

PER CAPIRE I SEGRETI DELLA VITA

INSEGNARE BIOLOGIA NELLA SCUOLA CHE CAMBIA

di Maria Cristina Speciani

Mentre la riforma Moratti comincia a essere applicata, non senza polemiche, a partire dai livelli scolari più bassi, non sembra inutile riaprire il dibattito intorno agli insegnamenti che vengono ipotizzati per la scuola superiore, e più precisamente per quelli che saranno i licei, con le otto articolazioni previste. In particolare, sembra utile riproporre su queste pagine, nella prospettiva di un confronto più ampio, alcune «idee» sulla didattica delle «scienze naturali», maturate dall'autore in trent'anni di scuola e nelle discussioni con tanti colleghi.

Negli ultimi mesi, mentre preparavo le lezioni per alcuni incontri di aggiornamento sull'insegnamento delle scienze naturali, mi sono tornate in mente le animate discussioni che, nei miei primi anni di lavoro, precedevano la stesura dei programmi scolastici. Era appena passato il «Sessantotto» e gli insegnanti - soprattutto i più giovani - cercavano una strategia efficace per proporre le loro discipline a studenti poco più giovani di loro e generalmente più propensi alla «rivoluzione» che allo studio. Pochi anni dopo, all'inizio degli anni Novanta, gli stessi insegnanti hanno discusso a lungo attorno ai famosi «Progetti Brocca» cercando di capire meglio perché valeva la pena di proporre alcuni contenuti o di non proporre altri: per esempio si dibatteva se fare la sistematica, oppure solo la biologia molecolare, oppure ancora di quando fare la chimica, o che spazio dare al laboratorio, eccetera. Oggi invece capita raramente di discutere con un collega i criteri con cui si imposta il proprio programma di scienze: c'è una specie di indifferenza con cui si «subiscono» i libri di testo, rifugiandosi dietro il comodo schermo della vastità del programma, della mancanza di tempo e della difficoltà di comprensione che caratterizza gli studenti degli anni duemila. Perciò se la riforma andasse avanti e al profilo dello studente liceale, la cui bozza è contenuta nel documento *Il sistema dei Licei*, scaricabile dal sito www.edscuola.it, seguissero delle proposte di Obiettivi Specifici di Apprendimento (OSA) per la scuola supe-



riore, penso che il dibattito si accenderebbe nuovamente, e probabilmente in modo ancora più vivace. Infatti, questioni come quelle sopra accennate sono di grande attualità: non è indifferente sviluppare un programma rispettando la logica rigorosa con cui procede la scienza oppure accostando frammenti di sapere; non è la stessa cosa trasmettere i contenuti per quello che sono oppure attraverso il filtro delle «interpretazioni».

Siamo convinti che la specificità disciplinare sia il punto di partenza per insegnare: infatti ogni disciplina porta un contributo particolare alla conoscenza della realtà e ogni docente ha la responsabilità di renderlo sperimentabile nel lavoro didattico quotidiano, nella trasmissione dei contenuti. Allora i contenuti delle scienze sperimentali della natura¹ sono «occasioni» per suscitare, o tenere vivo, il gusto di conoscere con il metodo della ricerca scientifica.

Siamo anche convinti che lo studio di una disciplina scientifica ha una potenzialità formativa enorme; non quando è banale ripetizione di informazioni, ma quando diventa incontro con le domande, i problemi e le conquiste che hanno segnato il cammino degli scienziati nella scoperta della natura.

Le considerazioni di questo intervento sono riferite alle Scienze Biologiche - non una singola disciplina, ma un insieme di discipline strettamente intrecciate. E vogliono evidenziare i punti irrinunciabili per insegnare rispettando allo stesso tempo le caratteristiche disciplinari e le esigenze di comprensione degli studenti.

Quali contenuti

Come si vede nel riquadro a fondo pagina, gli argomenti da inserire in un corso di biologia alla scuola superiore potrebbero essere raggruppati sotto pochi grandi titoli: gli argomenti non sono nuovi, mentre la suddivisione è originale non solo perché fa riferimento ai campi in cui si svolge la ricerca biologica, ma perché all'interno di ognuno di questi possono essere facilmente identificati i concetti chiave nello sviluppo di quell'area di ricerca nel corso della storia. Questi contenuti possono essere sviluppati a diversi livelli di complessità, ma devono sempre essere presentati nei loro termini essenziali, con un linguaggio preciso e rispettando la logica concettuale. Perché la necessaria «gradualità»

Moduli e contenuti del corso di Scienze biologiche alla scuola superiore

Biologia scienza sperimentale	(strumenti di indagine, attività di laboratorio, <i>excursus</i> storico)
Biologia della cellula	(la teoria cellulare, la genetica, i tessuti)
Biologia molecolare	(dalla scoperta del DNA alle terapie geniche, alle biotecnologie)
Ecologia	(dagli ecosistemi alle teorie più recenti)
Sistematica ed evoluzione	(varietà dei viventi, storia della vita sulla terra, teorie evolutive)
Anatomia e fisiologia animale e vegetale	(la complessità della vita negli organismi superiori)

non consiste nel ridurre la quantità o la qualità delle «nozioni», ma nel saperle «concentrare» e nell'esprimerle con parole comprensibili.

In termini generali si può indicare un «percorso» di sviluppo dei contenuti che distingue quelli «essenziali», adatti anche per il primo biennio, dagli «approfondimenti» che possono essere svolti nel triennio nei diversi tipi di scuole. Tuttavia, per tutti, il primo passo è quello di dare significato alle informazioni, il che può avvenire solo se esse si collocano nel contesto sperimentale e storico da cui sono nate. In questo senso vale la pena rileggere, anzitutto per sé e poi magari per ripensare il proprio programma, il percorso sperimentale/concettuale compiuto dai biologi negli ultimi due secoli. Per esempio, prima si è identificato il nucleo, poi si è capito che contiene i cromosomi, poi che questi sono costituiti da DNA, eccetera. In modo analogo si può sostenere che le conoscenze biochimiche hanno permesso di spiegare molti dei fenomeni studiati dai biologi (la genetica mendeliana, l'evoluzione, la sistematica eccetera), ma sarebbe antistorico (e inadeguato per le classi di biennio) spiegare tutta la biologia in termini molecolari. Occorre invece usare le nozioni di chimica necessarie per la comprensione di alcuni argomenti trattandole nel modo più semplice possibile e, in ogni argomento, indicare sempre l'esistenza del livello molecolare e delle sue implicazioni.

Una prospettiva didattica: la «reinvenzione guidata»

Negli ultimi anni, nell'ambito delle attività di aggiornamento sviluppatesi attorno a questa rivista, si è chiamata «reinvenzione guidata»² la prospettiva didattica in cui non solo si forniscono informazioni corrette e aggiornate, che possono essere anche solo memorizzate e ripetute, ma si cerca di farne comprendere il significato e la portata, perché siano acquisite con consapevolezza critica. In pratica si tratta di percorrere, insieme a ogni studente, il cammino necessario per appropriarsi personalmente di ogni concetto.

In questo quadro, la funzione del docente è prima di tutto quella di comunicare l'orizzonte che dà significato all'informazione. Questo è particolarmente importante per le scienze della vita, perché la logica interna del fenomeno biologico richiede contemporaneamente la conoscenza del particolare e del contesto in cui esso si colloca, ovvero, in termini di strumenti logici, l'analisi e la sintesi. Per esempio, in biologia non basta illustrare le teorie che spiegano i singoli fenomeni, ma occorre farne sperimentare la globalità prospettando le conseguenze che ogni fenomeno provoca sull'intero organismo, o sull'ecosistema. Così, anche gli argomenti solitamente sviluppati in modo «descrittivo», assumono un significato. Per esempio, la sistematica può diventare un'affascinante ricostruzione

¹Le discipline sperimentali che studiano il mondo della natura sono molte (fisica, chimica, biologia, geologia eccetera) e ognuna di esse ha caratteristiche epistemologiche particolari, dalla peculiarità dell'oggetto di studio e dei campi di indagine, agli strumenti che si dà, ai limiti nella sua indagine, al percorso che ne ha tracciato lo sviluppo storico.

²Il punto di partenza è stata la riflessione sul testo del matematico Hans Freudenthal *Ripensando l'educazione matematica* (La Scuola, Brescia 1994), da cui sono nati i corsi di aggiornamento in matematica, fisica, biologia e chimica del 1996 i cui atti sono stati pubblicati da Ce.se.d. edizioni.



delle complesse relazioni tra gli organismi che popolano la Terra, a partire dalle loro caratteristiche specifiche. Analogamente, l'anatomia e la fisiologia del corpo umano diventano una documentazione di come si attua l'omeostasi, ossia di come un individuo si pone nell'ambiente. Ovviamente, in termini pratici, è necessaria una gradualità nella comunicazione e la continua verifica della comprensione concettuale.

In un itinerario di questo tipo entrano in gioco le più importanti «azioni» implicate nell'apprendimento: usare consapevolmente i termini del linguaggio generale nonché di quello specifico; usare una rete concettuale; compiere connessioni, anche solo per capire che l'alterazione di un fattore modifica una serie di fatti a esso connessi.³ E ogni argomento che si sviluppa è l'occasione per far emergere e potenziare, in modo ricorsivo, queste «abilità».

A titolo di esempio, nel riquadro sottostante, è indicata una ipotesi dettagliata di scansione dei contenuti relativi alla *Biologia della cellula*, un capitolo che occorre sviluppare anche nei primi anni e in ogni indirizzo e per questo abbastanza vasto.

Biologia della cellula

Contenuti essenziali

- La cellula al microscopio ottico
 - Le cellule più semplici: Procarioti ed Eucarioti
 - Dalla scoperta delle prime cellule alla teoria cellulare
- La trasmissione dei caratteri ereditari
 - Mendel e la genetica formale
 - Le leggi di Mendel e la loro interpretazione alla luce delle conoscenze attuali
- Il nucleo e i cromosomi
 - I meccanismi di divisione cellulare: mitosi e meiosi
 - Alternanza di generazione nel ciclo vitale di un organismo
 - I cromosomi sessuali e la riproduzione
- La cellula al microscopio elettronico
 - La struttura della membrana cellulare
 - I trasporti attraverso la membrana: diffusione, osmosi, trasporto attivo
 - La cellula come insieme di membrane organizzate
 - Membrane citoplasmatiche, Organuli cellulari: lisosomi e corpi di Golgi
 - La parete cellulare
 - Flagelli, ciglia, centrioli, microtubuli
 - Le membrane fotosintetiche: i cloroplasti
 - I mitocondri e la respirazione cellulare
 - Nozioni essenziali su fotosintesi e respirazione e loro correlazioni
 - Autotrofia ed eterotrofia

Approfondimenti

- La cellula e le sue funzioni alla luce delle conoscenze attuali
- Analisi genetica nell'uomo
- Le malattie genetiche
- La comunicazione tra le cellule
- La produzione di energia e il suo utilizzo nella cellula
- Le colture cellulari (cenni di microbiologia)

Laboratorio

- Osservazione di foglie di *Helodea* a fresco al microscopio ottico
- Osservazione di epidermide di catafillo di cipolla a fresco al microscopio ottico
- Osservazione di cellule di insalata rossa
- Plasmolisi a cappe in epidermide di insalata rossa a fresco al microscopio ottico
- Osmosi nei tessuti vegetali (patate)

L'itinerario concettuale

La biologia si è costruita, e si sviluppa tuttora, secondo un percorso concettuale in cui si intrecciano dimensione sperimentale e dimensione storica: attraverso le domande poste dai ricercatori ai fenomeni, le scoperte compiute e le teorie formulate per spiegarle procede con una dinamica strettamente legata all'evoluzione del pensiero, del metodo sperimentale e della tecnologia. Su una struttura di questo tipo si può articolare un itinerario didattico che si articola nello stesso modo con cui si sviluppa la scienza, suscitando domande e trovando risposte via - via più adeguate.

Gli esseri viventi sono oggetti di natura particolare, caratterizzati dalla complessità della loro organizzazione; richiederebbero uno sguardo globale, mentre il metodo sperimentale, per sua natura, riduce il campo di indagine entro limiti precisi. Perciò non basta addestrare gli studenti a usare un metodo, occorre comunicare come esso si applica, o si è applicato, nello studio degli esseri viventi così strani, complessi e imprevedibili. Per superare le difficoltà legate alla molteplicità dei fattori che determinano la vita senza compiere scelte limitanti e senza svincolare i contenuti dal metodo che permette di conquistarli.

Alcuni nuclei concettuali costituiscono l'intelaiatura di un corso di biologia. Sono «trasversali» rispetto alla disciplina, ma vanno proposti all'interno di qualsiasi argomento si decida di sviluppare durante un corso e su di essi bisogna ritornare, in modo sempre più dettagliato, in rapporto alle capacità di apprendimento dello studente, e in contesti diversi e progressivamente più complessi. In termini estremamente sintetici essi dettagliano le caratteristiche degli esseri viventi: la complessità, intesa come organizzazione, i livelli di organizzazione - macroscopica, microscopica e molecolare, la classificazione, l'evoluzione, la capacità di autoregolazione e di omeostasi.



³La preoccupazione è quella di formare persone che abbiano chiare alcune idee fondamentali in campo biologico e potranno approfondirle in una prospettiva di formazione permanente.

Nuclei concettuali delle Scienze biologiche

La vita è un fenomeno globale

Gli esseri viventi hanno caratteristiche uniche nella realtà fisica del mondo; seguono le leggi della fisica e della chimica, ma non sono esaurientemente definiti da esse. Ogni fenomeno biologico si comprende utilizzando, insieme a un metodo analitico, uno sguardo globale sul suo significato nell'organismo e in rapporto con tutti gli esseri viventi.

La vita è un fenomeno complesso

La Biologia è costruita con il contributo di molte discipline diverse e determinata da una molteplicità di fattori collegati in una rete concettuale coerente. Non basta descrivere le strutture, ma bisogna considerarne anche gli aspetti funzionali. Non è sufficiente considerare i fenomeni a un livello di organizzazione (microscopico o macroscopico), ma bisogna metterli continuamente in relazione con gli altri livelli.

La vita è in continua evoluzione

A tutti i livelli di organizzazione della vita (molecolare, microscopico, macroscopico, ecosistemi) gli aspetti strutturali e funzionali devono essere compresi in termini dinamici. Per esempio, a livello macroscopico l'evoluzione dei viventi va proposta mostrando nei viventi lo sviluppo delle diverse linee evolutive.

L'uomo le sue funzioni, il suo posto nel mondo

Conoscere la fisiologia umana aiuta a rispondere in modo adeguato ai bisogni del proprio corpo.

Gli argomenti di biologia e genetica molecolare, di ecologia, di fisiologia sono strumenti per capire i termini dei problemi che la società attuale pone a tutti gli uomini, per poterli giudicare in modo cosciente e per operare positivo.

Inoltre, occorre riconoscere, e riproporre, l'itinerario teorico-pratico con cui essi si sono affermati nel corso dei secoli.⁴ Per esempio, per quanto riguarda la cellula, non basta descrivere la sua struttura, prima al microscopio ottico poi a quello elettronico, ma occorre far capire che solo dopo molte ricerche i biologi riconoscono che tutti gli organismi sono fatti di cellule; che solo dopo la scoperta del microscopio elettronico si comincia a spiegare la funzione dei mitocondri e dei cloroplasti e solo dopo l'affermarsi della biologia molecolare si svelano i meccanismi biochimici del funzionamento cellulare. In modo analogo, non si possono fornire informazioni sulla membrana senza aprire la discussione sui meccanismi di trasporto, o sul significato sistematico dei Procarioti e degli Eucarioti.

In altre parole, si tratta di prendere sul serio il valore culturale e formativo che ha la dimensione storica nello sviluppo dei contenuti. Per evitare inutili equivoci chiariamo subito che non si propone di seguire un percorso storico perché cronologico, e neppure di accostare collateralmente un corso di «storia della biologia» allo sviluppo dei contenuti specifici, ma di modulare l'articolazione dei contenuti secondo la logica delle domande poste ai fenomeni, delle scoperte compiute e dei nodi di volta in volta irrisolti e per questo stimolo e punto di avvio di nuove avventure di ricerca.

Per esempio, quando si sceglie di sviluppare un «modulo» di biologia molecolare alla scuola superiore, non conviene fare riferimento solo alle conquiste più recenti - dalla postgenomica in là; per comprenderne il senso e la portata occorre inserirle nel percorso che le ha generate.⁵ Infatti, è vero che molti fenomeni biologici trovano una spiegazione solo a livello molecolare, ma occorre capire che ogni conquista della scienza è influenzata dall'introduzione di tecnologie nuove e che per giudicare avvenimenti e problemi di attualità occorre conoscere i termini della ricerca di frontiera.

Così, a partire dall'inizio del Novecento, conquistata la consapevolezza che gli organismi sono costituiti da molecole, si cerca di identificare la natura della molecola che porta l'informazione genetica. Scendono in campo anche i fisici (cfr. Shroedinger), mentre si accumulano informazioni sugli acidi nucleici. La scoperta della struttura del DNA (1953) porta una rivoluzione nella biologia che si compie nella seconda metà del Novecento. La rivoluzione dell'ingegneria genetica apre la serie di avvenimenti che, negli ultimi trent'anni del secolo scorso, si sono succeduti a ritmi incalzanti portando alla prima terapia genica sull'uomo e aprendo, giorno dopo giorno, nuove e imprevedibili prospettive nel campo delle applicazioni biotecnologiche. In questo itinerario si intrecciano conquiste nel campo della biologia molecolare e storie personali di ricercatori. A titolo di esempio, riportiamo i passi di un possibile itinerario



didattico riferito all'Ottocento, il periodo storico in cui si pongono i fondamenti della biologia come scienza moderna. Non è una proposta solo pensata a tavolino, ma è stata discussa, confrontata, messa a punto e praticata nel corso di numerosi anni di insegnamento.⁶ Inoltre, vogliamo segnalare che è coerente pensare di avviare un corso di scuola superiore, per qualsiasi indirizzo, proprio a partire da questa fase della ricerca biologica.

Un percorso storico per tre importanti argomenti

All'inizio dell'Ottocento, quando la biologia comincia a strutturarsi consapevolmente come scienza, i ricercatori possiedono nuovi strumenti per affrontare tre importanti questioni: la costituzione microscopica degli esseri viventi, la trasmissione dei caratteri ereditari e l'origine degli esseri viventi. Personalità come Theodore Schwann (1810-1882), Gregor Mendel (1822-1884) e Charles Darwin (1809-1882) stabiliscono in questo periodo i fondamenti concettuali della biologia, su cui si basa il suo sviluppo ulteriore. Perciò è ragionevole cominciare un percorso didattico da questi tre filoni di ricerca: la citologia, la genetica e l'evoluzione. La trattazione di ognuno di questi argomenti può avvenire a vari livelli e, in alcuni casi, deve spingersi fino alle scoperte più recenti. Tuttavia, solo tenendo presente il cammino compiuto dagli scienziati, e tornando più volte su uno stesso tema, si dà senso a una descrizione morfologica, alle ricerche di Mendel o a un'indagine biochimica o fisiologica.

Per quanto riguarda la cellula, il primo passo è il riconoscimento delle strutture visibili al microscopio ottico, che permette di illustrare i termini fondamentali della teoria cellulare; in seguito si può descrivere il livello ultramicroscopico, sottolineando l'importanza della membrana, eventualmente accennandone la costituzione molecolare e gli aspetti funzionali a essa legati. È ovvio che per capire come avvengono i trasporti attraverso la membrana è importante avere qualche informazione sulle proprietà dei lipidi, ma non è necessario conoscere tutta la chimica.

Per la genetica, lo studio dei lavori di Mendel e delle sue leggi, basate sulla regolarità con cui si manifesta la trasmissione dei caratteri, permette di acquisire i termini fondamentali del problema e pone le basi per comprendere, successivamente, quando si conoscono i meccanismi della riproduzione cellulare, l'esistenza dei cromosomi e la localizzazione dei geni, come si produce la varietà infinita che caratterizza il mondo dei viventi.

L'evoluzione è forse il tema più arduo da affrontare secondo un percorso storico. Infatti, anzitutto occorre descrivere le osservazioni compiute da Darwin, i dati che dimostrano l'evoluzione come fatto storico, e chiarire che la teoria darwiniana, fortemente influenzata dal dibattito culturale dell'epoca, è il primo tentati-



⁴I libri di testo in commercio non propongono alcuno sviluppo tematico, ma accostano, collocandoli nelle posizioni più varie, tutti i possibili argomenti: perciò il docente può, e deve, scegliere l'itinerario che ritiene più adatto alla sua sensibilità e alla situazione degli studenti.

⁵Cfr.: M.C. Speciani, *I primi passi nello sviluppo delle biotecnologie*, in *Emmeciquadro* n. 4, dicembre 1998 e M. C. Speciani, *Le biotecnologie nello sviluppo della terapia genica*, in *Emmeciquadro* n. 5, aprile 1999.

⁶Cfr.: AA.VV. *L'apprendimento di biologia e chimica come reinvenzione guidata*, Ce.Se.d., Milano 1996.

vo di spiegare i meccanismi con cui si origina la varietà delle specie. In questo modo si pongono le basi per documentare l'evoluzione dei viventi affrontandone lo studio sistematico. Per sviluppare l'evolgersi delle teorie darwiniane, i principi di genetica delle popolazioni o il dibattito attuale sui meccanismi della speciazione (evoluzione graduale o equilibri punteggiati), sarebbero necessarie molte informazioni di biologia e genetica molecolare: se non si vuol rinviare la trattazione bisogna dare le minime nozioni necessarie per capire.

La complessità e le scelte didattiche

Ogni fenomeno biologico è determinato dall'interazione, secondo modalità non lineari, tra molteplici componenti; tali interazioni generano le caratteristiche con cui si manifesta la vita, a diversi livelli di organizzazione e di complessità. Inoltre, ogni fenomeno biologico è caratterizzato da un'incessante dialettica tra uniformità e variabilità che oggi si studia secondo i paradigmi e le leggi della complessità. Perciò, per studiare gli esseri viventi è necessario utilizzare, insieme a un metodo analitico, che descriva il dato oggettivo e sperimentale (per esempio la struttura del DNA), uno sguardo sintetico che consideri il contesto complessivo e ne spieghi il significato all'interno di una rete concettuale coerente. Infatti, la conoscenza della struttura chimico-fisica del DNA non dà indicazioni sul suo significato informativo che si comprende solo considerando la peculiarità del vivente: trasmettere informazioni al proprio interno, nel rapporto col mondo circostante e di generazione in generazione. Nella pratica didattica, purtroppo spesso il problema è risolto con un'eccessiva analisi, che assegna un'importanza assoluta ad alcuni temi (per esempio alla biologia molecolare o alla «biochimica») o con un'eccessiva semplificazione che non tiene conto della variabilità e dell'imprevedibilità dei fenomeni biologici. Invece, per dare una visione globale e non superficiale, ci sembra necessaria un'impostazione didattica che valorizzi il particolare, ma ne faccia percepire il limite.

Per esempio: il senso della mitosi e meiosi non sta nel meccanismo con cui i processi si svolgono, ma nella modalità con cui questi eventi determinano il ciclo vitale di un organismo e l'alternanza di generazioni (aploide e diploide) con conseguenze evolutive fondamentali nella sistematica dei viventi. In modo analogo, non avrebbe senso conoscere tutti i dettagli del ciclo di Krebs, o del ciclo di Calvin, se non nel quadro dell'interdipendenza degli organismi in funzione degli scambi energetici all'interno dell'ambiente. Perché «un oggetto complesso ha una informazione che non è la semplice somma delle informazioni dei componenti (come sarebbe per un mucchio di sassi) in quanto c'è in più una mutua informazione scambiata tra i componenti che non esisteva quando erano isolati.»⁷



Dimensione sperimentale e attività di laboratorio

Il metodo sperimentale è coesistente alla biologia: va praticato e non solo raccontato. Infatti, la dimensione sperimentale deve essere sempre presente in un percorso didattico che voglia rispettare la natura e la genesi del sapere sia nell'impostazione del percorso, sia nell'approccio degli argomenti anche quando si svolge la lezione frontale, ma trova un'espressione in qualche modo paradigmatica nelle attività di laboratorio che sono occasioni esemplari perché vi si crea una situazione controllabile a partire da un'ipotesi: sono il momento dell'esperimento.

La connessione tra laboratorio e didattica deve essere strettissima: il lavoro sperimentale inizia molto prima di entrare nel laboratorio vero e proprio e non si conclude al termine dell'attività pratica; esso richiede una fase preparatoria, che inquadri concettualmente il problema da affrontare, una fase operativa di esecuzione (manuale ma non solo) che prevede osservazioni e misure e una fase di riflessione che comprende sia l'elaborazione dei risultati che la relazione del lavoro svolto.

Così, le attività di laboratorio, se attuate con regolarità, sono momenti estremamente formativi delle capacità di operare con rigore e di riflettere sui fenomeni e sono occasioni per valutare in modo più completo le attitudini degli studenti. Ma devono essere strettamente collegate alle lezioni teoriche perché lo studente si renda conto delle potenzialità e dei limiti del metodo sperimentale e comprenda meglio il valore delle scoperte biologiche.

⁷F.T. Arecchi, *I simboli e la realtà*, Jaca Book, Milano 1990.

In laboratorio

Le attività di laboratorio favoriscono e incrementano il rapporto della persona con il mondo che la circonda, ossia hanno una forte valenza formativa perché promuovono la capacità di distinguere i fatti dalle interpretazioni, l'organizzazione complessiva del proprio modo di ragionare, la costruzione di conoscenze ordinate e sistematiche, di gerarchie tra le conoscenze acquisite, arricchendo il proprio quadro concettuale. In sintesi:

l'osservazione

della realtà e l'attenzione a mettere in relazione oggetti e parametri (csi da cogliere regolarità, differenze, modificazioni nel tempo e nello spazio)

la descrizione

dei fenomeni con modalità che portano dalle forme verbali o illustrate all'uso del linguaggio numerico e più in generale matematico

l'astrazione

con generalizzazione dei casi particolari nella fase di acquisizione del modello interpretativo

l'immaginazione / progettazione

della simulazione – esperimento – per la verifica di ipotesi interpretative

l'esecuzione di procedure sperimentali

con l'uso di strumenti e la costruzione di apparati di misura

l'acquisizione ed elaborazione del linguaggio specifico proprio della scienza

Diversamente dal laboratorio di fisica o di chimica, non sempre il «laboratorio di biologia» può essere realizzato come verifica sperimentale, anche parziale, di leggi che regolano l'andamento dei fenomeni. Ma occorre valorizzare tutti gli spunti didattici, numerosi, che offrono l'occasione di sperimentare personalmente il metodo scientifico. Per esempio, in un percorso di biologia molecolare, la lettura dell'articolo di Watson e Crick pubblicato su *Nature* nel 1953 pone gli studenti di fronte ai dati della realtà e alle domande che gli scienziati si sono posti per identificare la struttura del DNA. In modo analogo si possono utilizzare visite guidate ai parchi naturali, a laboratori di ricerca o la visione di film didattici.

Per quanto riguarda le attività in laboratorio, il lavoro più semplice è l'osservazione al microscopio ottico, ma è possibile anche eseguire semplici esperimenti di fisiologia che comportano una rielaborazione dei dati raccolti.

Se si eccettuano le osservazioni al microscopio, in cui sarebbe opportuno utilizzare un microscopio almeno ogni due studenti, in pratica è consigliabile svolgere il lavoro a gruppi, non solo perché le attrezzature sono spesso limitate, ma come occasione di aiuto e di sostegno reciproco nell'acquisizione di capacità manuali. Tuttavia, esse acquistano significato solo attraverso l'impegno personale e la riflessione strettamente individuale: la relazione non è solo una descrizione del lavoro svolto, ma il racconto di un'esperienza, di qualcosa che non solo è stato eseguito, ma che è stato valutato e giudicato.

La biologia in laboratorio (gli obiettivi)

Alla ricerca di ...

Non una curiosità per qualcosa che salta in testa all'ultimo momento.

La persona si mette in gioco con una domanda e un'ipotesi di lavoro e mette alla prova le proprie capacità manuali e conoscitive arrivando fino a un giudizio su: attenzione e precisione nell'uso di strumenti; logica e rigore nelle procedure; capacità di sintesi.

Domande serie

Occorre capire bene il punto di partenza, gli strumenti con cui si opera, le possibilità di errore.

In particolare deve essere chiaro a quale domanda si vuole rispondere (scopo nella relazione), poi è necessario usare gli strumenti in modo adeguato allo scopo, comprendendone potenzialità e limiti anche legati all'uso.

Raccogliere dati

Bisogna stare di fronte ai dati, registrandoli nel modo più oggettivo possibile.

Per questo è necessario un atteggiamento che non abbia la pretesa di capire tutto e subito, che sappia ricominciare con pazienza selezionando i dati utili. In questo modo, anche dalla sola osservazione nascono nuove domande.

Interpretare i dati

Per conquistare una conoscenza nuova si possono percorrere varie strade: riscoprire e consolidare le conoscenze teoriche acquisite; valutare criticamente i dati sperimentali; spiegare il fenomeno studiato.

Un problema aperto: criteri e tecniche di valutazione

In termini generali, la valutazione dell'apprendimento dipende dalla modalità con cui si trasmettono i contenuti: nella prospettiva di insegnamento che ho indicato, essa è anzitutto un giudizio sul cammino compiuto dagli studenti.

Per esempio, se la didattica si articola attorno alla richiesta di comprendere il significato dei contenuti biologici fondamentali, si tratta di valutare non solo l'acquisizione di informazioni e la capacità di esprimerle con un linguaggio rigoroso, ma anche la capacità di delineare il percorso concettuale che ha portato all'interpretazione di un fenomeno e di stabilire correlazioni tra fenomeni diversi nel quadro di una conoscenza della realtà naturale.

Ognuno dei numerosi strumenti che il docente può utilizzare evidenzia alcuni dei fattori in gioco nella valutazione e segna le tappe particolari del cammino proposto.

Per esempio, l'interrogazione classica obbliga lo studente a esprimere e verificare ciò che ha realmente acquisito, in un dialogo che deve diventare man mano più coerente e razionale. È anche un momento di lavoro comune all'interno della classe, in cui l'insegnante può puntualizzare per tutti ciò che è stato comunicato o compreso in modo impreciso. Ma è necessario superare l'idea dell'interrogazione come «accertamento obbligatorio» da cui lo studente deve difendersi: non è un esame in cui lo studente esprime solo ciò che sa, ma un momento di costruzione per imparare meglio ciò che non è ancora chiaro.

Se le lezioni si svolgono facendo continuamente riferimento al libro di testo, senza «dettare» appunti, senza distinguere i brani da «leggere» e quelli da «studiare», diventa possibile accertare la capacità di cercare in un indice analitico, di decodificare una frase o un'immagine, di riassumere un concetto con le proprie parole, o con le parole più semplici possibili.

Analogamente, nelle situazioni in cui si svolgono attività di laboratorio, anche le più semplici, una relazione scritta individuale aiuta a evidenziare la capacità di operare con rigore: l'attenzione prestata nell'esecuzione del lavoro, la precisione nel raccogliere dati e la capacità di riflessione e di interpretazione dei risultati.

Per esempio, dopo aver osservato al microscopio ottico le fasi della mitosi, lo studente dovrà descriverle a parole e riprodurle con un disegno nella relazione.

Per i «questionari di verifica», il cui uso è sempre più diffuso nella scuola italiana, anche sostituendo completamente l'interrogazione orale, occorre evidenziare alcuni problemi spes-



so sottovalutati in nome della praticità. Infatti, essi possono aiutare a capire se tutti gli alunni di una classe hanno «studiato», ma sono ripetitivi, generalmente troppo schematici, raramente permettono di valutare la comprensione effettiva di un argomento complesso e creano difficoltà nella quantificazione del voto. Infatti, la valutazione oggettiva di un questionario mette in gioco numerosi variabili difficilmente controllabili come la copiatura o la scelta casuale.

Voti abbastanza coerenti con quelli ottenuti con altri metodi si possono formulare tenendo conto dell'intervallo di errori compiuto dalla classe e decidendo di volta in volta il valore da assegnare a ognuno di essi.

Perciò, si tratta di usarli con molte precauzioni, per esempio senza ricorrere ai «test» allegati a ogni libro di testo, ma costruendo personalmente le prove e proponendo problemi di diversa tipologia. Infatti, una domanda a risposta aperta chiede allo studente di impostare e svolgere coerentemente un argomento, mentre una domanda a risposta multipla chiede di decidere quale, tra altre simili, è la risposta corretta.

Inoltre, si può chiedere di stabilire una corrispondenza concettuale tra termini tecnici e definizioni, di completare frasi da cui sono state eliminate alcune parole, oppure di risolvere problemi applicando concetti o leggi.