoperta del mondo* pubblicato da Itaca edizioni, in cui la parte di scienze è costruita con gli stessi criteri, e che si trovano all'indirizzo www.lacetra.it.

Ma il punto su cui vorrei attirare l'attenzione, anche come proposta di sperimentazione e di discussione nelle scuole, è la possibilità di «modulare» i passi fondamentali del metodo a diversi livelli di scolarità sia rispetto ai contenuti - gli argomenti - che si



sviluppano di anno in anno sia rispetto alla capacità di pensiero, di attenzione, di riflessione degli studenti.

Nel dibattito che si è sviluppato per la stesura di curricoli verticali da parte delle singole scuole, a partire dalle *Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo dell'istruzione*³, la gradualità richiesta per la formazione scientifica e prevista dal «fare scienza a scuola», ha offerto molti spunti e occasioni di riflessione. Abbiamo delineato e sperimentato percorsi verticali confermando che il metodo è flessibile, perché rispetta la storia della scienza e la dimensione sperimentale delle discipline ed è fruttuoso perché aiuta a conquistare, durante il corso degli studi, uno sguardo unitario sulla realtà.

In questo contributo presento i termini essenziali di una proposta riferita alla Biologia e in particolare al corpo umano.

«Fare scienza» a scuola: il metodo dell'esperienza

Studiare/insegnare scienze è «fare scienza», ossia sperimentare il modo con cui procede la scienza: porre domande e cercare risposte, stabilire relazioni tra gli oggetti e i fenomeni, raccontare le proprie scoperte. Impostare la didattica secondo questi passi capovolge lo schema definire-memorizzare ancora terribilmente diffuso in una scuola che si preoccupa di trasmettere informazioni complesse - magari anche frutto di scoperte recenti - senza badare alla capacità di comprensione degli studenti e senza fare riferimento al significato di una certa conoscenza nella storia della scienza.

Parecchi insegnanti vorrebbero sviluppare percorsi didattici articolati attorno agli aspetti sperimentali e storici delle scoperte scientifiche, ma - sostengono - l'esigenza di «svolgere tutto il programma» condiziona le scelte e costringe ad affastellare concetti a volte semplicemente definiti. A questo proposito va però notato che le *Indicazioni Nazionali*, quelle per il primo ciclo dell'istruzione, ma anche quelle per il Liceo, non dettano gli argomenti da svolgere, ma indicano dei «traguardi» da raggiungere lasciando agli insegnanti una certa libertà nell'organizzazione di percorsi che rispondano alle esigenze formative. Purtroppo, spesso i programmi sono stabiliti semplicemente seguendo gli indici dei libri di testo.

Invece, a ogni livello di scolarità, occorre partire da esperienze concrete (come anche consigliato nelle *Indicazioni Nazionali*), da qualcosa che uno studente può vedere e toccare con mano per esempio un fenomeno a livello macroscopico e/o a livello cellulare con semplici microscopici didattici.

Il passo successivo è quello di «porre domande» all'oggetto o al fenomeno in esame per «comprendere» anzitutto come è fatto e come funziona. Un atteggiamento di ricerca che vale quando un bambino osserva i fiori sulle siepi del giardino alla scuola dell'infanzia oppure un ragazzo del liceo si interroga sui meccanismi con cui si formano le rocce.

Per esempio, nei capitoli di scienze del Sussidiario *Alla scoperta del mondo*, i titoli dei paragrafi sono tutti in forma interrogativa e propongono le domande elementari, cioè che introducono i concetti fondamentali di un argomento.

In estrema sintesi, i percorsi didattici si fondano sui momenti chiave che caratterizzano l'indagine scientifica: osservare, identificare e denominare, classificare e stabilire relazioni.⁴

Anche per questo motivo le attività di laboratorio, osservative e/o sperimentali, in classe e/o sul campo, sono il cuore del percorso: gli studenti scoprono in prima persona che è possibile rispondere alle domande di conoscenza nate dall'esperienza quotidiana e imparano a seguire con precisione un metodo di lavoro, rispettandone condizioni e tempi.

Dedicare tempo al «laboratorio» - non un momento di gioco fuori dall'aula di lezione ma una attività paradigmatica del modo di procedere della scienza - porta notevoli vantaggi per la formazione di una mentalità scientifica e l'acquisizione di un metodo, molto più che la riflessione teorica sulle «mappe» riassuntive del metodo scientifico riportate all'inizio di ogni testo scolastico, astratte e spesso fuorvianti. Ovviamente le attività sperimentali dovranno essere adeguate al livello scolastico, potranno essere solo osservative oppure riprodurre e studiare fenomeni in condizioni semplificate



oppure verificare leggi note, ma già alla primaria i bambini, guidati dal docente, possono raccogliere e confrontare dati e informazioni e, soprattutto, relazionare le attività svolte oralmente o per scritto prendendo coscienza del lavoro compiuto. La classica «relazione» sarà un disegno all'inizio del percorso, un disegno commentato o un resoconto del lavoro svolto man mano più strutturato alla secondaria (Cfr.: Indicazioni bibliografiche [3]). Infatti, rivisitare l'esperienza vissuta evidenzia la successione temporale e logica dei passi compiuti e aiuta a fissare nella memoria ogni nuova conoscenza. E nel corso degli anni si avrà un incremento delle attività sperimentali e della consapevolezza del lavoro svolto, insieme alla capacità di relazionarlo.

Ogni conoscenza acquisita apre a nuove domande. Accade in modo molto evidente alla scuola primaria dove la curiosità dei bambini è sempre stimolante, ma attenzione, non si possono dare subito tutte le risposte, non si possono trattare subito tutti gli aspetti di un fenomeno senza ricadere nel meccanismo di accumulo di nozioni già stigmatizzato. Invece, bisogna essere consapevoli che le domande troveranno risposte via via più specifiche e dettagliate man mano che si sale nel corso degli studi. È il concetto di «ricorsività» che, come vedremo con alcuni esempi, è tornare sugli stessi argomenti approfondendo sia i particolari sia il significato.

Prospettive di percorso

Dimensione storica, dimensione sperimentale

In lunghi anni di insegnamento al liceo ho verificato che spiegare un argomento - il DNA piuttosto che la tettonica delle placche o la tavola di Mendeleev - ripercorrendo l'avventura degli scienziati è la via più sicura (forse non la più breve o la più facile) per trasmettere efficacemente i contenuti.

È importante «sperimentare», sul campo o in classe, per conquistare una conoscenza in prima persona e per fare esperienza del modo di lavorare degli scienziati. Ma, per comprendere davvero il significato di un contenuto scientifico, è altrettanto importante riconoscere il percorso sperimentale da cui è nato. Così, in una prospettiva che permane e si approfondisce nel corso degli studi, si conferma l'importanza dei metodi e del linguaggio della scienza per la conoscenza della realtà.⁵

Alla scuola primaria, quando si parla del sistema solare, ma anche quando si classificano piante o animali - si può fare riferimento agli scienziati che hanno contribuito a chiarire quella conoscenza.

Alla secondaria di primo grado, quando si introduce alla chimica si percorre una storia di fatti che possono anche essere riprodotti in laboratorio⁶; quando si apre il grande capitolo della citologia si segue il racconto dei primi passi della microscopia e si può usare ampiamente il microscopio.

Alla secondaria di secondo grado la prospettiva storica diventa più complessa e più circostanziata - collocata precisamente nel tempo e collegata non solo alla storia del pensiero, ma anche allo sviluppo tecnologico. Per esempio, in prima liceo è significativo introdurre lo studio della Biologia attraverso i grandi problemi studiati nell'Ottocento: la teoria cellulare, la trasmissione dei caratteri⁷ e l'evoluzione. È una storia di scienziati come Mathias Schleiden e Theodor Schwann, Gregor Mendel e Charles Darwin; si può partire dai dati conosciuti al loro tempo (esemplificabili anche attraverso attività di laboratorio) e percorrere il cammino delle scoperte che si sono succedute, grazie a molti altri ricercatori, fornendo le basi per le teorie che costituiscono i fondamenti della Biologia. Un itinerario di questo tipo, che non parte dalla «definizione» finale (per esempio la teoria dell'evoluzione), ma arriva alla formulazione usando dati e percorsi fa almeno intuire la portata epistemologica di ogni teoria.

Più avanti, quando si affrontano conoscenze e metodi della Biologia più recente, magari anche nel campo della Biogenomica, occorre scoprirne le radici nel cammino che porta prima alla scoperta della struttura del DNA e poi agli sviluppi della Biologia molecolare. Così si capiscono i processi molecolari come la chiave che spiega i fenomeni biologici a livello cellulare e organico e non come schemi metabolici da mandare a memoria.

Ricorsività e verticalità

Come abbiamo accennato, sviluppare in modo ricorsivo un argomento permette di approfondirne sia i particolari sia il significato. E, man mano che si progredisce nel curriculum verticale, entrano in gioco abilità e competenze via via più specifiche e più sicure dal punto di vista metodologico, più «scientifiche». Se il metodo è acquisito, in

tutto il percorso scolastico rimane vivo il desiderio di porre domande al mondo della natura e di scoprire cose nuove.

Moltissimi argomenti di Scienze sono trattati, per prassi più che per indicazioni ministeriali, sia nella primaria sia nella secondaria. Ci sono percorsi verticali, da un ordine di scuola a un altro, facilmente individuabili: per esempio, in Botanica alla primaria si descrivono la forma e le funzioni in termini macroscopici e si riconoscono i diversi tipi di vegetali, alla secondaria si osservano le strutture cellulari al microscopio, si classificano le specie vegetali e si riconosce la loro evoluzione. E anche percorsi verticali interni: all'inizio della secondaria di primo grado i temi sono soprattutto trasversali (per esempio si studia il terreno) e diventano man mano più disciplinari (per esempio le rocce dal punto di vista geologico, la trasmissione dei caratteri, le prime semplici trasformazioni chimiche) sia come metodo sia come lessico.

Facciamo un esempio relativo al corpo umano, nel passaggio tra primaria e secondaria.

La respirazione è un fenomeno molto complesso, in cui si riconoscono diverse fasi: l'inspirazione e l'espiazione, le azioni con cui l'aria entra e esce dal corpo; lo scambio dei gas a livello polmonare e a livello cellulare; la produzione di energia nei mitocondri, eccetera.

Le prime fasi della respirazione, fino al momento in cui l'ossigeno contenuto nell'aria arriva a livello dei polmoni, possono essere sperimentate direttamente o riprodotte con modelli, a livello della primaria. Si può anche intuire che dai polmoni l'ossigeno passa nel sangue per raggiungere tutte le cellule del corpo.

Ma solo alla secondaria, con diversi livelli di approfondimento, si possono illustrare le condizioni a cui avvengono gli scambi ossigeno-emoglobina e le reazioni che producono energia a livello dei mitocondri. Perciò non è mai necessario «dire tutto» su un argomento, occorre scegliere di volta in volta i dettagli e l'orizzonte di riferimento, come il quadro storico, il rapporto con l'ambiente oppure il livello di organizzazione (per esempio cellulare vs molecolare) in modo che il lavoro sia adeguato e comprensibile agli studenti.

Il corpo umano: i temi portanti

In tutti i livelli di scuola si studia il corpo umano, argomento che mette in campo i concetti fondamentali della biologia.⁸

Sui libri di testo, sia alla primaria sia alla secondaria, è presentato con una grande quantità di informazioni, spesso ricavate semplificando testi delle superiori, e come una sequenza di «apparati» indipendenti uno dall'altro. In rete si trova qualche percorso per la primaria, caratterizzato comunque da una frammentazione delle informazioni, mentre per la secondaria non si trovano percorsi specifici, ma possibili approfondimenti su alcuni aspetti del corpo umano.

Come progettare un percorso verticale che porti a comprendere la struttura unitaria e complessa del corpo umano? Alcuni temi fondamentali, validi per tutti i viventi, assumono una connotazione molto interessante e possono diventare i pilastri su cui costruire la trattazione. Sono concetti impegnativi, ma possono essere sviluppati con gradualità.

ATTIVITÀ DI LABORATORIO SPERIMENTARE, COSTRUIRE GRAFICI, CONFRONTARE

Che cosa occorre
Per ogni bambino:
un orologio con cronometro.

Come procediamo
Eseguiamo dei respiri:
inspiriamo e poi espiriamo.
Facciamo attenzione: mentre inspiriamo il torace si gonfia. Mentre espiriamo il torace si sgonfia.
Usando il cronometro, contiamo quanti respiri ciascuno fa in un minuto a riposo.



Registriamo questo dato in un grafico a colonne.
In palestra, dopo aver corso 5 minuti, contiamo di nuovo i nostri respiri. Registriamo questi dati in un nuovo grafico a colonne.
Confrontiamo questo grafico con quello dei respiri a riposo. Il numero dei respiri sotto sforzo è maggiore di quelli a riposo.

Struttura e funzione: una unità inscindibile

La prima scelta è quella di tenere sempre uniti aspetti strutturali e aspetti funzionali: non esiste nessuna struttura, a nessun livello di organizzazione, che non svolga una specifica funzione.

In altre parole, l'approccio funzionale per comprendere strutture e funzioni della vita nella complessità dell'organismo uomo vale per tutti i livelli scolastici.

Negli studi di anatomia (strutture) e di fisiologia (funzioni) si considerano diversi livelli di organizzazione: il livello macroscopico (organi), il livello microscopico (tessuti, cellule) e il livello submicroscopico (biochimico e/o molecolare).

L'anatomia nasce a livello macroscopico: gli organi sono parti del corpo che svolgono specifiche funzioni.

Con lo sviluppo della microscopia si è visto che gli organi sono insiemi di tessuti diversi.

Con la biologia molecolare si sono compresi i fondamenti delle diversità tra le cellule.

Gli studi a livello microscopico, subcellulare, biochimico e molecolare forniscono contributi fondamentali per i fisiologi, riconfermando che struttura e funzione sono inscindibili; per esempio, la funzione di un enzima dipende dalla sua conformazione tridimensionale; se questa viene alterata anche la funzione sarà alterata fino a perdere l'attività biologica.

Questa prima considerazione introduce, a livello concettuale, una prospettiva «sintetica», uno sguardo unitario sull'uomo che supera la frammentarietà legata alla distinzione ferrea tra anatomia (solo descrittiva) e fisiologia. Come conseguenza sul piano didattico si rende opportuno - direi anzi necessario - un capovolgimento metodologico, cioè un approccio che parte dalla funzione: per esempio, studiare la locomozione implica immediatamente, senza forzature, la conoscenza del sistema muscolare, del sistema osseo e del sistema nervoso senza i quali la funzione non si compirebbe.

In questa prospettiva non è marginale distinguere le funzioni dei viventi in «funzioni metaboliche di base» (o funzioni della vita vegetativa), che permettono all'organismo di accrescersi, svilupparsi e svolgere tutte le funzioni vitali, e «funzioni della vita di relazione» che permettono di interagire con l'ambiente esterno. Si tratta di adottare anche un lessico nuovo, diffuso nella letteratura accademica e riscontrabile anche in alcuni testi scolastici recenti. Per quanto riguarda il corpo umano, si può far riferimento allo schema sotto riportato che mostra anche l'associazione funzione-sistema di organi.⁹

Funzioni del corpo umano		
	Funzione	Sistemi Organi
Metaboliche di base permettono all'organismo di accrescersi, svilupparsi, e svolgere tutte le funzioni vitali	Nutrizione	Sistema digerente
	Respirazione (scambi gassosi)	Sistema respiratorio
	Trasporto/circolazione	Sistema circolatorio (arterie e vene, cuore)
	Regolazione dell'ambiente interno, escrezione	Sistema escretore
Della vita di relazione permettono di interagire con l'ambiente esterno, coordinando anche le proprie reazioni ai vari stimoli	Sostegno	Scheletro
	Locomozione	Sistema muscolo-scheletrico
	Coordinamento	Sistema nervoso, organi di senso Sistema endocrino
	Rivestimento e protezione	<u>Esterno</u> Tegumenti: pelle, peli <u>Interno</u> Sistema immunitario e linfatico
Per il perpetuarsi della vita	Riproduzione e sviluppo	Sistema riproduttore

La tabella è estratta e adattata da Whittaker, R.H. 1969. *New concepts of kingdoms of organisms*. Science 163: 150-161

Il corpo: complessità per la vita

Un'altra scelta importante è quella di considerare che il corpo è un «sistema complesso» formato da tante parti diverse in relazione tra loro. Facendo riferimento alla «biologia dei sistemi», la ricerca interdisciplinare volta alla comprensione del funzionamento dei sistemi biologici complessi, in modo semplice possiamo dire che ogni parte del corpo (cellule, organi, sistemi di organi) coopera a produrre un risultato d'insieme e che questa caratteristica è il principio di unità; a essa si riconducono le proprietà del tutto che sono nuove rispetto a quelle che derivano soltanto dalla natura delle parti.

Anche in questo caso cambia la prospettiva: non basta studiare i componenti del corpo e le loro proprietà in sequenza «lineare», ma occorre capire come contribuiscono al sorgere di proprietà nuove. Quindi la domanda fondamentale è: come interagiscono le cellule, gli organi e i sistemi di organi del corpo per costruire e mantenere la complessità dell'organismo intero?

Regolare le proprie funzioni per mantenere la vita

La capacità di controllare le proprie funzioni è tipica dei viventi e, per quanto riguarda il corpo umano, si realizza con meccanismi che possono essere studiati a diversi livelli di organizzazione.

Il concetto portante è quello dell'omeostasi, (termine adottato nel 1925 da Bradford Cannon (1871-1945), da *homeo*, lo stesso e *stasis*, stare ancora) definita nel modo più semplice come la capacità di un organismo di reagire alle condizioni ambientali in modo da mantenere le proprie condizioni vitali.¹⁰

Nel linguaggio della teoria dei sistemi, la differenza tra vivente e non vivente consiste nel fatto che un tipico sistema fisico conserva caratteristiche invarianti nel tempo se si trova in un minimo relativo di energia (equilibrio stabile), mentre invece un organismo vivente, avendo un elevato grado di omeostasi, si comporta rispetto all'ambiente come un sistema stazionario anche se è fuori di equilibrio.

L'omeostasi dei viventi arriva fino alla capacità di riparare i danni subiti (per esempio, guarire dalle malattie), e deriva dalla presenza di un'organizzazione dinamica interna che è al lavoro per compensare la tendenza alla corruzione.

(Giuseppe Del Re, Parole e scienza: sistemi e complessità, in Emmeciquadro n. 2004; cfr.: anche in Indicazioni bibliografiche [8] e [9])

A livello cellulare mantenere condizioni essenziali alla vita significa conservare nell'ambiente interno (fluidi intra e extra-cellulari) parametri come la temperatura, la disponibilità di ossigeno e di nutrienti, la concentrazione di sali entro un certo intervallo di valori anche di fronte a variazioni dell'ambiente esterno. E quando ragioniamo a livello di relazioni tra sistemi di organi parliamo di termoregolazione, di bilancio idrico, di controllo del metabolismo degli zuccheri.

Studiare il corpo umano: percorsi in verticale

Le grandi tematiche sopra brevemente illustrate (struttura e funzione, complessità, regolazione) costituiscono la trama su cui innestare i diversi argomenti che attengono al corpo umano. Con due avvertenze preliminari: «fare scienza» chiede che si studi ciò di cui si può fare esperienza, perciò occorre da una parte scegliere contenuti che gli studenti possano riscontrare nel quotidiano e, dall'altra, eseguire attività sperimentali adeguate alla loro capacità di lavoro e di riflessione.

Di seguito non propongo una programmazione da «copiare», ma dei suggerimenti per sviluppare «in verticale» alcuni concetti fondamentali della Biologia implicati nello studio del corpo umano e davvero essenziali per comprendere l'unità e la complessità dell'organismo.

La prima opzione, anche se non va intesa in senso assoluto e non va applicata con rigidità, è che alla scuola primaria si mantenga la trattazione a livello macroscopico, alla secondaria di primo grado si privilegi il livello di organizzazione cellulare e alla secondaria di secondo grado si approfondiscano aspetti biomolecolari.

Alla scuola primaria è opportuno esplorare organi e sistemi di organi mantenendosi al livello macroscopico dell'organismo, che può essere osservato direttamente.

Si può cominciare a studiare il corpo umano fin dalla prima classe, a partire da esperienze/domande che nascono nel quotidiano - per esempio la caduta dei denti o l'alimentazione alla mensa scolastica.

Più avanti si possono prendere in esame sistematicamente le diverse funzioni.

Studiando una funzione come il movimento si possono sperimentare direttamente, e descrivere le relazioni tra i muscoli, le ossa e il nervoso mentre si compiono particolari azioni.

Studiando le funzioni di base (circolazione, respirazione, digestione) si possono sperimentare, anche se in termini molto semplici, le relazioni (anche quantitative) tra attività fisica, frequenza del respiro e dei battiti cardiaci. Così si acquisirà anche l'idea che queste funzioni sono tutte necessarie e agiscono insieme per mantenere in vita un organismo.¹¹

Può essere necessario fare riferimento al livello cellulare, ma occorre farlo con cautela, consapevoli che è difficile realizzare - e soprattutto interpretare - osservazioni dirette di cellule al microscopio ottico, attività che invece è opportuno eseguire puntualmente alla secondaria di primo grado.

Alla secondaria di primo grado, proprio come introduzione allo studio del corpo umano, è opportuno studiare la cellula e le interazioni tra le cellule.

I contenuti vengono dettagliati ricorrendo a osservazioni con strumenti come il microscopio ottico o su atlanti con immagini e approfonditi per esempio esaminando/sperimentando aspetti fisiologici nuovi.

Le attività pratiche e gli esperimenti potranno essere svolti in prima persona e relazionati individualmente.

Fin dalla classe prima si possono programmare attività di osservazione al microscopio ottico e chiedere ai ragazzi di rappresentare con disegni quello che osservano, proprio come hanno fatto i primi microscopisti.

Così, parallelamente, si ripercorrono anche i passi che hanno portato scienziati come Robert Hooke o Anton Van Leeuwenhoek alla scoperta delle prime cellule e dei loro costituenti.

In modo paradossale, la cellula, che è l'unità strutturale e funzionale di ogni organismo, viene spesso presentata come se fosse una entità dotata di vita propria.¹² Invece, occorre sempre comunicare che ogni attività del corpo avviene prima di tutto a livello delle singole cellule. Per esempio, respirare, che avviene macroscopicamente grazie a sistemi di organi specializzati, avviene nelle singole cellule di tutto il corpo in strutture apposite (i mitocondri) e grazie a processi biochimici altamente specifici.

Attenzione, per capire che la respirazione cellulare avviene in ogni cellula è sufficiente vedere i mitocondri all'interno della cellula, al microscopio ottico. Può essere interessante, come esempio

ATTIVITÀ DI LABORATORIO

RACCOLGERE DATI, LEGGERE GRAFICI

Che cosa occorre

Per ogni bambino:
un orologio con cronometro.
Per tutta la classe:
un pulsossimetro da dito (acquistabile facilmente in farmacia).

Come procediamo

Aiutati dall'insegnante di scienze, o di educazione motoria, impariamo a rilevare i battiti del nostro cuore, cioè quante volte si contrae in un minuto. Possiamo usare diversi metodi, illustrati nelle immagini. Ogni bambino conta i suoi battiti da solo o, guidato dall'insegnante, usando a turno il pulsossimetro.



Registriamo i dati raccolti in una tabella comune a tutta la classe e costruiamo un grafico a colonne associando a ogni bambino il proprio numero di pulsazioni.

Riflettiamo. I valori raccolti sono tutti uguali? Quale è il valore minimo? E quello massimo? Possiamo controllare i battiti del nostro cuore?



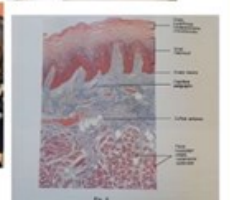
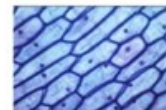
LA CELLULA

Metodo dell'esperienza

Osservazione di:

- Cellule di cipolla (senza e con tintura di iodio)
- Cellule con cloroplasti (Elodea o altra pianta acquatica con foglie sottili)
- Epidermide inferiore di foglie di geranio.
- Tessuti umani in cui vedere diversi tipi di cellule.

Richiamare concetti che loro hanno già affrontato alle elementari (fotosintesi, tessuti...)



STUDIARE/INSEGNARE IL CORPO UMANO NELLE SCUOLE DEL PRIMO CICLO: UN PERCORSO IN VERTICALE PER COMPRENDERE UNA REALTÀ COMPLESSA.
Coordinatrice: Maria Elisa Bergamaschini
Docenti: Maria Cristina Speciani, Maria Gregori



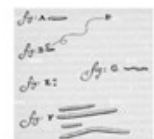
LA CELLULA

Importanza della narrazione e di una dimensione storica della scienza.
Scienza come storia di uomini in azione.

Robert Hooke



Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723)
e gli animalculi



STUDIARE/INSEGNARE IL CORPO UMANO NELLE SCUOLE DEL PRIMO CICLO: UN PERCORSO IN VERTICALE PER COMPRENDERE UNA REALTÀ COMPLESSA.
Coordinatrice: Maria Elisa Bergamaschini
Docenti: Maria Cristina Speciani, Maria Gregori

più approfondito del rapporto struttura/funzione scoprire, nell'ultrastruttura del mitocondrio, che le creste mitocondriali aumentano la superficie su cui sono posizionati gli enzimi della catena respiratoria. In questo caso si ricorre a immagini prese al microscopio elettronico e occorre precisare i rapporti di ingrandimento. Inoltre, questo potrebbe essere uno dei casi particolari in cui, se la situazione della classe lo consente si potrebbe accennare, in modo molto sintetico, alle reazioni ossidative della respirazione.

Invece, in rete, si trovano percorsi che propongono il seguente schema (*Focus junior*), il disegno «di fantasia» di una cellula animale in cui sono collocati, in ordine sparso, gli organuli identificati con la microscopia elettronica.

In questo caso un elenco di nomi, che non hanno riscontri nella realtà di un ragazzo e quindi sono da imparare a memoria.

Altro sarebbe confrontare immagini reali spiegando come ogni organulo, visibile in modo diverso al microscopio ottico o a quello elettronico svolge un compito particolare.

In termini generali un tessuto dimostra che esiste una comunicazione tra le cellule e anche tra cellule di tipo diverso, mentre l'argomento «tessuti» del corpo viene spesso lasciato in secondo piano soprattutto perché ridotto a un noioso elenco. Invece c'è una chiara relazione tra la struttura dei diversi tessuti e la funzione che svolgono per il corpo: per esempio, scoprire che non ci sono spazi tra le cellule epiteliali giustifica la protezione che essi forniscono in diverse parti del corpo; scoprire come sono fatte e come comunicano tra loro le cellule nervose apre uno sguardo intelligente alla velocità con cui si trasmettono gli stimoli; anche la capacità dei muscoli di contrarsi dipende dalla disposizione delle cellule o delle fibre nei muscoli striati. Notiamo però che i meccanismi di trasmissione dell'impulso nervoso, o i complessi legami tra miosina e actina durante la contrazione muscolare potranno trovare la loro spiegazione completa, a livello molecolare, al liceo.

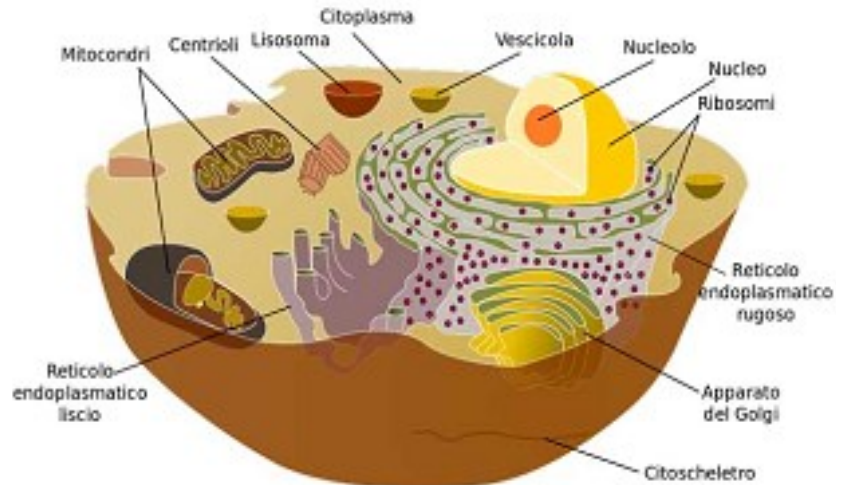
Anche la capacità dei viventi di mantenere le proprie funzioni vitali in condizioni difficili (omeostasi) può essere spiegata mantenendosi al livello cellulare e attraverso esempi che si possono riscontrare nel quotidiano. In questo senso è significativo aprire il discorso dell'ambiente interno alle cellule, per mostrare (o fare almeno intuire) che l'organismo intero dipende dalle condizioni delle sue cellule e far capire l'importanza degli scambi tra ambiente interno ed esterno.

Se si percorre questa strada lo studio delle diverse funzioni del corpo costituirà l'esemplificazione coerente - e sperimentabile direttamente - dei concetti più generali acquisiti e renderà più facile la conquista della percezione di sé come persona.

Alla secondaria di secondo grado, facendo anche riferimento alle *Indicazioni Nazionali* per i licei¹³, al biennio si studieranno i fondamenti della biologia con uno sguardo storico e sperimentale. Al triennio si lavorerà con attenzione alle teorie e alla loro formulazione e si potranno interpretare fenomeni anche complessi a livello biomolecolare.

Come abbiamo già accennato, introdursi allo studio delle cellule con uno sguardo storico circostanziato significa anche riconoscere, in una cronologia, le tappe più significative del percorso.

Nel riquadro a fianco sono evidenziati i momenti che segnano l'origine della microscopia ottica (Hooke 1655) e il percorso che porta, dopo oltre 150 anni, alla formulazione della teoria cellulare (Schleiden e Schwann 1838-1839).



- 1655 Robert Hooke osserva cellette del sughero (Micrographia)** ¶
- 1674 Antony van Leewonhoek scopre i protozoi ¶
- 1661 Marcello Malpighi osserva i capillari polmonari ¶
- 1678 Jan Swammerdam osserva le cellule del sangue ¶
- 1683 Antony van Leewonhoek scopre i batteri ¶
- 1833 Robert Brown descrive alcuni nuclei nelle cellule di foglie ¶
- 1838-1839 Mathias Schleiden e Theodor Schwann: Teoria cellulare** ¶
- 1857 Kolliker descrive i mitocondri nei muscoli ¶
- 1882 Walther Flemming descrive i cromosomi in mitosi ¶
- 1883-1884 Van Beneden, Theodor Boveri, August Weismann, meiosi ¶
- 1888 Heinrich Waldeyer conia il nome cromosomi ¶
- 1898 Golgi colora le cellule col nitrato d'argento - apparato di Golgi ¶
- 1930 Esperimento di Hammerling sui nuclei (*Acetabularia*) ¶
- 1931 microscopio elettronico a trasmissione** ¶

Il secolo successivo vede l'individuazione dei diversi componenti cellulari fino alla scoperta del microscopio elettronico (1931) che inizierà una nuova era nella conoscenza delle strutture cellulari che rendono possibili le varie fasi del lavoro biochimico necessario per la vita.

Si possono, all'inizio del liceo, approfondire questi argomenti incrementando anche l'uso del microscopio ottico: oltre a osservazioni di tipo morfologico si possono studiare fenomeni fisiologici osservabili anche con microscopi didattici come, per esempio, la plasmolisi a cappe nell'insalata rossa, che implica la conoscenza di principi fisico-chimici.

Per studiare la fisiologia del corpo umano - la contrazione muscolare, la conduzione dell'impulso nervoso, la regolazione della temperatura per indicare solo alcuni argomenti - sono necessarie conoscenze di Chimica e Biochimica, di Biologia molecolare e anche di Fisica e occorre essere in grado di metterle in relazione tra loro: una sfida che gli studenti liceali possono raccogliere in modo fruttuoso nel triennio.

Chiaramente un punto di forza del curriculum liceale è lo studio degli organismi a livello molecolare. Tuttavia, solo se è stato ri-percorso un cammino storico si comprende che l'analisi biochimica non esaurisce lo studio dell'organismo e ci si potrà accostare anche alle scoperte, tra cui quella - troppo spesso ignorata a livello scolastico - dei genomi extranucleari che non solo spiega momenti fondamentali dell'evoluzione, ma oggi sembra offrire ampie prospettive per la ricerca di nuove terapie contro le più gravi malattie del nostro tempo¹⁴.

Maria Cristina Speciani

(Giornalista, esperta di didattica, membro della redazione di Emmeciquadro)

Le immagini relative alla scuola primaria sono tratte dal Sussidiario delle discipline per la quinta classe di Alla scoperta del mondo, ed. Itaca, consultabile al sito www.lacetra.it.

Le immagini relative alla secondaria di primo grado sono tratte dalle slide utilizzate da Maria Gregori durante il workshop Studiare/insegnare il corpo umano nelle scuole del primo ciclo organizzato dalla Associazione "Il rischio educativo" tenuto il 28 novembre 2022.

Note

- ¹ Il metodo di lavoro che abbiamo chiamato «fare scienza a scuola» è stato elaborato e sperimentato con i docenti della scuola primaria e della secondaria di primo grado all'interno dei gruppi di ricerca «Educare insegnando» sull'insegnamento delle scienze che da quasi vent'anni coordino con Maria Elisa Bergamaschini per l'Associazione Culturale "Il rischio educativo".
- ² «Negli ultimi trent'anni, il costruttivismo è la corrente di pensiero che ha maggiormente influenzato la riflessione sull'apprendimento e l'insegnamento delle scienze e ha ispirato numerosi progetti di riforma in svariati Paesi; a esso si richiamano alcuni autori di libri di testo, di esso si discute in articoli di periodici specializzati, su di esso sono impostate molte attività di formazione iniziale e continua degli insegnanti. La teoria del costruttivismo è fondata sui due principi. Il primo: la conoscenza viene costruita attivamente dal soggetto conoscente e non è da questi ricevuta passivamente da una sorgente esterna. Il secondo: il processo di conoscenza è adattativo; esso serve per organizzare le esperienze personali, ossia le impressioni sensoriali, di ogni individuo e non per conoscere una realtà ontologica [...]. Il primo principio è di natura psicologica, poiché è relativo al processo di conoscenza di una persona, mentre il secondo è di natura epistemologica, in quanto relativo al rapporto tra conoscenza e realtà.» (Ezio Roletto, Alberto Regis, *Il costruttivismo e oltre. Sull'apprendimento delle scienze*, in *Emmeciquadro* n. 40, dicembre 2010)
- ³ Per i testi delle diverse Indicazioni Nazionali fare riferimento a www.miur.gov.it.
- ⁴ Il metodo con cui lo scienziato conosce i fenomeni naturali si fonda su azioni caratteristiche che hanno una irrinunciabile valenza didattica: osservare, ossia guardare il mondo com'è, a partire da una domanda ben formulata, per rilevarne aspetti globali e particolari; identificare, ossia raccogliere dati e riflettere su indizi; denominare, ossia

raccogliere dati e riflettere su indizi; denominare, ossia dare il nome a ciò che si vede e descriverlo utilizzando il linguaggio iconico e quello ordinario; confrontare, ossia rilevare differenze e somiglianze; classificare, ossia ordinare secondo un criterio e in sequenze temporali e/o logiche; quantificare, confrontando e misurando; acquisire il lessico specifico per raccontare in forma scritta e orale l'esperienza di conoscenza che si vive.

- ⁵ Cfr: Maria Elisa Bergamaschini, «Fare scienza» in laboratorio. *La dimensione sperimentale nell'insegnamento delle scienze della natura*, in *Emmeciquadro* n. 67, dicembre 2017.
- ⁶ Cfr: Maria Gregori, *Un percorso di chimica per la secondaria di primo grado in Emmeciquadro* n. 74, febbraio 2020
- ⁷ Maria Cristina Speciani, *La trasmissione dei caratteri. Introduzione alla genetica, la scienza dell'ereditarietà*, in *Emmeciquadro* n. 58, ottobre 2015, n. 59 dicembre 2015 e n. 60, marzo 2016. Cfr. anche Indicazioni bibliografiche [4] e [5].
- ⁸ Maria Cristina Speciani, *Introduzione alla anatomia e fisiologia del corpo umano*, in *Emmeciquadro* n. 56, marzo 2015. Cfr. anche Indicazioni bibliografiche [10].
- ⁹ Cfr: Robert Whittaker, *New concepts of kingdoms of organisms*, *Science* 163; 150-161. Già nel 1969, all'interno dell'articolo in cui proponeva di classificare i viventi in cinque regni distingueva nei viventi funzioni della vita di relazione e funzioni della vita vegetativa.
- ¹⁰ «Ci si potrebbe riferire alle condizioni costanti che sono mantenute nell'organismo con il termine equilibrio. Questa parola tuttavia è usata nel suo preciso significato solo quando la si applica all'interpretazione di sistemi chimico-fisici relativamente semplici, di sistemi chiusi dove forze conosciute si bilanciano. I processi fisiologici coordinati che mantengono lo stato stazionario negli esseri viventi sono così complessi e peculiari - implicando il lavoro integrato del cervello e dei nervi, del cuore e dei polmoni, dei reni e della milza - che ho suggerito una speciale definizione per questi stati, omeostasi.» (Walter Bradford Cannon, *The wisdom of the body*, 1939)
- ¹¹ Vedi a questo proposito, nel sussidiario *Alla scoperta del mondo* (ed. Itaca), i capitoli del volume per la classe quinta dedicati al corpo umano: si usa sempre un linguaggio adeguato (si accenna al livello cellulare solo dove è assolutamente necessario) e si propongono sempre attività sperimentali significative, legate ad aspetti importanti del fenomeno che si studia. Queste attività potranno essere svolte singolarmente, o in gruppo, o da cattedra, ma sempre chiedono una riflessione sul lavoro svolto. Vedi per esempio, la costruzione del modello di pompa cardiaca a pagina 67 o l'osservazione e descrizione di tutti movimenti che si compiono nell'azione del bere a pagina 53.
- ¹² Vedi per esempio le seguenti definizioni trovate in rete a cui, purtroppo, molti insegnanti fanno riferimento. *La cellula è l'entità costitutiva di tutti gli esseri viventi, dotata di vita indipendente (scuola media Piancavallo)*. *La cellula è la più piccola parte di materia vivente in grado di vivere autonomamente (skuola.net)*. *Ogni organo è composto di tessuti, composti a loro volta da una piccola unità indipendente: la cellula (Focus junior)*.
- ¹³ Cfr.: Gigliola Puppi, *Indicazioni Nazionali per i Licei. Scienze naturali nei diversi Licei* in *Emmeciquadro* n. 39, agosto 2010.
- ¹⁴ Cfr.: Cecilia Saccone, *Il codice dei viventi*, Rubbettino 2021.

Indicazioni bibliografiche e sitografiche

- [1] <https://www.ilsussidiario.net/speciali/fare-scienza-alla-scuola-primaria-primo-biennio/>
- [2] <https://www.ilsussidiario.net/speciali/n-16-fare-scienza-alla-scuola-primaria-secondo-triennio/> [3] <https://www.ilsussidiario.net/speciali/fare-scienza-alla-scuola-secondaria-di-primo-grado/>
- [4] <https://www.ilsussidiario.net/speciali/n-23-bioscienze-e-biotecnologie/>
- [5] <https://www.ilsussidiario.net/speciali/n-24-bioscienze-temi-e-metodi/>
- [6] <https://www.ilsussidiario.net/speciali/n-31-preparare-non-anticipare-educazione-scientifica-e-scuola-dell-infanzia/>
- [7] <https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-biologia-la-citologia>
- [8] Giuseppe Del Re, *Parole e Scienza: sistema*, in *Emmeciquadro* n. 20, aprile 2004.
- [9] Giuseppe Del Re, *Parole e scienza: sistemi e complessità*, in *Emmeciquadro* n. 21, agosto 2004.
- [10] Maria Cristina Speciani, *Conoscere il proprio corpo. Fare scienza a scuola: introduzione alla anatomia e fisiologia del corpo umano*, in *Emmeciquadro* n. 56, marzo 2015. Cfr., all'interno dell'articolo, Scheda di approfondimento 1, *Cenni di storia dell'anatomia umana da Ippocrate al XVII secolo* e Scheda di approfondimento 2, *Cenni di storia della fisiologia umana da Ippocrate al XX secolo*.
- [11] Maria Cristina Speciani, *La nascita delle discipline biologiche e la generazione spontanea. Fare scienza a scuola: uno sguardo storico-sperimentale*, in *Emmeciquadro* n. 57, luglio 2015.
- [12] Maria Cristina Speciani, *La trasmissione dei caratteri. Introduzione alla genetica, la scienza dell'ereditarietà*, in *Emmeciquadro* n. 58, ottobre 2015, n. 59 dicembre 2015 e n. 60, marzo 2016.
- [13] Claudia Finzi, Daniele Vanzulli, *I sistemi del Corpo Umano: Respiratorio e Circolatorio. «Fare scienza» nella Classe Seconda della Secondaria di Primo Grado*, in *Emmeciquadro* n. 49, giugno 2013.
- [14] Emanuela Occhipinti, *Il suono e l'udito. Corrispondenza tra anatomia e realtà fisica*, in *Emmeciquadro* n. 60, marzo 2016.
- [15] Livio Melina, *Vita*, in *Dizionario interdisciplinare di scienza e fede*, a cura di G. Tanzella-Nitti e A. Strumia, Urbaniana University Press - Città Nuova, Roma 2002, pp. 1519-1521.
- [16] Maria Elisa Bergamaschini, *«Fare scienza» in laboratorio. La dimensione sperimentale nell'insegnamento delle scienze della natura*, in *Emmeciquadro* n. 67, dicembre 2017.
- [17] Maria Gregori, *Un percorso di chimica per la secondaria di primo grado* in *Emmeciquadro* n. 74, febbraio 2020.
- [18] Ezio Roletto, Alberto Regis, *Il costruttivismo e oltre. Sull'apprendimento delle scienze*, in *Emmeciquadro* n. 40, dicembre 2010.

