

Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna
ANSAS ex-IRRE Emilia-Romagna

SCIENZE

*Dalle Indicazioni
alla pratica didattica*

a cura di
MILENA BERTACCI E ANGELA TURRICCHIA

Contributi di:
Milena Bertacci • Emanuela Bianchi • Giovanna Foschini
Marta Gagliardi • Manuela Nerbano • Manuela Rossi Summer
Antonio Testoni • Cristina Tioli • Angela Turricchia • Margherita Venturi

tecnodid
EDITRICE

Il volume 'Scienze' è il risultato di un lavoro coordinato tra Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna e ANSAS - Nucleo ex-IRRE Emilia-Romagna, nell'ambito del progetto "Gruppi di ricerca sulle Indicazioni". Il finanziamento è assicurato dall'USR E-R, nell'ambito dell'utilizzazione dei fondi assegnati all'ex-IRRE per attività di ricerca (Legge 440/1997) e dei fondi per il supporto alle "Indicazioni per il curriculum" (Direttiva MIUR n. 68/2007).

Il Gruppo di ricerca è composto da:

Milena Bertacci (coordinamento tecnico-scientifico), Emanuela Bianchi, Fulvio Buonomo, Giovanna Foschini, Ivan Graziani, Maria Rita Guglielmetti, Elena Marrocchino, Laura Montanari, Manuela Nerbano, Maria Cristina Panciroli, Manuela Rossi Summer, Antonio Testoni, Cristina Tioli, Angela Turricchia. Invitati permanenti: Anna Maria Benini, Marta Gagliardi, Margherita Venturi.

I testi del volume sono stati curati dagli autori che appaiono nell'indice e che sono riportati in testa ad ogni contributo.

Volume a cura di: Milena Bertacci e Angela Turricchia

Coordinamento scientifico del progetto di ricerca: Giancarlo Cerini

Coordinamento redazionale, editing: Maria Teresa Bertani

Collana "I Quaderni dei Gruppi di ricerca USR e IRRE Emilia-Romagna"

Serie II - Quaderno n. 8, agosto 2010

La riproduzione dei testi è consentita previa citazione della fonte.

Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna
via Castagnoli, 1 - 40126 Bologna - Tel. 051 3785 1 - Fax 051 4229721
E-mail: direzione-emiliaromagna@istruzione.it; sito web: www.istruzioneer.it
Direttore generale: Marcello Limina

Ufficio V - Formazione, autonomia
Dirigente: Giancarlo Cerini

Codice ISBN: 978-88-86100-62-5

Stampa Tecnodid editrice, Napoli, agosto 2010

Presentazione

Serve una scuola di base più 'forte'	5
<i>Marcello Limina, Leopolda Boschetti</i>	

Parte I

La posizione del gruppo di ricerca

Quale idea di curriculum	7
<i>Milena Bertacci</i>	
Perché parlare di competenza	16
<i>Angela Turricchia</i>	
Il laboratorio scientifico	20
<i>Margherita Venturi</i>	
La costruzione della conoscenza in ambito scientifico	27
<i>Marta Gagliardi</i>	

Parte II

Buone pratiche per lo sviluppo verticale del curriculum

La chiocciola	38
<i>Emanuela Bianchi</i>	

La casa dei lombrichi	45
<i>Manuela Nerbano</i>	
Muffe e dintorni	50
<i>Cristina Tioli</i>	
L'acquario: sfondo integratore per esperienze interdisciplinari	58
<i>Manuela Rossi Summer</i>	
Dal macroscopico al microscopico	65
<i>Giovanna Foschini</i>	
Dalla materialità dell'aria ai gas	75
<i>Antonio Testoni</i>	

Presentazione della Collana

SERVE UNA SCUOLA DI BASE PIÙ 'FORTE'

Marcello Limina*, Leopolda Boschetti**

**Direttore Generale dell'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna*

***Commissario straordinario ANSAS*

Vecchie e nuove Indicazioni

La scuola di base italiana è stata coinvolta negli ultimi anni in numerosi tentativi e proposte di riforma, che hanno richiesto agli operatori scolastici una costante attività di autoformazione e di riflessione sul senso da dare ai cambiamenti e sulla loro possibile incidenza positiva nelle pratiche didattiche. Tuttavia, il rapido avvicinarsi delle proposte pone l'esigenza di un consolidamento e di una stabilizzazione degli ordinamenti e delle indicazioni programmatiche. Questo orientamento emerge dal recente regolamento sul primo ciclo (D.P.R. 89/2009), che all'art. 1 propone una lettura integrata tra le *Indicazioni nazionali* (D.lgs. 19-2-2004, n. 59) e le *Indicazioni per il curriculum* (D.M. 31-7-2007). A tal fine viene previsto un periodo triennale di ricerca (dall'a.s. 2009-10 all'a.s. 2011-12), nel quale le scuole e gli insegnanti sono invitati a sperimentare le Indicazioni curriculari, come stimolo a migliorare i metodi di insegnamento, riscoprendo gli elementi essenziali e fondativi del progetto educativo.

Questo è il messaggio che emerge anche dall'Atto di indirizzo firmato dal Ministro Mariastella Gelmini l'8 settembre 2009, nel quale vengono richiamate le grandi sfide che attendono la scuola italiana del futuro: una formazione culturale più incisiva e solida, il ripristino di valori di responsabilità solidarietà e cittadinanza, il recupero del 'senso' dell'esperienza scolastica. Una buona scuola di base, nelle sue collaudate articolazioni di scuola dell'infanzia, scuola primaria e scuola secondaria di I grado, se ben raccordata nei curricoli disciplinari, nei sistemi di valutazione, nella coerenza delle proposte didattiche, è in grado di portare un contributo decisivo al miglioramento dei risultati scolastici.

A tal fine, la disponibilità di curricoli aggiornati e coerenti, elaborati con l'ausilio delle comunità scientifiche e professionali, validati attraverso moderni sistemi di valutazione e certificazione, diventa un prerequisito fondamentale per la qualità e l'equità dell'intero percorso formativo.

La ricerca in Emilia-Romagna

È per questo motivo che negli ultimi cinque anni, l'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna, d'intesa con l'ANSAS - nucleo IRRE Emilia-Romagna, ha predisposto un ambizioso programma di ricerca didattica sulle indicazioni curriculari che il Ministero dell'istruzione ha elaborato. Nel triennio 2004-2007 hanno operato 15 gruppi di ricerca (coinvolgendo oltre 300 tra insegnanti, dirigenti, docenti universitari, rappresentanti di associazioni, ecc.) che analizzarono i contenuti culturali e pedagogici delle indicazioni "Bertagna". Di quella stagione resta un ricco scaffale di "Quaderni" inviati a tutte le scuole, ma ancora disponibili, che contengono elementi utili per decodificare le indicazioni programmatiche delle singole discipline. Successivamente, nel biennio 2007-2009, dieci gruppi di ricerca, con circa 200 partecipanti, hanno elaborato analisi ed ipotesi di lavoro sulle discipline obbligatorie del curriculum nazionale stilato dalla commissione "Ceruti". L'esito culturale del lavoro è ora offerto all'attenzione della scuola regionale, attraverso la pubblicazione di una seconda collana di 10 quaderni che qui vengono presentati.

Si conferma in questa nuova serie editoriale la vocazione positiva dell'IRRE Emilia-Romagna e dell'USR Emilia-Romagna nell'accompagnare i processi di riforma e di innovazione, attraverso momenti di ricerca, formazione, dialogo con il mondo della scuola. Tutto ciò in sintonia con le caratteristiche della nostra regione, da tempo attenta ed appassionata ai temi dell'educazione, ma che oggi deve interrogarsi – come tutte le società mature – sul ruolo 'appannato' dell'educazione, su alcune criticità che affiorano nei livelli di apprendimento, su sintomi di stanchezza nelle motivazioni dei ragazzi.

Riteniamo che la ricerca sui contenuti culturali, la riscoperta del valore formativo delle discipline (che sono al centro dei Quaderni, quasi in uno sforzo di riscoperta della centralità dei saperi come *mission* fondamentale della scuola), l'individuazione di percorsi didattici praticabili, desunti dalle migliori esperienze, siano elementi importanti per qualificare la nostra scuola e per offrire ai docenti strumenti professionali utili per ripensare metodi e approcci didattici e renderli ancora più adeguati alle esigenze dei ragazzi di oggi.

Un ringraziamento sentito va dunque a tutti coloro che, con ruoli diversi (dirigenti tecnici e scolastici, docenti, ricercatori, cultori della materia), accomunati da un forte impegno culturale e professionale, hanno reso possibile questa apprezzata iniziativa di ricerca e documentazione.

QUALE IDEA DI CURRICOLO

Milena Bertacci

Coordinatrice scientifica del Gruppo di ricerca 'Scienze', ricercatrice Ansas ex IRRE E-R

Verso la costruzione di un curriculum scientifico

Il Gruppo di lavoro ha ritenuto necessario assumere *una visione euristica del curriculum*, capace di instaurare un approccio 'riflessivo' sulle prassi didattiche attivate e sulle teorie sottese alle prassi, sui modi della conoscenza scientifica e sui metodi/strategie implicati, ma anche sui meccanismi della conoscenza comune e della rappresentazione cognitiva. Si è cercato anche di mettere in luce possibili esemplificazioni operative, con riferimento ai modelli interpretativi propri delle scienze e a quelli che paiono essere 'nodi' rilevanti dell'azione didattica.

Consapevolezza diffusa è che il pensiero contemporaneo abbia rinunciato da tempo a una visione apodittica della scienza, per privilegiare invece una visione evolutiva e rivedibile del processo scientifico. Le rivoluzioni filosofico-scientifiche del Novecento e la conseguente rottura dei paradigmi epistemologici hanno infatti contribuito a elaborare un'idea di scienza non più fondata su verità assolute bensì problematica, evolutiva e aperta al valore del dubbio, dell'ipotesi e della messa in discussione delle conoscenze acquisite. È naturale che la didattica delle scienze cerchi di misurarsi con queste nuove visioni culturali, sforzandosi di tradurle concretamente nel versante formativo.

La costruzione del curriculum scientifico appare sempre più un processo che sviluppa *modi di guardare il mondo*, modi che non sono soltanto incuneati dentro un determinato punto di vista disciplinare, ma piuttosto reticolari e sistemici, evolutivi e dinamici, attraverso un inesauribile processo di costruzione-decostruzione-adattamento alle reti cognitive dei nostri allievi, che sono via via sollecitati a cogliere i primi elementi di differenziazione disciplinare. Nello studio delle scienze sembra più che mai opportuno stimolare la curiosità dei ragazzi verso i fatti e i fenomeni che la natura e il mondo ogni giorno ci pongono davanti. Si tratta di suscitare domande, di fare ipotesi, di andarle a verificare, qualche volta si tratta di andare a vedere 'sul campo' che cosa suc-

cede, esplorando il mondo attorno e facendo esperienze in prima persona, raccogliendo dati e informazioni, privilegiando quei canali fondamentali che sono l'osservazione, la percezione, l'azione, la raccolta di prove e indizi, la verifica diretta.

Tutto ciò è stato spesso richiamato all'interno del gruppo, anche con espliciti riferimenti alle fonti normative che suggeriscono di evidenziare all'inizio *"in situazioni concretamente accessibili, gli aspetti comuni alle diverse scienze, come pure i primi elementi caratterizzanti. Negli anni successivi si guideranno gli alunni all'appropriazione graduale di contenuti esemplari e metodi di indagine via via più specifici. Il percorso dovrà comunque mantenere un costante riferimento ai fenomeni, sia dell'esperienza quotidiana sia scelti come casi emblematici, nel loro realizzarsi a diverse scale spaziali, temporali e causali. La necessità del concorso di molteplici modi di guardare reciprocamente integrati (sguardo da fisico, da biologo, da chimico...), per interpretare se stessi e il mondo attraverso modelli sempre più raffinati, condurrà alla consapevolezza metacognitiva della necessità di procedere sempre per separazioni e ricomposizioni degli aspetti diversi dei fenomeni"* (Indicazioni per il curricolo, 2007).

Insegnanti, allievi, apprendimento delle scienze

Nelle esperienze che i docenti hanno portato all'attenzione del gruppo c'è sempre questa esigenza di coinvolgimento attivo dei ragazzi, di stimolo nell'esplicitazione di quesiti e problemi, di verifiche condotte con approcci operativi e laboratoriali, di riconfigurazione dinamica delle conoscenze attraverso il recupero meta-riflessivo dell'esperienza affrontata.

Per dare concretezza a tante belle postulazioni teoriche e per avviare fin dalle prime classi i processi di responsabilizzazione e di autonomia, bisogna trovare il coraggio di mettere subito 'in situazione' i bambini (parliamo di scuola dell'infanzia e di scuola primaria), facendo emergere pensieri e interpretazioni dalle cose e dai fenomeni che hanno sotto gli occhi e dalle attività che possono fare con le mani ('paciugamento' e scoperta). Siamo nell'età del pensiero operatorio concreto, che suggerisce infatti *un approccio alle scienze di tipo 'fenomenologico', rivolto a osservare alcuni semplici fenomeni che fanno parte dell'esperienza spontanea degli alunni*. Descrivendo e socializzando queste esperienze il ragazzo supera percezioni ancora soggettive per passare ai primi tentativi di linguaggio e rappresentazione condivisi. Oppure – nella scuola secondaria – possiamo abbozzare ipotesi con i ragazzi e vederne l'evoluzione in laboratorio o direttamente 'sul terreno'. Il docente svolge un ruolo strategico di mediazione tra l'universo dei saperi e le strutture cognitive dei suoi allievi reali; 'traghetta' le procedure delle discipline scientifiche verso i vissuti psico-

logici e cognitivi del soggetto che apprende, contribuendo in modo determinante alla costruzione di *menti ben fatte*, per usare la nota metafora di Edgar Morin.

Le Indicazioni del 2007

In tale prospettiva, riteniamo che l'insegnamento delle discipline scientifiche abbia un ruolo essenziale nel perseguire alcuni obiettivi trasversali, oggi prioritari, come ben evidenzia il testo delle *Indicazioni per il curricolo* (2007), prefigurando *un nuovo umanesimo* in cui anche grazie a un buon insegnamento scientifico la scuola possa:

- ***insegnare a ricomporre i grandi oggetti della conoscenza – l'universo, il pianeta, la natura, la vita, l'umanità, la società, il corpo, la mente, la storia – in una prospettiva complessa, volta cioè a superare la frammentazione delle discipline e a integrarle in nuovi quadri d'insieme.***
- ***sviluppare la capacità di cogliere gli aspetti essenziali dei problemi, la capacità di comprendere le implicazioni, per la condizione umana, degli inediti sviluppi delle scienze e delle tecnologie; la capacità di valutare i limiti e le possibilità delle conoscenze; la capacità di vivere e di agire in un mondo in continuo cambiamento.***

Per acquisire competenze (cioè per saper utilizzare il proprio sapere), servono conoscenze ristrutturate in modo funzionale, non più organizzate in forma di elenco programmatico, bensì raccolte in modo finalizzato e flessibile, disponibili all'uso contingente. E il curricolo, inteso come percorso cognitivo che si sviluppa e si arricchisce negli anni, può snodarsi in tappe di maggiore o minore difficoltà, finalizzate all'acquisizione di alcuni concetti essenziali e, soprattutto, allo sviluppo di quelle importanti strategie di pensiero che permettano ai ragazzi di proseguire da soli, di porsi domande e di trovare risposte via via più complesse.

Il testo delle *Indicazioni* fissa i traguardi che devono essere raggiunti: *“Tali traguardi, posti al termine dei più significativi snodi del percorso curricolare, dai tre a quattordici anni, rappresentano riferimenti per gli insegnanti, indicano piste da percorrere e aiutano a finalizzare l'azione educativa allo sviluppo integrale dell'alunno”* (*Indicazioni per il curricolo*, 2007).

Gli obiettivi di apprendimento sono definiti in relazione al termine del terzo e del quinto anno della scuola primaria e al termine del terzo anno della scuola secondaria di primo grado. Sono obiettivi ritenuti strategici al fine di raggiungere i traguardi per lo sviluppo delle competenze previsti dalle Indicazioni.

Costruire la conoscenza scientifica

All'interno dei traguardi e degli obiettivi che il testo delle Indicazioni definisce, i docenti sono chiamati a fare delle scelte e ad organizzare, sui vari argomenti, itinerari differenziati e flessibili. In una prospettiva di sviluppo progressivo, l'insegnamento dovrebbe stimolare l'acquisizione di competenze, ma anche la voglia di superarle, spingendo i ragazzi verso nuove capacità e nuovi approfondimenti. Poiché non si tratta di percorsi lineari, fondati sul mero assorbimento di nozioni, sono importanti i collegamenti tra saperi disciplinari diversi ed è importante valorizzare esperienze di vita e non solo scolastiche.

La questione della scelta dei contenuti appare delicata, vista la scarsità delle ore settimanali e vista anche la necessità di puntare su contenuti particolarmente 'generativi'. Si ritiene che i contenuti selezionati debbano essere pochi, accessibili agli studenti; mentre i concetti fondamentali dovranno essere ripresi e approfonditi in tutto il percorso scolastico.

Oggi il concetto di apprendimento appare nella sua reale natura di processo che coinvolge il soggetto e le sue esperienze. Diventa importante costruire ambienti educativi nei quali siano curate la dimensione laboratoriale e l'esplorazione della realtà ambientale, come spazi emblematici dove è possibile porsi domande legittime, guardare le cose con occhi nuovi, avanzare ipotesi, percorrere vie inesplorate. In questo senso è decisivo porre gli studenti a contatto con problemi di realtà che favoriscano il confronto con l'incertezza e la complessità, dimensioni tipiche delle discipline scientifiche, dove l'obiettivo prioritario non è solo l'acquisizione di conoscenze, ma anche la capacità di costruire (e ricostruire continuamente) un sapere in grado di far interagire dinamicamente il soggetto con il proprio ambiente di vita e di produrre tangibili trasformazioni nella relazione tra sé e la realtà, migliorando la qualità delle competenze elaborate da ciascun allievo.

In concreto si tratta di realizzare una triangolazione efficace tra i traguardi e gli obiettivi dell'area scientifica che abbia al centro quale vero protagonista il soggetto che apprende, la sua storia e le sue potenzialità, per un'effettiva auto-costruzione di saperi e competenze, nell'ottica di un curriculum che sappia davvero aprirsi alla vita.

La sfida del curriculum: come abbiamo operato

La ricerca sviluppata con i docenti componenti il gruppo di lavoro che si è confrontato sulla didattica delle Scienze ha considerato il tema del curriculum

quale oggetto importante della propria riflessione, a partire dalle esperienze professionali dei protagonisti e da quelle realizzate nelle classi.

Il curriculum rappresenta infatti il terreno strategico su cui si costruiscono l'intenzionalità e la progettualità educativa. Luogo di confronto attraverso cui prendono forma i valori, le scelte, i contenuti, i metodi e le tecniche dell'azione formativa radicata in un determinato contesto educativo.

Sembra sempre più necessario passare da un'idea 'tecnicistica' e 'cumulativa' del curriculum, tipica degli anni '80, a un'idea 'trasformativo-evolutiva' che ponga effettivamente al centro il soggetto che apprende e la concretezza dei suoi bisogni.

Si è trattato di individuare, con una metodologia colloquiale ed ermeneutica, alcune esperienze didattiche concretamente attivate, gli epistemi fondanti di un curriculum scientifico, le dimensioni e i 'nodi' essenziali, la significatività strategica delle discipline scientifiche e della loro dinamica organizzazione e interconnessione, i rapporti intercorrenti tra esperienza diretta (il vissuto) e conoscenza disciplinarizzata (il cognitivo), l'evoluzione degli stili cognitivi e delle competenze disciplinari/trasversali negli allievi, il rapporto tra l'identità culturale e la cittadinanza...

Ricerca-azione e dimensioni del curriculum

Il gruppo si è strutturato come un laboratorio di ricerca-azione in cui, attraverso alcuni incontri orientati alla rilettura degli interventi realizzati sul campo, si sono analizzate e in qualche misura documentate le prassi attivate nell'ottica della costruzione di un curriculum verticale di area scientifica.

Il percorso di ricerca realizzato ha prima di tutto discusso e fatto propri alcuni punti di vista culturali 'generalisti' rispetto al tema del curriculum:

- curriculum come '*sistema di scelte*';
- docente come *professionista riflessivo*;
- curriculum orientato alla strutturazione di esperienze significative, al protagonismo dell'allievo, alla costruzione di *competenze strategiche*;
- compito della scuola è la costruzione di competenze in un mondo in continua trasformazione dove *le conoscenze scientifiche sono destinate ad una continua revisione*;
- consapevolezza che ogni teoria contiene dei limiti intrinseci che possono essere esplorati attraverso molteplici punti di vista (Popper, Feyerabend), e conseguente assunzione del *paradigma della complessità*;
- dal curriculum a *canne d'organo* (derivato dal paradigma oggettivo-analitico, secondo cui la scienza è specchio 'fedele' della realtà) al curriculum orien-

tato all'*esperienza* (paradigma ecologico-sistemico), un curriculum che deve sforzarsi di essere *integrato*, non cumulativo, che ha al centro *la persona* (inserita all'interno di una comunità);

- un curriculum che lega saldamente la *dimensione disciplinare* con la *dimensione formativa* (valori della cittadinanza);
- un curriculum *pluridimensionale*, dove accanto e dentro *le discipline* trovano spazio '*dimensioni altre*' che hanno uguale importanza (vedi la *valorialità*, la *relazionalità*, la *progettualità* dei ragazzi...); è nostro fermo convincimento che *l'Educazione scientifica attraversi tutte queste dimensioni del curriculum!*

Domande sul curriculum

Per realizzare gli obiettivi di confronto e ricerca enunciati si è utilizzata una strategia basata sui seguenti punti:

1. *Concezione ermeneutica della progettazione educativa* (interpretazione dei fatti/analisi/scelta). Un progetto/un percorso didattico è infatti un sistema complesso di scelte che ha sempre alla sua base due funzioni strategiche:

a) *Interpretazione*: quali sono i problemi che un curriculum scientifico deve affrontare? Qual è il contesto didattico da cui muoviamo? Quali sono gli obiettivi formativi irrinunciabili che questa esperienza deve conseguire? La risposta non è mai data come si pensava nei modelli 'a ragione forte', ma è sempre 'costruita' attraverso le scelte progettuali, didattiche e operative, sia nei momenti dell'ideazione che in quelli della realizzazione. Ciò vale per il progetto nel suo insieme e per le sue singole parti: *che cosa* è il fenomeno che stiamo considerando? *Come* lo devo intendere? *Che cosa* è il problema che sto affrontando? Attraverso quali possibili punti di vista lo posso inquadrare? Formulando la risposta, interpreto e assegno un significato. Con quali teorie (personali, scientifiche...) compio questa operazione di riconoscimento/attribuzione/costruzione di significato? Con quali consapevolezze?

b) *Progettazione*: come faccio a risolvere un determinato problema di apprendimento? Con quali azioni? Con quali strategie? Come tengo sotto controllo l'efficienza e l'efficacia del percorso programmato? Come individuo i descrittori (di contenuto, di processo) di una didattica scientifica?

2. *Concezione della professione docente come attività riflessiva* e concezione della progettazione educativa come *miglioramento incrementale* (vedi teorie della Qualità totale). Tale concezione è volta al riconoscimento e alla comprensione della progettualità e delle scelte disciplinari e didattiche attivate, attraverso momenti di analisi '*dall'implicito all'esplicito*', allo scopo di portare a consa-

pevolezza le scelte effettuate, le strategie e le metodologie poste in atto, per poter decidere rispetto alla loro efficacia.

3. *Concezione dei docenti di area scientifica come comunità di professionisti accomunati sia dalla necessità di risolvere gli stessi problemi per raggiungere scopi condivisi, sia dalla necessità di migliorare l'esercizio della professione attraverso il confronto riflessivo e attraverso lo scambio e l'analisi critica delle esperienze realizzate nelle classi e delle buone pratiche presentate.*

Per questo si sono utilizzati alcuni semplici strumenti descrittivo-narrativi mirati a: far emergere le caratteristiche delle esperienze presenti nelle scuole partecipanti; rilevare e confrontare i criteri pedagogico-didattici in esse implicati; elaborare e confrontare le soluzioni adottate in rapporto alla visione di Scienza e di didattica scientifica che abbiamo condiviso.

Condividere un'idea di curriculum

Il Gruppo di lavoro sulle Scienze ha ritenuto di mettere a confronto le idee di curriculum presenti al proprio interno. A partire dai vincoli normativi ciascuna scuola individua 'permanenze', priorità, strategie... e predispone il curriculum, all'interno del Piano dell'offerta formativa, nel rispetto delle finalità, dei traguardi per lo sviluppo delle competenze, degli obiettivi di apprendimento posti dalle Indicazioni. Nel rispetto e nella valorizzazione dell'autonomia delle Istituzioni scolastiche, le Indicazioni costituiscono il quadro di riferimento per la progettazione curricolare affidata alle scuole. *Sono un testo aperto, che la comunità professionale è chiamata ad assumere e a contestualizzare, elaborando specifiche scelte relative a contenuti, metodi, organizzazione e valutazione*

I docenti, nel corso di un apposito *brainstorming*, si sono posti alcune domande cruciali: che cosa intendiamo per curriculum? Quali sono i nodi di un curriculum verticale declinato da un punto di vista scientifico?

Le risposte raccolte hanno molto insistito sugli elementi dinamici presenti nel curriculum, sulla sua processualità ed esperienzialità, sulla sua caratteristica metaforica di 'viaggio' intrapreso verso una meta che coincide con il progetto di vita di ciascuno studente. Una definizione condivisa nel gruppo vede il curriculum come "Un piano delle attività formative messo in atto per raggiungere i fini educativi stabiliti dalle leggi e dal progetto formativo della scuola. Piano che si sviluppa attraverso tappe finalizzate all'acquisizione di competenze; non come un programma lineare di contenuti, ma come **un insieme dinamico di esperienze e di conoscenze** per la formazione della persona, in cui coesistono: **contenuti, concetti, abilità, competenze, discipline, procedure cognitive e metodi...ma anche: valori, relazionalità, affetti, emozioni, progettualità, esperienze...**". Oppure, più

tecnicamente, come *un complesso organizzato delle esperienze di apprendimento che una scuola intenzionalmente progetta e realizza per gli alunni al fine di conseguire le mete formative desiderate*.

Costruire un curriculum verticale

Secondo alcune affermazioni fatte nell'ambito di un apposito *focus group*, la costruzione di un curriculum verticale volto all'insegnamento delle scienze:

- avvia quanto prima la *costruzione graduale consapevole e sociale di conoscenza scientifica* a partire dalla conoscenza individuale che viene sempre più precisata e approfondita passando da un sapere provvisorio 'imperfetto' ad un sapere progressivamente configurato;
- attiva trasversalità di azioni, congetture e rappresentazioni per costruire strategie orientate *all'imparare ad imparare*;
- suscita e mantiene negli studenti una forte *motivazione* attraverso l'organizzazione di un *setting* didattico in grado di promuovere *una vasta gamma di esperienze*, come presupposto di una scienza attiva e laboratoriale che suscita domande e possibili risposte ai tanti perché;
- adotta il metodo della ricerca sperimentale che partendo dalla curiosità, dall'esplorazione della realtà, sollecita il *problem solving*, la costruzione di ipotesi, la verifica e la condivisione dei risultati;
- sviluppa un approccio problematico alla conoscenza favorendo il continuo gioco dinamico tra 'fatti', linguaggi e 'rappresentazioni' dei fatti medesimi; tra esperienze spontanee, esperimenti via via più complessi e costruzione di metafore e analogie in grado di interpretarli attraverso la scoperta di leggi e regole;
- seleziona i contenuti essenziali e ne articola la trattazione su una scansione temporale lunga così da sedimentare gli apprendimenti anche attraverso una ripresa 'ricorsiva' dei principali organizzatori concettuali...

In questo senso il gruppo ha ritenuto opportuno cimentarsi nella costruzione di alcuni *organizzatori procedurali e concettuali*, di cui si riporta un esempio declinato dal punto di vista della biologia. Tale lista è aperta, provvisoria e articolabile dal punto di vista delle altre discipline scientifiche.

L'ordine degli indicatori non risponde ad una precisa logica sequenziale, quanto piuttosto ad una rappresentazione dinamica che può essere diversamente giocata nei diversi format di apprendimento, rispondenti piuttosto ad una logica di tipo 'reticolare'.

Gli organizzatori cognitivi del curricolo e la questione della verticalità

Organizzatori procedurali	Organizzatori concettuali	
	Generali - Trasversali	Specifici di Biologia
Porre problemi	Viventi/non viventi	Viventi/non viventi
Osservare	Oggetti, materiali, sostanze	Individuo
Raggruppare	Trasformazione	Ciclo vitale
Classificare	Spazio	
Comparare	Evoluzione	
Verbalizzare, descrivere, rappresentare	Interazione	
Cogliere relazioni, somiglianze, differenze	Tempo	
Fare ipotesi	Proprietà, variabili	
Misurare	Sistema	Ecosistema Catena alimentare
Astrarre	Energia	
Generalizzare		
Modellizzare		

Si è quindi affrontato il problema della costruzione di un curricolo verticale dalla scuola dell'infanzia alla scuola superiore (tale questione non è ancora compiutamente risolta, né sul piano teorico né su quello operativo). Nel tentativo di individuare *criteri condivisi* sono rilevati i seguenti punti cruciali:

1. *Che cosa cambia e che cosa permane* sul piano metodologico, sul piano procedurale, sul piano cognitivo, sul piano contenutistico, sul piano della disciplinarietà/ interdisciplinarietà, sul piano delle esperienze affrontate?

2. *Quali sono i 'nodi' particolarmente significativi* attraverso i quali considerare la questione della verticalità? In via esemplificativa: come si realizza nei diversi segmenti scolastici la costruzione-condivisione di una conoscenza fenomenologica di base, come si modifica il modo di porre domande e il processo di nominalizzazione-verbalizzazione, il prendere forma della concettualizzazione e della classificazione, il rapporto tra la disciplinarietà e la trasversalità delle conoscenze...

3. *Come rintracciare nelle esperienze proposte alcune modalità* attraverso cui esemplificare operativamente il tentativo di dare soluzioni diversificate ai 'nodi' tipici di un curricolo verticale?

Questo Quaderno di lavoro raccoglie appunto alcune testimonianze e buone pratiche in tale direzione.

PERCHÉ PARLARE DI COMPETENZA

Angela Turricchia

Docente di scuola secondaria di II grado

Abbiamo ritenuto indispensabile affrontare questo argomento con l'obiettivo di dare conto di una discussione che sta coinvolgendo sia il mondo del lavoro che il mondo educativo-formativo, considerato che *"a conclusione dell'istruzione e formazione iniziale i giovani dovrebbero aver sviluppato le competenze chiave a un livello tale che li prepari per la vita adulta"*¹.

Ricerche internazionali hanno messo in evidenza come una delle maggiori difficoltà incontrate dai giovani derivi dall'incapacità di inserirsi in un ambiente lavorativo in modo adeguato, utilizzando le cognizioni che sono state acquisite nel corso dei vari periodi di formazione². A queste difficoltà possiamo aggiungere i risultati per noi sconcertanti di alcune indagini internazionali che mettono in evidenza il basso livello di competenze scientifiche possedute dagli studenti italiani³.

Competenza: un concetto complesso

È comunque difficile dare una definizione del concetto di competenza, che può abbracciare ambiti diversi (lavorativo, scolastico, esperienziale, esistenziale...). Non sempre le qualifiche ottenute nella formazione forniscono la garanzia che le persone siano poi in grado di affrontare in modo efficace le situazioni lavorative o i problemi di vita quotidiana. Oggi si tende a valorizzare le potenzialità multidimensionali che una persona dovrebbe possedere e mettere in atto; questo insieme di strategie dinamico-trasformative costituisce la competenza di un individuo.

In ambito educativo è necessario creare le condizioni affinché gli studenti diventino competenti. È quindi importante individuare quali conoscenze e abilità si vogliono far acquisire e quali azioni osservabili ci indicheranno che tale acquisizione è avvenuta; infatti nella parola 'competenza' è racchiusa la capacità di applicare le conoscenze a un problema originale e nuovo.

¹ Raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente del 10 novembre 2005. Le *competenze chiave* contribuiscono alla realizzazione personale, all'inclusione sociale, alla cittadinanza attiva e all'occupazione.

² G. Di Francesco (a cura di), *Unità capitalizzabili e crediti formativi. Metodologie e strumenti di lavoro e I repertori sperimentali*, ISFOL, Franco Angeli, Milano, 1998.

³ Indagini PISA 2006 e IEA TIMSS 2008 *Advanced*.

La discussione attuale fa emergere come il concetto di competenza sia un concetto articolato, complesso, che implica anzitutto l'acquisizione di un bagaglio di conoscenze. Ma, evidentemente, è anche molto di più. La competenza appare come un evento complesso che coinvolge conoscenze, atteggiamenti, valori, saperi, saper fare e saper essere, in un intreccio inscindibile di relazioni e co-determinazioni. Essa dovrebbe comunque essere visibile attraverso un insieme di comportamenti osservabili e valutabili.

Possiamo quindi dire che il termine competenza indica la capacità degli individui di combinare, in modo autonomo e in un contesto particolare, i diversi elementi delle conoscenze e delle abilità possedute: quindi una proprietà dinamica che va oltre le dimensioni della conoscenza e dell'abilità. Essa individua non tanto il possesso dei saperi, quanto la capacità di mobilitarli e di combinarli autonomamente per rispondere a situazioni sempre nuove. È quindi un elemento vitale e 'autotrasformativo' che appartiene a una persona, ha un ciclo evolutivo: si sviluppa e cambia nel tempo. Per essere conservata 'efficiente' deve essere mantenuta, esercitata e sviluppata. È sufficiente che pensiamo alle competenze legate al saper fare: l'andare in bicicletta, sui pattini, nuotare, e alla difficoltà che incontriamo se non le esercitiamo per un lungo periodo di tempo. La questione è ancora più complicata nel campo dei saperi, dove la competenza ha una caratteristica di 'creatività' in quanto si richiede che una data conoscenza sia applicata in campi e contesti diversi. Il problema che ci si pone è come far nascere le competenze e quali, e successivamente, come svilupparle. Possiamo dire con Edgar Morin che una testa ben fatta è una testa atta a organizzare le conoscenze e ad applicarle in nuovi ambiti e situazioni⁴.

E per le scienze?

Il concetto di competenza all'interno delle *Raccomandazioni* del Consiglio d'Europa ci porta a mettere in evidenza la differenza tra quanto espresso da esse e quanto è contenuto dei programmi. I programmi indicano saperi che hanno una coerenza complessiva; le competenze invece ci rimandano al modo di interiorizzazione, trasformazione e utilizzazione dei saperi appresi. Pertanto tra 'saperi' e 'competenze' i rapporti sono stretti e fecondi.

Ogni disciplina rappresenta un modo di pensare e rappresentare la realtà, che ha dimostrato la sua efficacia nel tempo, e consiste in una pluralità di sistemi di concetti e teorie mediante i quali si possono descrivere e spiegare i

⁴ Edgar Morin, *La testa ben fatta*, Raffaello Cortina, Roma, 2000.

fenomeni, per costruire sistemi concettuali e ‘procedure di rigore’. Ogni disciplina dispone di un linguaggio coerente e rigoroso per descrivere la realtà, si struttura attraverso un sistema di segni (concetti e teorie) con cui ricostruisce l’oggetto o il fenomeno e tenta di darne una rappresentazione, organizza i ‘dati’ o le ‘informazioni’ sulle ‘cose’, e dispone altresì di procedure attraverso le quali compie questa costruzione e de-costruzione continua della realtà. Ciò contribuisce notevolmente a strutturare il pensiero e a facilitare la trasferibilità delle conoscenze nella prospettiva di costruire un ‘sapere competente’.

Fare scienza è un cammino variegato e accidentato, dove contano intuizione, immaginazione e ovviamente conoscenza. In questi ultimi anni è venuta costruendosi una nuova immagine della scienza più complessa e articolata, non lineare/meccanicistica, rivolta a leggere la complessità e la varietà del suo procedere. In questa nuova prospettiva ci si rende sempre più conto di quanto la capacità di mobilitare, coordinare e sviluppare le dimensioni cognitive necessarie alla comprensione dei fatti naturali di ogni tipo costituisca da un lato un potente e continuo stimolo e supporto alla costruzione di conoscenza individuale in ambito scientifico, dall’altro un’espansione complessiva del sé, così da rendere le persone più capaci di gestire operativamente la complessità e variabilità del mondo reale.

Ricordiamo la definizione di competenza scientifica e tecnologica data nella Raccomandazione citata e che mette in evidenza le diverse accezioni del termine ‘competenza’ in ambito scientifico e tecnologico: *“La competenza scientifica riguarda la capacità e la disponibilità a usare il corpus di conoscenze e di metodologie utilizzato per spiegare il mondo naturale al fine di identificare le problematiche e di trarre conclusioni basate su fatti comprovati. La competenza in campo tecnologico è considerata l’applicazione di tale conoscenza e metodologia per dare risposta ai desideri o bisogni avvertiti dagli esseri umani. Entrambi gli ambiti di questa competenza comportano la comprensione dei cambiamenti determinati dall’attività umana e la consapevolezza della responsabilità di ciascun cittadino. Ad essa è collegata una conoscenza essenziale che comprende i principi di base del mondo naturale, i concetti, principi e metodi scientifici fondamentali, la tecnologia”*.

Operatività e creatività nella didattica

Alla luce di quanto detto, per la costruzione di competenze in ambito scientifico dovremo ‘mettere in situazione’ ragazze/i per fare emergere in ognuno di essi delle abilità personali e creative collegate agli indicatori individuati. Tali abilità personali vengono messe particolarmente in evidenza nelle

attività laboratoriali, che rappresentano una condizione necessaria, ma non sufficiente, per il rinnovamento dell'insegnamento scientifico⁵.

Se prendiamo l'attività relativa alla chiocciola e l'osservazione dell'animale, gli allievi, dopo l'esperienza, hanno acquisito-consolidato la competenza relativa all'osservazione se sanno porsi in modo osservativo in contesti diversi. Dovranno anche saper utilizzare le operazioni suddette nell'osservazione di oggetti in contesti non scolastici, ad esempio durante passeggiate o visite in parchi. Ci sembra pertanto di poter dire che c'è acquisizione e costruzione di competenza nella misura in cui i concetti e le strategie consolidate servono ad analizzare situazioni diverse e sconosciute, permettendo un'effettiva operatività e trasferibilità dei meccanismi-procedure cognitivi elaborati. In via esemplificativa uno studente può imparare a utilizzare il metro per eseguire una misura; potrebbe tuttavia non essere in grado di decidere quale misura effettuare quando si trova di fronte a un problema reale, quale potrebbe essere la misura dell'accrescimento di una pianta.

Ovviamente l'osservazione svolta in una prima classe della scuola primaria utilizza modalità ben diverse da quelle utilizzate nella scuola secondaria di primo grado, quando il ragazzo deve in qualche modo sapere osservare e scegliere all'interno di una scatola contenente oggetti. In questo caso dovrà mettere in campo delle micro-abilità diverse: in pratica dovrà saper identificare gli oggetti e mettere in evidenza alcune caratteristiche che permetteranno la classificazione. Forse nessuno penserà di stare davvero applicando la stessa metodologia osservativa, in realtà farà di più: tra tutte le conoscenze/strategie acquisite utilizzerà quella che meglio si attaglia alla situazione in questione: l'osservazione. Ad un livello ancora diverso avremo la progettazione di una semplice esperienza e la successiva rilevazione di dati.

Tutti gli argomenti affrontati relativamente alla biologia portano alla costruzione di competenze disciplinari (conoscenza di un essere vivente) e di competenze trasversali (il rispetto per l'ambiente). L'allevamento di chioccioline e lombrichi, la costruzione di terrari e di ambienti artificiali di cui prendersi cura dovrebbero portare i nostri studenti a fare ricerca sul campo. Successive esperienze, anche laboratoriali (ad esempio esperimenti che permettano di identificare i materiali necessari alla vita di una pianta), potranno abituarli a scegliere all'interno delle conoscenze acquisite quelle che possono essere riutilizzate e adattate alla nuova situazione.

⁵ Si veda la parte II, in cui si descrivono le esperienze qui tratteggiate.

IL LABORATORIO SCIENTIFICO

Margherita Venturi

Docente di Chimica, Università degli Studi di Bologna

“Il laboratorio è un luogo dove si impara a costruire conoscenze e ad interiorizzare modalità di ragionamento adeguate all’ambito disciplinare, grazie al fatto che abbiamo potuto sperimentare, mettere alla prova, discutere, cioè fare esperienza di un’attività argomentativa reale con gli altri”.

C. Pontecorvo

Nell’insegnamento scientifico è indispensabile la conoscenza concreta e interattiva degli oggetti e dei fenomeni naturali, perché questa esperienza ha un ruolo fondamentale per stimolare i processi cognitivi e l’apprendimento. L’osservazione diretta e la percezione sensoriale aiutano a costruire immagini della natura e dei suoi fenomeni, favorendone la comprensione e suscitando domande, motivazioni e interessi. In mancanza della possibilità di osservare, manipolare, interrogarsi, confrontare, verificare, riflettere, non si sviluppa un vero senso della scienza. Senza esperienza diretta è particolarmente difficile poter ricollegare i concetti teorici con i fenomeni reali, con la pratica quotidiana e con l’osservazione del mondo circostante. Ciò è ulteriormente confermato dalle parole dell’illustre pedagogista Freinet: *“La conoscenza non avviene attraverso lo studio di regole e leggi, bensì attraverso l’esperienza. Studiare inizialmente queste regole e queste leggi è come mettere il carro davanti ai buoi. Regole e leggi o sono il risultato di esperienze o sono formule senza valore”*⁶.

La didattica laboratoriale

Affinché la conoscenza sia significativa è pertanto necessario utilizzare *una didattica di tipo laboratoriale*, l’unica che permette di far interagire attivamente gli studenti con la realtà, di osservare i fenomeni naturali e di elaborare schemi per analizzarli e descriverli. Il lavoro in laboratorio è particolarmente importante perché costituisce non solo un momento di osservazione diretta, ma anche di analisi, di problematizzazione, di confronto e di verifica, di formulazione di interpretazioni e previsioni, di ‘invenzione di attività’; aiuta quindi a capire e rielaborare, stimola le attività di pensiero, promuove l’elaborazione attiva e personale delle conoscenze.

⁶ C. Freinet, *Le mie tecniche*, La Nuova Italia, Firenze, 1990.

Il laboratorio non va inteso semplicisticamente come spazio chiuso e attrezzato in cui poter svolgere con gli studenti un certo numero di esperimenti e dimostrazioni, ma come l'insieme di tutte le opportunità che consentono di esercitare l'osservazione, la progettazione e la sperimentazione. Si tratta di un luogo in cui non solo si elaborano saperi, ma da cui si possono ricavare tutte le opportunità formative trasversali di carattere osservativo-logico-linguistico, utili per produrre nuove conoscenze e sviluppare nuove competenze; l'azione educativa si sposta dall'insegnamento all'apprendimento per rendere gli allievi consapevoli del processo che vivono. In altre parole la didattica laboratoriale, già rintracciabile nella pedagogia di Dewey⁷, si fonda su un'educazione che parte dai bisogni propri di chi apprende, sviluppa la cooperazione per organizzare esperienze trasformandole in competenze, utilizza percorsi flessibili che l'alunno riconosce significativi per se stesso e spendibili nella realtà. Con le attività laboratoriali vengono recuperate le pre-conoscenze degli alunni, che rappresentano lo scenario dal quale partire per costruire le nuove conoscenze.

Il riflettere sul fare è di estrema importanza per evitare che lo studente, invece di assimilare concetti, abbia in realtà imparato solo parole: *"Le parole possono isolare e conservare un significato solo allorché esso è stato in precedenza implicato nei nostri contatti con le cose. Tentare di dare un significato tramite la parola soltanto, senza una qualsiasi relazione con la cosa, significa privare la parola di ogni spiegazione intelligibile. (...) Vi è la tendenza a credere che ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica vi sia anche un'idea definita: mentre, in realtà, sia gli adulti che i fanciulli possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che significano. È più proficua la genuina ignoranza perché è facilmente accompagnata da umiltà, curiosità ed apertura mentale; mentre l'abilità a ripetere frasi fatte, termini convenzionali, proposizioni familiari crea la presunzione del sapere e plasma la mente di una vernice impenetrabile alle nuove idee"*⁸.

L'alunno, mentre agisce, impara perché è attivo, consapevole della situazione didattica che sta vivendo, interagisce, coopera, riflette, progetta, rispetta accordi comuni e impegni presi.

Apprendere in laboratorio

Nella premessa dedicata in modo specifico all'Area matematico-scientifica delle *Indicazioni per il curricolo* si sostiene l'importanza del laboratorio, sia come metodologia, sia come 'laboratorio scientifico' che si configura come spa-

⁷ J. Dewey, *Il mio credo pedagogico*, *Antologia di scritti sull'educazione*, La Nuova Italia, Firenze, 1999.

⁸ J. Dewey, *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, 1994.

zio-ambiente per fare e concettualizzare: *“Il laboratorio quale elemento fondamentale per le discipline scientifiche, il laboratorio inteso sia come luogo fisico (aula, o altro spazio specificamente attrezzato) sia come momento in cui l'alunno è attivo, formula le proprie ipotesi e ne controlla le conseguenze, progetta e sperimenta, discute e argomenta le proprie scelte, impara a raccogliere dati e a confrontarli con le ipotesi formulate, negozia e costruisce significati interindividuali, porta a conclusioni temporanee e a nuove aperture la costruzione delle conoscenze personali e collettive”*⁹.

L'ambiente del laboratorio scientifico è in qualche modo assimilabile a quello della *bottega rinascimentale*, nella quale tutto partiva dalla sperimentazione creativa e gli apprendisti imparavano facendo e vedendo fare, comunicando fra loro e con i maestri, rubando con gli occhi quello che poi sarebbe diventato 'tecnica'. Le attività di laboratorio favoriscono l'apprendimento nella forma 'fa e impara', a cui sottende una forte motivazione del soggetto a impegnarsi per costruire/ricostruire il proprio modello di realtà; permettono l'interazione diretta con gli oggetti e con le idee; offrono modalità di lavoro con ampio spazio per la discussione e il confronto e, cosa molto importante, consentono di sfruttare in modo positivo l'errore, che in questo contesto diventa un efficace mezzo per maturare il proprio modello di realtà.

Poiché il lavoro svolto in laboratorio è normalmente organizzato in gruppi, l'esperienza di apprendimento è vissuta in un contesto relazionale e, quindi, il 'fa e impara' viene integrato con il 'confrontati e impara' che, a partire dalla scuola dell'infanzia, porta alla costruzione di modelli condivisi di rappresentazione e di esplorazione della realtà. In tale prassi didattica studenti e insegnanti rivestono ruoli ben definiti che invertono le idee guida della tradizione didattica trasmissiva, vedendo l'alunno quale protagonista e il docente quale organizzatore, guida e facilitatore nei percorsi didattici.

Nel laboratorio scientifico l'insegnante predispone e organizza materiali, procedure e contesti significativi, che sollecitano e guidano i processi di auto-apprendimento. Una volta avviate le attività, il gruppo classe diventa protagonista e ciascun alunno è attore principale, in un processo di conoscenza che genera apprendimenti significativi, apprendimenti cioè che permettono di ristrutturare ciò che si conosceva in precedenza. Il ruolo dell'insegnante in questo contesto è quello di guidare gli alunni ad attivare processi quali l'analisi, l'osservazione, il confronto, la ricerca di diversi itinerari possibili nella soluzione di un problema: *“La scuola è un po' come un teatro dove l'insegnante-regista deve saper creare l'atmosfera giusta, e allestire 'un palcoscenico didattico' all'interno del quale ogni alunno possa inserirsi e avere la possibilità di toccare, parlare e comu-*

⁹Indicazioni per il curriculum per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo d'istruzione, 2007.

nicare; dove i fatti e i fenomeni possano trovare lo spazio per recitare la loro parte. (...) L'esperienza sperimentale realizzata insieme diventa una rappresentazione più o meno controllata dei fatti che si svolgono fuori dal contesto scolastico, un modo di riprodurli che talvolta ne rallenta lo svolgimento per guardarli meglio, per leggerli con più attenzione, per apprendere a riconoscerli in differenti contesti"¹⁰.

Il 'buon' metodo scientifico

Affinché le esperienze di laboratorio siano significative è fondamentale una programmazione accurata del lavoro, dei suoi obiettivi e delle tecniche da proporre agli studenti, che in piccoli gruppi effettueranno esercitazioni per familiarizzare con strumenti di acquisizione dati e di elaborazione.

Albert Einstein era solito paragonare l'uomo che si occupa di scienza a un detective che deve procedere con 'metodo', raccogliendo tutti i possibili indizi per spiegare il fenomeno che sta osservando. Inoltre deve essere molto preciso nella raccolta dei dati e, una volta scoperto un possibile legame tra i fatti, deve formulare delle supposizioni, o ipotesi, e cercare di verificarle raccogliendo delle prove. La sperimentazione inizia dall'osservazione, ne è parte integrante e comporta una serie di operazioni mentali e manuali in ordine logico. Osservare vuol dire 'guardare con attenzione', per mettere in evidenza particolari che altrimenti sfuggirebbero e fissarli nella memoria. L'osservazione attenta e controllata del mondo circostante è il passo necessario per iniziare a comprenderlo, ma non basta guardare; per osservare più a fondo è necessario 'toccare con mano', lavorare, trasformare qualcosa con le mani. La manipolazione di sostanze, materiali, oggetti o elementi naturali aiuta a sviluppare la manualità, la conoscenza della realtà e le sue possibili trasformazioni e a consolidare la relazione tra processi e prodotti; stimola la creatività come trasformazione del noto o dell'esistente in forme nuove e impreviste.

Dall'esperienza nasce quasi spontaneamente la necessità di fare ordine fra le molte scoperte e di approfondire le conoscenze in modo organico così da far emergere le prime regole della disciplina. Gli esperimenti ci permettono infatti di esaminare un fenomeno in condizioni controllate ed eventualmente di riprodurlo più volte per essere certi dei risultati. Se i risultati degli esperimenti sono in accordo con l'ipotesi, questa viene confermata; diversamente occorre ritornare all'ipotesi di partenza, modificarla o sostituirla con una nuova ipotesi e realizzare altri esperimenti.

¹⁰ R. Prando, *Indizi per capire*, Carocci Faber, Roma, 2005.

Cooperare e scoprire

Poiché il laboratorio scientifico è l'ambiente di apprendimento dove si lavora insieme, gli alunni imparano ad aiutarsi a vicenda, a ricercare e usare strumenti in situazioni di *problem solving*: *“Proporre un percorso di educazione scientifica significa introdurre all'arte del domandare e non fornire soluzioni a problemi mai posti. (...) Sottolineare il ruolo dei problemi equivale a porre l'accento sulla persona che se li trova di fronte ed è invitata a mettere in gioco tutte le sue risorse di razionalità, creatività, ingegno per risolverli. Ciò vale per i ricercatori impegnati in problemi complessi; ma altrettanto per lo studente alle prese con qualsiasi capitolo del programma di fisica, chimica o biologia, che andrebbero visti come problemi da risolvere piuttosto che come contenuti da assimilare”*¹¹.

Inoltre, poiché all'interno del gruppo di lavoro ogni studente ha un ruolo o un compito diverso, si crea un clima di interdipendenza positiva per raggiungere il medesimo obiettivo. I diversi ruoli tendono a mettere in gioco le abilità di ciascun alunno, in modo che le eterogeneità assumano una rilevanza positiva, contribuendo a valorizzare ciascuno e a creare ulteriori opportunità di condivisione e mediazione di processi di conoscenza. Il laboratorio scientifico è allora il luogo e l'ambiente per maturare competenze sociali, perché durante un lavoro cooperativo entrano sempre in gioco abilità comunicative, di leadership, di soluzione negoziata dei conflitti e soprattutto dei problemi: *“Un metodo di conduzione della classe che mette in gioco, nell'apprendimento, le risorse degli studenti ... si distingue dai metodi tradizionali che puntano invece sulla qualità e sull'estensione delle conoscenze didattiche e di contenuto dell'insegnante”*¹².

Con il lavoro di gruppo, la modalità 'fa e impara' diventa anche il paradigma giusto per coinvolgere gli alunni che hanno difficoltà di apprendimento e quelli che, provenendo da nazioni diverse, hanno difficoltà nella comprensione della lingua: *“Una pedagogia che propone l'integrazione deve avere come obiettivo, valore principale, il rispetto delle diverse intelligenze, originalità e potenzialità cognitive ed affettive di ciascuno. Nel gruppo, in un rapporto di reciprocità, le difficoltà di apprendimento degli 'altri' divengono un problema che 'noi' dobbiamo risolvere. (...) Le riflessioni che avvengono in questi laboratori sono una vera e propria 'esplorazione' dei diversi modi e processi cognitivi utilizzati per apprendere e fanno acquisire al bambino meta-competenze”*¹³.

¹¹ M. Gargantini, *La cultura scientifica nella scuola*, Marietti, 1820, 2006.

¹² M. Comoglio, *Verso una definizione del Cooperative Learning*, in *“Animazione sociale”* n. 4, 1996.

¹³ N. Cuomo, *L'altra faccia del diavolo. Apprendere ed insegnare in stato di benessere: un atteggiamento sperimentale*, CILS, Cesena, 2004.

Nel piccolo gruppo il linguaggio e il pensiero si chiariscono e si arricchiscono di nuovi elementi, che devono essere raccolti e documentati, per essere ulteriormente condivisi con tutti i compagni di classe. In base al ruolo assegnato ciascun componente riferisce le conclusioni alle quali il gruppo è pervenuto, per aprire una nuova allargata discussione. L'insegnante annota gli interventi significativi, stimola la conversazione, invita alla riflessione su alcuni punti, stimola a ricercare altri elementi, attraverso i quali avere conferme o smentite a ipotesi formulate. Quando l'ipotesi è confermata, allora gli alunni potranno trarre una conclusione.

Documentare per rielaborare

Nel momento conclusivo attraverso la discussione di gruppo vengono fissate le scoperte fatte nelle attività di osservazione diretta e manipolazione. Questo momento di riflessione permette di formulare le prime regole di carattere generale, può essere 'concretizzato' attraverso diversi strumenti: cartelloni murali che raccolgono dati e dimostrano le diverse fasi del lavoro svolto, fotografie che possono fissare lo sviluppo logico-temporale delle attività, registrazione delle conversazioni collettive per raccogliere le osservazioni, le domande, i dubbi e gli interrogativi rimasti aperti.

Attraverso la documentazione realizzata si ripercorre il cammino riguardando tutto il materiale prodotto con l'intenzione di far memoria dell'esperienza per capire cosa si è imparato. Mettendo in ordine i nessi tra le cose e le informazioni essenziali gli studenti si scoprono capaci di riconoscerle anche in contesti differenti da quello specifico di apprendimento.

In accordo con la strategia educativa proposta da C. Pontecorvo¹⁴, le attività progettate per essere svolte con la metodologia laboratoriale dovrebbero:

- sollecitare un'*esperienza diretta*, in cui 'far fare' qualcosa agli studenti;
- richiedere qualche forma di *rappresentazione*, come attività nei sistemi simbolici;
- promuovere la *rielaborazione cognitiva* attraverso l'interazione verbale.

La didattica delle scienze nella scuola primaria

Per quanto riguarda la scuola primaria particolare attenzione va posta nella scelta degli argomenti, che dovrebbero essere il più possibile trasversali tra le varie discipline scientifiche e tali da permettere facili collegamenti con le

¹⁴ C. Pontecorvo (a cura di), *Un curriculum per la continuità educativa dai quattro agli otto anni*, La Nuova Italia, Firenze, 1988.

materie umanistiche. Inoltre, le attività di laboratorio devono essere coinvolgenti e presentate sotto forma di gioco, aspetto che non va sottovalutato perché il gioco fa parte del naturale approccio dei bambini con la realtà ed è origine di intuizioni preziose e ragionevoli per il prosieguo dell'apprendimento: *"Il gioco, sia quello individuale sia quello sociale, è un'attività d'interazione flessibile che si modella in base alle esperienze, esperienze che il soggetto fa sia interagendo con il mondo fisico sia relazionandosi con i propri partner nel gioco. Nel gioco il bambino utilizza e crea dei modelli di oggetti e situazioni reali e impara a distinguere tra realtà e sua rappresentazione. (...) Nel gioco l'esplorazione della realtà e delle dinamiche relazionali si sviluppano in maniera contestuale e l'una favorisce l'altra"*¹⁵.

Le attività di tipo ludico-esplorativo rappresentano l'inizio di una conoscenza scientifica che potrà poi passare a forme più strutturate. Ovviamente, anche nella scuola primaria sarebbe opportuno possedere un laboratorio di educazione scientifica come spazio distinto dall'aula e attrezzato con strumenti per la ricerca e le attività sperimentali, perché è importante che i bambini abbiano ben chiaro il momento in cui 'si fa laboratorio', così da identificare situazione, ambiente e modalità. Questa è la fase del lavoro in cui si eseguono esperimenti, si costruiscono strumenti; è, quindi, un momento di costruzione di conoscenze, dove non vengono svolte verifiche. Nei casi in cui la scuola non disponga di un ambiente da adibire a laboratorio scientifico non è difficile allestire uno spazio all'interno dell'aula stessa dedicato allo scopo, attrezzandolo con 'materiali poveri' di uso quotidiano. Va ribadito che il laboratorio è soprattutto una scelta metodologica, che coinvolge attivamente insegnanti e studenti, la chiave di volta per passare dal ruolo di docente trasmettitore di conoscenze consolidate all'insegnante ricercatore, che progetta l'attività in funzione del processo educativo e formativo dei suoi allievi. Il laboratorio, quindi, dovrebbe costituire la normale attività didattico-educativa per raggiungere gli obiettivi delle discipline scientifiche con strumenti, modalità, tempi e spazi personalizzati, per assicurare cioè ad ogni studente il successo scolastico.

Per concludere, si vuole rispondere all'obiezione che si fa spesso, e cioè che il laboratorio didattico ha il grosso limite della dilatazione dei tempi, ricordando che, ad ogni livello di educazione scolastica e soprattutto nell'insegnamento delle Scienze, deve sempre e comunque essere privilegiata la qualità dell'apprendimento rispetto alla quantità dei contenuti trattati, l'acquisizione di competenze piuttosto che la trasmissione di conoscenze.

¹⁵ M. Venturi (a cura di), *Il laboratorio di Scienze*, Tecnodid, Napoli, 2006.

LA COSTRUZIONE DELLA CONOSCENZA IN AMBITO SCIENTIFICO

Marta Gagliardi

Docente di Fisica, Università degli Studi di Bologna

Il deficit di cultura scientifica

Corso di laurea in Scienze della formazione primaria (formazione iniziale dei futuri insegnanti della scuola dell'infanzia e della scuola primaria), compito scritto di Fisica. Più di uno studente scrive che "[in Italia] a mezzogiorno l'ombra del palo non si vede perché la luce del Sole arriva perpendicolare alla Terra". Eppure:

- 'basterebbe' aver osservato le ombre a mezzogiorno (che in Italia non scompaiono mai);
- 'basterebbe' saper immaginare che se il sole fosse allo zenit, per vederlo sarebbe necessario rovesciare la testa completamente all'indietro (cosa che nessuno ha mai dovuto fare);
- 'basterebbe' aver presente che ai Poli si alternano sei mesi di giorno e sei mesi di notte (tutti ricordano di averlo studiato) ... e ci si potrebbe rendere conto che è impossibile che a mezzogiorno la luce del Sole arrivi in ogni luogo in direzione verticale!

La risposta sbagliata è frutto di un'attività di studio che ha portato a 'frutti avvelenati'. Non si tratta infatti in questo caso di 'concezioni spontanee' errate. Non c'è nulla di spontaneo nella risposta, che affonda le sue radici in un'intera carriera scolastica (i temi coinvolti nell'esercizio fanno parte dei programmi scolastici dalle elementari alla scuola secondaria superiore)¹⁶. Come evitare che anni di studio delle materie scientifiche possano condurre a simili risultati? Non si tratta di chiedersi "di chi è la colpa" ed eventualmente gettare la croce addosso agli insegnanti, si tratta invece di capire quello che avviene, per poter decidere come intervenire per cambiarlo.

Si deve scavare dentro al significato e alle radici di quel 'basterebbe' (sembra così banale, a posteriori, dopo che qualcuno lo ha fatto notare...) e di quel 'dappertutto' (come ci si può essere dimenticati delle paroline 'all'Equatore'?¹⁷) per trovare le ragioni del fallimento di tanta parte dell'insegnamento scientifico in Italia¹⁸.

¹⁶ Ci sono state anche risposte nelle quali si descriveva l'ombra del palo "quando il Sole arriva a Nord", altre nelle quali il Sole veniva fatto sorgere a Ovest o nelle quali si precisava che "in Italia" sorge a Est.

¹⁷ Oppure, con più precisione, "fra i due Tropici, in giorni diversi a seconda della latitudine".

¹⁸ Come ampiamente messo in evidenza dai risultati dei test internazionali OCSE-PISA.

Nei paragrafi che seguono cercheremo appunto di mettere a nudo i punti critici dell'azione didattica sui quali si gioca la possibilità di riuscire ad attuare le potenzialità formative specifiche dell'insegnamento scientifico o viceversa di decretarne il fallimento.

Educare alla scienza

Comprendere la scienza è anzitutto saper ricostruire-ripercorrere mentalmente la rete delle interconnessioni fra le azioni, le percezioni, le rappresentazioni relative agli ambiti fenomenologici che vengono via via presi in considerazione nel processo di apprendimento scolastico.

Il processo storico di costruzione della conoscenza scientifica non è più inteso come progressiva e inarrestabile scoperta della 'realtà in sé' da parte di una mente considerata come suo potenziale 'specchio', ma come risultato di un'interazione cognitiva fra la mente e il mondo 'fuori di essa', inestricabilmente connotata dalle specifiche caratteristiche dei due sistemi interagenti.

La Scienza è un artefatto culturale che crea 'rappresentazioni' (concetti, leggi, teorie...) il più possibile generali e coerenti che siano in accordo con l'insieme dei fenomeni naturali (e degli artefatti tecnologici).

*"I concetti e le proposizioni acquistano 'significato', cioè 'contenuto', solo attraverso la loro connessione con le esperienze sensibili. (...) La verità contenuta in un sistema [di concetti] corrisponde alla certezza e alla completezza con cui è possibile coordinarlo con la totalità dell'esperienza"*¹⁹.

Questa visione della conoscenza scientifica ne mette in evidenza gli opposti caratteri di 'arbitrarietà' e di 'necessità'. L'arbitrarietà è connessa con la libera inventiva che caratterizza il pensiero umano, la necessità nasce dai vincoli che vengono posti dalla richiesta di aderenza fra 'rappresentazione' ed 'esperienza sensibile'.

"Questa connessione è puramente intuitiva, non è di natura logica", afferma Einstein in relazione all'atto mentale che porta alla costruzione dei concetti, delle leggi, delle teorie scientifiche, e prosegue definendo i limiti che la visione scientifica impone all'immaginazione: *"Ciò che distingue la vuota fantasia dalla 'verità' scientifica è il grado di certezza con cui questa connessione, cioè questa associazione intuitiva, può essere compiuta, e null'altro"*²⁰.

Educare alla scienza, in questa prospettiva, non è più tanto insegnare alle nuove generazioni verità che sono già state scoperte, quanto introdurre al

¹⁹ A. Einstein, *Autobiografia scientifica*, trad. it. di A. Gamba, Boringhieri, Torino, 1979.

²⁰ *Op. cit.*

gioco fra pensiero e azione che costituisce lo strumento di costruzione della conoscenza scientifica.

“A volte si vede nella scuola semplicemente lo strumento per tramandare una certa quantità massima di conoscenza alla generazione che sta formandosi. Ma questo non è esatto. La conoscenza è cosa morta; la scuola, invece, serve a vivere. (...) L’obiettivo deve essere l’educazione di individui che agiscano e pensino indipendentemente. (...) Il più importante metodo di educazione, di conseguenza, è sempre stato quello dal quale l’allievo veniva spinto ad agire realmente”²¹.

Educare al pensiero

Una prima ineludibile caratteristica di un’educazione scientifica nel senso descritto è lo sviluppo del senso critico. L’accettazione acritica di ‘verità’ trasmesse dall’autorità (insegnante, libro di testo, esperti, ‘media’, ecc.) si traduce in quello sterile nozionismo che è il primo mortale nemico di un apprendimento scientifico che abbia valore autenticamente culturale. L’allievo deve invece essere posto nelle condizioni di poter valutare la rispondenza fra fatti oggetto di indagine e loro rappresentazioni, vuoi liberamente costruite attraverso un uso autonomo della propria immaginazione, vuoi proposte da altri (a partire dai compagni di classe).

“L’immaginazione è più importante della conoscenza. (...) La conoscenza è limitata, l’immaginazione abbraccia il mondo”²². Affinché ‘l’immaginazione’ scientifica che ‘abbraccia il mondo’ non sia assimilata con la ‘vuota fantasia’, si deve anche evitare di incorrere nel secondo mortale nemico di un apprendimento scientifico significativo, non di rado presente nei primi livelli di scolarità: l’inconcludente attivismo che lascia ‘briglia sciolta’ all’agire e al pensare degli allievi, seducendo l’insegnante con le sirene della ‘motivazione spontanea’.

In definitiva, educare alla scienza significa educare all’autonomia di pensiero e conseguentemente di decisione, alla consapevolezza del grado di affidabilità/incertezza delle proprie conoscenze, all’assunzione delle responsabilità connesse con le proprie scelte. Tanto è richiesto dall’attuale ‘società della conoscenza’²³, tanto deve essere tenuto presente dall’insegnante fin dai primi anni di scuola, in un’ottica di formazione progressiva della persona-allievo che non esaurisce il concetto di verticalità dell’insegnamento nello sviluppo dei contenuti disciplinari. Ma... cosa/come fare?

²¹ A. Einstein, *Pensieri degli anni difficili*, Bollati Boringhieri, Torino, 1965.

²² A. Einstein, *op cit.*

²³ Memorandum sull’istruzione e la formazione permanente, CEE, Bruxelles, 30.10.2000, §3.1. *Le società della conoscenza: la sfida del cambiamento.*

Libertà e vincoli del 'gioco' cognitivo

Cosa sappiamo di come opera la mente nella costruzione di conoscenza?

Abbiamo già detto che il sistema cognitivo di ogni umano è inestricabilmente intessuto di: 'percezioni' (di oggetti, di eventi, di se stessi, degli altri); 'azioni' (sugli oggetti, sugli eventi, su se stessi, sugli altri); 'rappresentazioni' (degli oggetti, degli eventi, di se stessi, degli altri) che nel corso della vita si sviluppano influenzandosi reciprocamente.

Piaget e Vygotsky sono stati i primi a prendere in considerazione le caratteristiche psicologiche del processo di sviluppo cognitivo umano, condizionate rispettivamente dall'interazione del singolo con la realtà fattuale ('psicogenesi' della mente) o con gli altri individui ('sociogenesi' della mente). La psicologia cognitiva continua a svilupparsi su queste radici, dopo aver superato un atteggiamento di contrapposizione frontale fra i sostenitori delle due teorie.

L'ambito dell'educazione scientifica può porsi sin dall'inizio della scolarità come luogo privilegiato nel quale esercitare e sviluppare in modo sinergico le due facce della dinamica cognitiva, poiché i fenomeni naturali e i manufatti tecnologici sono in larghissima parte disponibili ad un'*esplorazione ragionata* che si concretizzi nel *confronto socializzato* della rispondenza fra dati provenienti direttamente dai canali percettivi sensoriali e descrizioni/interpretazioni che possono esserne ricostruite dai diversi attori dell'azione in classe (allievi, insegnante, eventuali esperti). La continua specializzazione del gioco cognitivo lungo l'intero arco scolastico può essere garantita dalla permanenza della sua natura attraverso la vita del singolo e attraverso la storia.

Possiamo porre a confronto:

- opinioni di bambini di scuola dell'infanzia²⁴: *"Le cose non vanno dentro agli occhi, perché sono troppo grandi. Sono le palline che vanno fuori contro al muro e il muro dopo le rimanda indietro (...)"*; *"Perché sono gli occhi che si ricordano. Quando guardiamo una cosa, forse va dentro all'occhio una polverina che manda al cervello"*; *"Poi dentro all'occhio c'è una lampadina che fa luce e fa vedere"*;
- antiche teorie della Grecia classica²⁵: i '*raggi visivi*' che secondo Empedocle vengono emanati dall'occhio per esplorare lo spazio visivo e riportare le informazioni al cervello; le '*immagini*' che secondo Leucippo si staccano dalla superficie degli oggetti ed entrano nell'occhio; il '*puro fuoco*' che secondo Platone gli Dèi *"fecero scorrere attraverso gli occhi in un flusso morbido e denso"*;

²⁴ Le frasi sono tratte da: M. Arcà et al., *Esperienze di luce*, Petrini, Torino, 1989 e riguardano un progetto di educazione scientifica delle scuole comunali dell'infanzia di Modena.

²⁵ D. Park, *Natura e significato della luce*, McGraw-Hill, Milano, 2003.

- problemi attuali di ricerca sul processo della visione: *“Lo scopo della ricerca contemporanea è quindi di fornire un link tra il livello di osservazione fenomenologica e quello della sperimentazione neurofisiologica cercando di costituire modelli matematici della funzionalità della corteccia visiva”*²⁶.

In tutti e tre i casi è presente una ‘presa d’atto’ dell’esperienza sensibile, una ricerca di spiegazione nei termini di ipotesi su un possibile ‘meccanismo di collegamento’ fra il sistema percettivo umano e gli oggetti, un’esigenza di coerenza fra fatti e rappresentazioni (gli oggetti non possono entrare negli occhi, dice un bambino). I bambini condividono con gli antichi filosofi tre schemi basilari di spiegazione: uno che vede l’occhio come agente attivo che esplora lo spazio esterno al fine di procurarsi le informazioni visive, uno che lo vede come agente passivo che si limita a registrare le informazioni provenienti dall’esterno, l’ultimo che ipotizza una similitudine fra la natura delle sorgenti di luce (la lampadina, il fuoco) e la natura dell’organo visivo²⁷.

Le domande dei bambini come ‘motore’ della ricerca

I termini nei quali si pone il problema della visione (le domande di ricerca, i mezzi di indagine sperimentale, gli strumenti matematici a disposizione per la costruzione formale delle rappresentazioni) sono d’altronde oggi effettivamente lontani dalle concezioni e dagli strumenti a disposizione dei bambini e dei filosofi greci.

Ci si potrebbe chiedere che senso può avere lasciare che i bambini della scuola dell’infanzia discutano di problemi tanto complessi da risultare ancor oggi così aperti. Non siamo forse nel campo già deprecato di un attivismo inconcludente? La risposta può essere trovata solo prendendo in considerazione l’intero percorso didattico che ha preso le mosse dalle sei conversazioni di piccolo gruppo dalle quali sono state tratte le frasi sopra riportate, conversazioni originate dalla curiosità momentaneamente suscitata dal racconto che un allievo della sezione di 4-5 anni fa della visita oculistica cui è stato sottoposto. Il progetto di educazione scientifica della scuola prevedeva di lavorare sulla luce e le insegnanti sono state pronte ad approfittare dell’occasione per dare il via all’attività in classe, chiedendo ai bambini “che cos’è l’occhio e come funziona”.

²⁶ Stralcio dalla presentazione sul sito: www.dsc.unibo.it/DisciplineDellaComunicazione/Ricerca/ del progetto di ricerca interdisciplinare dell’Università di Bologna “Neuromatematica della cognizione visiva”, responsabile A. Sarti, 2005.

²⁷ Ci vorrà Keplero, nel XVII secolo, per sostituire al legame diretto occhio-oggetto l’azione sugli oggetti e sull’occhio della luce, trasformata da condizione necessaria al funzionamento del meccanismo della visione in protagonista del processo.

Oltre a soffermarsi sul problema del ‘meccanismo’ della visione, i bambini dicono molto altro, in particolare riportano conoscenze basate sull’esperienza personale. Affermano che *“Un uomo può vedere le cose (...) solo se non sono coperte dagli alberi”*; *“Le cose lontane non le posso vedere”*; *“Il babbo mi ha costruito un canocchiale, una volta, e succede che si vede lontanissimo”*; *“Quando una cosa è troppo piccola non si vede niente”*; *“Se qualcuno non vede la cosa piccola, bisogna che si pieghi per vederla; si può anche chinare con la testa in giù per guardarla”*; *“Non vedevo un bel niente, vedevo solo della nebbia”*; *“Neanche in fondo al mare puoi vederci”*²⁸.

Collegandosi a tali conoscenze prende il via un lavoro di esplorazione fenomenologica che inizialmente appare come lo strumento naturale per arrivare alla condivisione del sapere e si sviluppa seguendo nuove domande che nascono dal continuo allargamento dei contesti indagati (l’ambiente-classe in condizioni diverse di illuminazione; la produzione di ombre al Sole²⁹ o con sorgenti artificiali; l’uscita in cortile in una giornata di nebbia; l’uso di specchi per osservare le immagini riflesse ma anche per deviare la luce del proiettore e così via...). Il percorso complessivo³⁰ vede la costruzione di conoscenze sul comportamento della luce, sulla sua interazione con gli oggetti, sulle possibilità e i limiti della visione, oltre alla costruzione di competenze sul piano operativo e linguistico, e lascia nel contempo domande aperte e problemi irrisolti. Questa ‘non chiusura’, che in una prospettiva tradizionale potrebbe essere considerata un deprecabile difetto, è invece un punto di forza dell’educazione scientifica: si sa, si sa vedere, si sa dire, si sa fare molto di più che non all’inizio (il tempo non è stato sprecato) e l’avventura può ancora continuare.

Se la scienza non può pretendere di scoprire la ‘vera essenza’ della realtà, ma può solo (!) sforzarsi di immaginarne descrizioni via via più adeguate, perché a scuola si dovrebbero dare solo risposte che hanno la pretesa di apparire definitive?

Il confronto con i fatti e la metacognizione

L’insegnamento-apprendimento scolastico deve poter riprodurre la dinamica cognitiva che caratterizza lo sviluppo storico della conoscenza scientifica, non nel senso di doverne riprodurre la successione delle interpretazioni, ma nel senso di attivare un processo che ne condivida la natura. Devono cioè essere realizzate le condizioni affinché:

²⁸ Arcà *et al.*, cit.

²⁹ Questi bambini non avrebbero mai detto che *“A mezzogiorno non ci sono ombre”*!

³⁰ Arcà *et al.*, cit.

- attraverso un confronto socializzato dei modi di fare, di guardare, di comunicare e delle idee che caratterizzano i singoli attori nei riguardi dei fenomeni indagati;
- diventi possibile sviluppare strategie cognitive, abilità operative, strutture formali;
- che permettano la costruzione di un *sistema di rappresentazioni dei fenomeni naturali*;
- coordinabile *in grado crescente* per *'certezza e completezza'* con il mondo dell'esperienza sensibile.

A livello compatibile con conoscenze, abilità, competenze crescenti degli attori (i bambini delle sezioni di 4-5 anni, guidati dalle loro insegnanti) questo è quanto è stato fatto nel percorso accennato, lasciando da un lato ai bambini la *libertà* di concepire domande, esplorare fenomenologie, costruire risposte, ma richiamandoli dall'altro lato alla necessità di sottoporre *l'accettazione condivisa* di queste ultime a due tipi di *vincoli*: l'accordo con i fatti osservati e la coerenza complessiva nel rispetto della logica del ragionamento. Quando la costruzione delle risposte o il controllo del rispetto dei vincoli era fuori della portata degli allievi, le diverse proposte restavano opzioni aperte, che ciascuno poteva percorrere secondo le proprie preferenze, consapevole dell'impossibilità di arrivare a un'unica conclusione condivisa.

Con l'avanzare del livello scolastico, non cambia la natura del gioco, anche se aumentano la complessità e il livello di astrazione che ne caratterizzano gli elementi e le reciproche relazioni. Oltre al confronto diretto con i fatti per costruirne-discuterne-accettarne descrizioni-spiegazioni che diventano sempre più prossime a quelle disciplinari, può diventare oggetto esplicito di interpretazione e discussione anche il significato stesso della conoscenza scientifica e dell'attività cognitiva che ne è lo strumento di costruzione. Così, ad esempio, si situano sullo stesso piano metacognitivo i modi nei quali, al termine di un percorso sul movimento, bambini di 5^a elementare riescono ad esprimere la propria sensazione di avere a disposizione strumenti nuovi e più efficaci per leggere la realtà quotidiana³¹ e studenti di 4^a liceo scientifico rileggono i progressi compiuti nell'apprendimento della termodinamica³².

³¹ "Prima io cioè, non sapevo descrivere tanto il moto, ad esempio, c'era una macchina che passava, che non riuscivo a dire, per esempio a che velocità andava, così, dicevo è passata una macchina così e basta, è andata veloce o meno veloce, così"; "Non mi veniva in mente di misurare la distanza e di vedere quanto ci mettevo... per trovare poi la velocità. Era una cosa nuova, non ci avevo mai pensato. (...) Cioè anche la velocità, non ci avevo proprio molte idee"; "Non riuscivo a... con solo la distanza e con solo il tempo a sapere la velocità, perché non le sapevo ancora le formule per ritrovarle, allora dopo invece che le ho imparate, dopo

Nel primo caso gli allievi, che avevano seguito per la prima volta un percorso didattico di stampo costruttivista³³, entrano a livello personale in un processo di confronto fra conoscenza spontanea e conoscenza scientifica; nel secondo caso gli studenti, che si trovano già al quarto anno di studio della fisica, si addentrano negli aspetti caratterizzanti di una teoria fisica (dalla comprensione del linguaggio alla relazione fra realtà e modellizzazione)³⁴.

Il coraggio delle proprie idee

Il punto comune e particolarmente qualificante dal punto di vista didattico fra le due situazioni, così diverse rispetto al livello di approfondimento disciplinare, è la capacità (e la passione) di mettersi in gioco individualmente. È questa ‘appropriazione intellettuale’ che sancisce il valore autenticamente culturale e non meramente nozionistico delle conoscenze apprese.

Kant³⁵ parla della necessità “[del]l’uscita dell’uomo da uno stato di minorità, il quale è da imputare a lui stesso. Minorità è l’incapacità di servirsi del proprio intelletto senza la guida di un altro. Imputabile a se stessi è questa minorità se la causa di essa non dipende da difetto di intelligenza, ma dalla mancanza di decisione e del coraggio di servirsi del proprio intelletto senza essere guidati da altri”.

La scuola dovrebbe appunto essere la principale palestra nella quale gli insegnanti guidano gli allievi a sviluppare e mettere alla prova la *capacità di servirsi del proprio intelletto*, dando loro la possibilità di costruirsi in modo non avventato il *coraggio delle proprie idee* e di raggiungere, al termine dell’iter scolastico, l’autonomia di pensiero che può fare di ciascuno un cittadino con-

con solo due dati si riesce ad avere anche il terzo”, M. Gagliardi, N. Grimellini Tomasini, B. Pecori, *L’educazione scientifica: un percorso che parte da lontano*, in “La Fisica nella Scuola”, XXXII, 3, 1999.

³²“(La prima volta) non capivo neanche il linguaggio (...): dicevo ma che frasi sono? cioè io non mi ritrovavo (...) poi dopo sono rimasta molto colpita dal fatto che sono andata a rileggerle con una tranquillità che non mi aspettavo (...) mi sono stupita e dicevo ma come è possibile (...) in pochi mesi sono riuscita a comprendere delle cose che prima insomma mi sembrava arabo”; “(...) mi interessava, mi interessava il fatto legato all’irreversibilità e alla reversibilità dei fenomeni... dicevo che strano, i fenomeni sono irreversibili, c’è un prima e un dopo, però li considero reversibili e anche qui faccio un altro modello ideale, li considero attraverso delle altre trasformazioni cioè è una sorta di capovolgimento, sempre, nella fisica è quello che mi piace, cioè all’inizio non riuscivo a spiegarmi questa cosa... l’entropia l’ho trovato un po’ più complicata e poi ho capito anche quella”.

³³ Il percorso, oggetto di una tesi di laurea in Fisica (M. Mazzacan, Bologna, relatore N. Grimellini, co-relatori M. Gagliardi e B. Pecori, a.a. 1994-95), si è svolto per un totale di 36 ore.

³⁴ Da una sperimentazione svolta nella IVG del Liceo “A. Einstein”, Rimini (insegnante: P. Fantini), a.s. 2008-09. La sperimentazione è stata oggetto di due tesi di laurea in Fisica (M. Scaronigella, G. Tasquier, relatore O. Levirini; co-relatori B. Pecori, P. Fantini).

³⁵ Nel saggio del 1784, *Risposta alla domanda: che cos’è l’Illuminismo?*.

sapevole e responsabile. Ma cosa deve caratterizzare l'azione dell'insegnante affinché questo obiettivo formativo possa essere raggiunto?

L'azione di mediazione

Da quanto detto sopra, il percorso complessivo di apprendimento scientifico dovrebbe svolgersi in continuità lungo tutto l'arco scolastico, intrecciando lo sviluppo di aspetti formativi tipici dell'indagine scientifica (sul piano operativo, cognitivo e metacognitivo) con l'ampliamento e l'approfondimento delle conoscenze acquisite (sul piano informativo). Affinché ciò possa verificarsi, è necessario che l'insegnante sviluppi, in ogni specifico gruppo-classe, traiettorie didattiche³⁶ che – prendendo in esame insiemi di 'fatti' gerarchicamente ordinabili fra esperienza comune ed esperienze/esperimenti appositamente costruiti e via via più complessi – creino condizioni 'di risonanza'³⁷ tra le reti cognitive (pensieri, abilità, conoscenze, strumenti di rappresentazione...) di ciascun allievo e le reti di relazioni fra concetti che rappresentano la conoscenza disciplinare (reti di per sé percorribili in modi diversi).

Questa azione di mediazione didattica (nel senso originario di azione di sollecitazione che si situa nell'area prossimale' di Vygotsky³⁸, consentendo una progressiva acquisizione di competenze) richiede una programmazione di interventi mirati sui diversi piani che concorrono a caratterizzare la formazione scientifica:

- la comprensione delle caratteristiche e del significato dell'indagine sperimentale (preparazione, svolgimento, descrizione, interpretazione...). Dalle prime attività esplorative dei bambini della scuola dell'infanzia fino all'esecuzione degli esperimenti più delicati e complessi nel triennio della scuola secondaria superiore, l'intervento dell'insegnante non deve ridursi a un'azione di 'addestramento' attraverso istruzioni dettagliate sui particolari da osservare e/o sulle azioni da compiere. Va invece sollecitata l'iniziativa degli allievi a livello individuale, di gruppo e di classe, avendo cura nel contempo di esercitare un'azione di guida assicurando, suggerendo variazioni, aiutando ad e-

³⁶ J. Confrey, *The evolution of design studies as methodology*, in K. Sawyer (a cura di), *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, 2006. L'autore distingue fra il concetto di 'corridoio' (quadro complessivo degli aspetti fondamentali della ricostruzione didattica di un'area disciplinare, definiti a livello di ricerca) e il concetto di 'traiettoria' (percorso didattico realizzato dal singolo insegnante all'interno di un 'corridoio').

³⁷ In P. Guidoni, *A scuola per imparare a capire*, in F. Alfieri, M. Arcà, P. Guidoni (a cura di), *I modi di fare scienze*, Bollati Boringhieri, Torino, 2000 viene utilizzato il concetto di 'risonanza' per indicare aspetti essenziali del processo di insegnamento/apprendimento.

³⁸ L. Vygotskij, *Pensiero e linguaggio*, Laterza, Bari, 1975.

splicitare le idee, ricordando la necessità di coerenza logica, mettendo in guardia da generalizzazioni affrettate, richiamando-fornendo-facendo costruire *codici rappresentativi* (gestuali, grafici, linguistici, matematici) via via più elaborati per condividere quanto si osserva, si fa, si pensa, fino alla messa in forma condivisa degli esiti ottenuti (la *conoscenza* acquisita);

- la riflessione metacognitiva sia sul percorso personale di apprendimento (*metacognizione*), sia sulle somiglianze, differenze, connessioni fra le diverse forme di conoscenza (*metaconoscenza*), in particolare fra i modi di rapportarsi a se stessi, agli altri e al mondo naturale e tecnologico propri della conoscenza comune e quelli propri della conoscenza scientifica, ma anche fra questi ultimi e i modi che caratterizzano gli altri ambiti conoscitivi che si ha modo di incontrare nel corso della carriera scolastica. In particolare rientra propriamente nell'attività di riflessione metacognitiva la differenziazione graduale delle conoscenze acquisite, che per il bambino formano inizialmente un tutto unitario, nei diversi ambiti disciplinari e successivamente nelle singole discipline³⁹. È in questo modo che le abilità acquisite acquistano senso sul piano personale, traducendosi in competenza culturale;

- la strutturazione complessiva delle conoscenze e competenze via via acquisite. È necessario guidare gli allievi a ripercorrere il percorso fatto, riconsiderando le tappe che lo hanno marcato in un continuo gioco di *'scomposizione' dei fenomeni* per poterne modellizzare i diversi aspetti e di *giustapposizione delle modellizzazioni* per poter dare conto della complessità del reale. Diventa così possibile acquisire consapevolezza dell'insieme costruito dalle diverse articolazioni del sapere, nel suo carattere contemporaneamente di continuo sviluppo lungo itinerari separati e di continua ricomposizione nel quadro complessivo della cultura. A questo fine diventa caratteristica indispensabile per l'insegnamento scientifico il possesso, da parte dell'insegnante di ogni livello scolastico, sia di una *visione longitudinale* dell'intero percorso scolastico (senza la quale qualunque verticalità istituzionalmente imposta diventa inefficace), sia di una *visione trasversale* degli ambiti disciplinari, in quanto è dall'insieme di tali visioni che nasce la consapevolezza di dover/poter contribuire attraverso l'educazione scientifica allo sviluppo della *totalità della cultura* dell'individuo che cresce. Ma quali scelte curriculari possono rivelarsi le più adatte nella prospettiva delineata?

³⁹ Come rimarcato anche dalle denominazioni utilizzate nei documenti ministeriali, che, partendo dai 'campi di esperienza' della scuola dell'infanzia, arrivano a definire insegnamenti di singole discipline scientifiche solo a livello di scuola secondaria superiore.

Il problema del curriculum

Se decenni di ricerca nel campo della didattica delle discipline scientifiche hanno portato ad un alto livello di affidabilità le proposte culturali e pedagogiche, lo stesso non può dirsi per la definizione concreta dei curricula, sia nei suoi aspetti generali, sia in quelli operativi. Il problema ha le sue radici nella separazione che contraddistingue da un lato gli ambiti di preparazione disciplinare di ricercatori, insegnanti, esperti, dall'altro chi agisce nei diversi livelli di scolarità. Non si è ancora riusciti a 'parlarsi' a sufficienza e con sufficiente profondità e questo impedisce sia di arrivare a identificare *l'essenziale comune a tutti* al di là dello 'specifico' disciplinare di ciascuno, sia di arrivare a identificare tappe cognitive di carattere generale, culturalmente significative ed effettivamente percorribili, che possano connotare lo sviluppo dell'insegnamento scientifico lungo tutto l'arco scolastico. I risultati ottenuti nell'ambito di progetti di ricerca svolti a livello universitario o in attività di ricerca-azione svolte a livello scolastico, che indicano chiaramente vantaggi e fattibilità di un'educazione scientifica con caratteri di verticalità e trasversalità, sono finora comunque parziali rispetto ai temi di studio affrontati e/o rispetto ai livelli scolastici coinvolti.

Che la situazione sia questa è riscontrabile anche a livello istituzionale: alle rivendicazioni di principio presenti nelle 'parti generali' della documentazione ministeriale fanno sempre riscontro elenchi di contenuti suddivisi per area disciplinare, senza che vi si possa rintracciare alcun elemento né di verticalità né di trasversalità. Ma perché nell'ambito della ricerca didattica dovremmo pretendere di essere arrivati a mettere la parola 'fine'?

Come per ogni altro ambito della nostra conoscenza-cultura, anche questo resta sempre aperto. Si tratta di progettare il futuro, a partire da quanto si è conquistato fino ad oggi.

Parte II

Buone pratiche per lo sviluppo verticale del curricolo

LA CHIOCCIOLA

Emanuela Bianchi

Docente di scuola primaria

Presentazione

Il percorso tematico di durata annuale “La chiocciola” ha cercato di tener conto della *verticalità del curricolo* (alunni 5-8 anni), della *trasversalità delle discipline* e della *circolarità dei concetti e dei contenuti*, in relazione alla gradualità dello sviluppo dei processi mentali degli alunni. Questa regia, attraverso un’impostazione fenomenologico-operativa, ha reso tutti i bambini attori protagonisti attenti e tutti gli insegnanti registi e sceneggiatori.

L’obiettivo era quello di sviluppare la cultura scientifica fin dai primi anni di ‘scolarizzazione’ e, attraverso la *didattica laboratoriale*, incidere su schemi concettuali di *senso comune* per avvicinare gli alunni a schemi di *tipo scientifico* ispirandosi alla metodologia dell’educazione attiva. Curiosità, attenzione, scoperta sono solo alcune delle emozioni sollecitate da questo tipo di approccio, che punta la sua specificità sulla parola chiave *esperienza*, che diventa per i bambini un vero e proprio veicolo di apprendimento.

Le fasi del lavoro nelle sezioni-classi si sono articolate nel seguente modo:

- 1) ‘le basi di partenza’, ovvero raccolta e analisi delle pre-conoscenze e delle ‘misconcezioni’ degli alunni;
- 2) ‘il come’, ovvero strategie metodologiche e organizzative usate;
- 3) ‘il cosa’, ovvero la progettazione ‘vera e propria’;
- 4) ‘il cosa’, ovvero ‘cosa facciamo in pratica’;
- 5) ‘il cosa è cambiato’, ovvero modalità di verifica e valutazione.

Il materiale selezionato per questa pubblicazione vuole focalizzare l’attenzione su tre aspetti connotativi della professionalità docente: 1) l’ascolto delle ‘teorie’ dei bambini, ovvero come dalle domande dei bimbi sia possibile ‘fare scienza’ e co-costruire un processo di apprendimento; 2) il linguaggio; 3) la documentazione.

L'incipit

Alla fine dell'anno scolastico i bambini sanno che 'incombe' il tanto famigerato 'compito delle vacanze'; quest'anno abbiamo pensato di lasciarli liberi di raccogliere, fotografare, disegnare, scrivere di 'reperti vacanzieri' che avessero particolarmente colpito il loro 'occhio osservatore', tanto allenato durante la classe seconda con l'esperienza dell'allevamento del baco da seta. Il primo giorno di scuola siamo state sommerse da una molteplicità di materiali affascinanti che avrebbero potuto aprire mille piste di lavoro diverse, tutte egualmente significative, ma una ha colpito per gli intrecci curricolari, interdisciplinari in un'ottica verticale. La foto di Elena in cui erano 'catturate' delle bellissime chioccioline non poteva non essere valorizzata.

Passeggiata chiocciolesca (testo scritto da Elena)

Io e la mia famiglia in agosto eravamo in Alto Adige. Poiché pioveva siamo stati in casa a mangiare delle buonissime polpette di carne chiamate canederli. Quando ha smesso di piovere siamo andati a fare una passeggiata vicino a un torrente. Lungo il tragitto abbiamo visto dei bei sassi e incominciando a raccogliarli abbiamo trovato delle chioccioline. Stavano girando sul sentiero bagnato e in mezzo ai cespugli cercando foglie fresche da mangiare. Ce ne erano molte, forse facevano parte della stessa famiglia. Abbiamo scoperto che avevano paura di noi, quando le toccavamo si nascondevano nel guscio. Ci sono piaciute tanto che abbiamo deciso di fotografarle. Oggi quelle foto sono un bel ricordo di una divertente vacanza.

A titolo esemplificativo presentiamo alcune delle domande relative al 'mondo delle chioccioline', diverse a seconda dell'età dei bambini: alcune più 'ingenuie', altre più tecniche, più 'specialistiche', più sottili; nascono dallo stupore e dalla meraviglia, non ci sono 'domande proibite'.

<i>Scuola dell'infanzia</i>	<i>Scuola primaria</i>
Come parlano tra loro e cosa si dicono?	Come fanno a nascere? Perché si chiamano chioccioline?
Quando non le vediamo dove abitano?	Come fanno a fare le uova? Da dove nascono le uova?
Vorrei sapere se quando piove le chioccioline si bagnano	Come respirano e come si accoppiano per fare i figli?
Come le hanno fatte le chioccioline?	Vorrei sapere se pensano e se capiscono
Perché vanno così lente?	Come vivono? Come nascono? Come crescono?
Perché devono stare al bagnato?	Come fanno a comunicare?
Cosa bevono?	Come fanno a scavare la terra per andarci dentro?
Come fanno a stare attaccate al muro?	Da dove vengono? Hanno una loro storia?
Come fanno a parlare fra loro?	Vorrei sapere quando nascono le chioccioline piccole come fanno a stare sotto terra?

Fanno la pipì? Come?	Come fanno a camminare? A che velocità vanno? Quanti chilometri possono fare?
Da dove fanno la cacca?	Come vivono? Quante chioccioline ci sono nel mondo?
Perché fanno la cacca colorata di tanti colori?	Perché fanno la bava? Da dove viene la bava? Perché sono così appiccicose? Perché quando strisciano lasciano una scia?
Quanto durano?	Perché hanno il guscio di colore marrone e non di altri colori? Come fa il guscio da trasparente a diventare marroncino? A cosa serve il guscio? Di cosa è fatto? Perché hanno il guscio con la spirale? Perché quelle con il guscio si chiamano chioccioline e quelle senza lumache?
Come fanno ad uscire dal guscio, fanno fatica?	Quanto mangiano in un giorno? Mangiano i moscerini?
Come fanno a sbadigliare?	Perché hanno le antenne? A cosa servono le antenne? Come fanno ad allungare e ad accorciare le antenne?
Che giochi fanno?	Fino a che altezza si possono arrampicare? Vanno in letargo? Sono intelligenti? Possono andare in acqua?

Il percorso è anche rispettoso delle 'teorie' che i bimbi formulano davanti a un 'evento'.

Nella teca abbiamo trovato tante uova, cosa è successo?
Secondo i miei calcoli le uova sono uscite dal guscio. Secondo me escono dal corpo. Sono nate grazie alla madre. Secondo me le uova le hanno fatte perché si sono nutrite bene. Hanno fatto le uova sotto terra, spuntano da lì. Le uova sono nella pancia della lumaca e escono da lì. Hanno mangiato tanto e così hanno fatto tante uova. Secondo me le uova sono uscite dal guscio. Le uova escono dalla mamma. Ci pensano e così le fanno. Le uova sono uscite da sotto terra perché le chioccioline hanno mangiato e con il mangiare crescono e le fanno. Le fanno dopo tanto tempo quando le chioccioline sono diventate grandi. Sono state al caldo, hanno mangiato e così le uova sono uscite dalla mamma e dal babbo. Le uova sono fatte di acqua perché gli abbiamo dato da bere tanto. Dalla pancia come siamo nati noi. Pian piano le chioccioline hanno fatto il seme e dopo tanto tempo sono spuntate dalla terra.

Perché quest'anno abbiamo portato in classe le chioccioline?
Per studiarle, per conoscere meglio il loro habitat naturale, per fare un esperimento, per fare dei disegni, per fare un'esperienza nuova, per fare un nuovo lavoro, per imparare sul loro mondo, per conoscerle bene, per riconoscerle...

Come scriveva Gianni Rodari, ci sono ‘cose’ che i bambini sanno fare molto bene: le domande! E quelle che frullano nelle loro teste sono davvero tante, le ‘sparano a raffica’, come se la loro velocità volesse dimostrare che, come dice il Piccolo Principe, *“I grandi non capiscono mai niente da soli e i bambini si stancano a spiegargli tutto ogni volta”*. A volte le loro domande possono essere, per noi adulti, ‘troppo profonde’, anche ‘moleste’, perché i bambini sono insistenti nel porle, perché sono assetati di risposte, a volte sono imbarazzanti perché non sempre riusciamo a trovare le parole giuste per rispondere, mentre i bambini avrebbero bisogno di risposte mirate, precise, pertinenti. Vivo professionalmente le domande dei bimbi come ‘sfide’, come occasioni per entrare in un rapporto ‘speciale’ con loro, perché nel cercare il modo per rispondere in maniera chiara e convincente ‘mi metto in gioco’ e anche perché sono un’opportunità per crescere insieme a loro. Mettendomi in ascolto invio loro un messaggio fondamentale: *“Ti ascolto perché quello che mi chiedi o che dici per me è importante, mi prendo tempo per risponderti, tempo per te, tempo per noi”*.

Il linguaggio, ovvero Parole... parole... parole...

Un altro ‘punto forte’ del progetto è l’uso del linguaggio: spesso si pone il problema delle parole che noi insegnanti usiamo, nel comunicare con gli alunni. Questo problema si riscontra anche nell’utilizzo del sussidiario o di altri libri di scuola, in cui spesso il linguaggio scientifico è ridotto a un insieme di formule ed enunciati oppure è reso banale nel tentativo di risultare chiaro. Nel corso dell’esperienza abbiamo elaborato la *‘tasca delle parolone della Scienza’* nel tentativo di essere precisi nell’uso delle espressioni e dei termini. Questo perché sappiamo bene che quando formuliamo un ragionamento scientifico *occorre non essere fraintesi*, come facilmente accade. Nella realizzazione del percorso-progetto abbiamo cercato di:

- usare le parole con molta attenzione, consapevoli del loro significato;
- riflettere prima noi adulti, poi assieme ai bambini, per renderli consapevoli che alcuni termini vengono usati nella lingua comune con un senso diverso rispetto a quello che hanno nel linguaggio scientifico (pensiamo per esempio alle parole forza, spazio, tempo).

A questo scopo riteniamo utile analizzare *‘Parole di bimbi’* sul significato del termine *Spazio* o sul significato della parola *Phylum*, per vedere quali idee hanno i bambini sui due vocaboli e come dalle loro ‘teorie’ sia possibile condurli ad avere un’idea sempre più precisa, offrendo loro l’opportunità di creare una dissonanza cognitiva alla quale seguirà una riflessione individuale e cooperativa che, gradualmente, produrrà il cambiamento concettuale. Questo è un processo lento, in cui la dimensione *tempo* sfugge alla logica del ‘pro-

gramma da svolgere', ma è tutta a disposizione del bambino, per cui la sua dilatazione non è 'una perdita di tempo, bensì un investimento per il futuro'. I bambini della fascia d'età 5-9 anni non hanno gli strumenti per distinguere 'i discorsi scientifici da altri discorsi' perché stanno iniziando a strutturare il loro modo di pensare e di esprimersi. Se ci si pone in una logica di ascolto attraverso le loro parole, 'teorie' e riflessioni attive e personalizzate si scopre un complesso universo di esperienze, conoscenze, parole intrecciate e significativamente profonde. Ed è in questo contesto che come insegnante cerco di introdurre anche il passaggio da forme di conoscenza comune a forme di conoscenza 'scientifica'.

L'acquisizione del significato di nuove parole implica sempre un cambiamento del proprio modo di pensare la realtà che ci circonda, di cercare la spiegazione di certi fenomeni, di confrontarsi con altre modalità di accesso alla conoscenza. Impossessandosi cioè di nuovi vocaboli si inizia a cambiare il proprio modo di osservare/vedere/interpretare il mondo, avvicinandosi così sempre più al linguaggio scientifico condiviso.

Parole di bimbi: Phylum... secondo voi, cosa significa questa parola?

Vuol dire pila in latino. Goccia d'acqua. È una cosa che ha a che fare con dei fili. È il rumore del pennello in un foglio. Significa fluido. Significa batteria. È una pila che risparmia acqua e luce. Il filo del discorso. È una pila, un insieme di fogli. È il nome di un personaggio inventato. È sicuramente una parola di matematica o scienze. È il rumore di un uovo che si rompe. È la parola acqua o in francese o in spagnolo. Vuol dire diario in una lingua strana. Pilota, oppure piano oppure il nome di un re antichissimo. Vuol dire piuma, le lettere finali mi fanno pensare a questa parola. Significa voto? Peli oppure scrivere o qualcosa di molle. Significa classe.

Spazio è... (Lo spazio nelle ipotesi dei bambini)

Lo spazio è pieno di pianeti e stelle, non c'è aria e neanche forza di gravità, ti devi mettere la tuta spaziale, le bombole d'aria e andarci con un razzo. Lo spazio è dove ci sono i pianeti, dove vivono gli abitanti della Terra. Attorno a questi pianeti ci sono dei tondi grandi, sono marroni e nello spazio sopra il cielo ci sono delle stelle. Lo spazio è dove sei tu in libertà, non c'è niente attorno. Lo spazio è infinito, non puoi arrivare dopo lo spazio perché è infinito. Una distanza fra una cosa e un'altra; un infinito universo che non finisce mai. È essere tra due cose oppure lo spazio dell'Universo. Lo spazio è una grande cosa nera dove intorno ci sono le stelle che formano le costellazioni. Lo spazio è gigantesco. Nello spazio c'è sempre il buio perché è troppo grande ed il Sole lassù, sempre più su, non ce la fa a fare tanta luce. Spazio è ciò che mi separa da te.. Spazio è un posto che è molto grande ed è molto buio e molto freddo, in più non c'è nessuno, oppure lo spazio può essere lo spazio che c'è tra una parola e l'altra. Spazio è un tipo di nulla blu scurissimo dove in mezzo se ci vai vedi dei puntini che sono o pianeti oppure stelle. Se vai troppo lento di giorno ti scotti perché c'è il Sole, invece di notte ti geli. Spazio è il posto dove non c'è la realtà virtuale e dove ci sono i satelliti. Secondo me lo spazio è l'ambiente che ci sta attorno. Anche nell'aria c'è uno spazio. Spazio è un ambiente chiuso o dove navigano le navicelle. Lo spazio è un posto con pochissimi oggetti, bello ordinato e pulito, lucidato con una bella sciacquata.

La documentazione

Per concludere vorrei riflettere su un altro aspetto fondamentale del progetto, la *documentazione*, cioè una ‘scelta metodologica’, una strategia didattica attraverso la quale la scuola parla di sé, si lascia leggere (all’interno e all’esterno). Credo profondamente in questo, perciò, assieme alle colleghe coinvolte abbiamo dedicato molta cura nel documentare passo dopo passo ‘il nostro viaggio’. Conversazioni, foto, disegni, manufatti, ‘produzioni artistiche’ sono frammenti che orientano il lettore, che cercano di catturarlo e di ‘conquistarlo’, chiavi di lettura che aprono ‘letture e interpretazioni altre’, che permettono soste e nuove partenze, che lasciano tracce che possono essere utilizzate da altri viaggiatori, che arricchiscono, che gratificano, che si offrono alla discussione e allo scambio.

Infatti il lavoro di documentazione non è rivolto solo ai bambini, per i quali è fondamentale conservare nella memoria le esperienze vissute per ripercorrerne le tracce, e non è rivolto solo agli insegnanti coinvolti nel progetto per verificare l’efficacia del lavoro di progettazione, ma la documentazione è realizzata in modo da potersi aprire alla curiosità dei genitori e di altri insegnanti. Solo in questo modo la documentazione diventa risorsa comune, informazione e sapere collettivo, confronto su esperienze concrete, riflessione comune e ‘buona pratica’, valorizzazione del patrimonio di esperienze e costituisce un valore aggiunto per la professionalità docente.

La chiocciola (Scuola dell’infanzia e primo triennio della scuola primaria)

Finalità: co-costruire *rispetto* dell’ambiente in tutte le sue forme di vita e acquisizione di una ‘*mentalità ecologica*’, ‘*l’andare oltre*’ capendo, attraverso piccole scoperte e/o incursioni nella ‘cultura’, che ‘le cose schifose’ prodotte dagli animali hanno spesso una loro utilità anche per ‘gli umani’.

<i>Criteri, elementi ritenuti significativi</i>	<i>Specificità nell’esperienza proposta</i>
Criterio importante è la scelta di argomenti che avvicinino i bambini all’osservazione mediante un approccio qualitativo ai fenomeni indagati che faccia riferimento costante all’esperienza concreta. Altro criterio importante è la documentazione dell’esperienza per monitorare il processo di apprendimento/insegnamento. Possono essere elementi significativi nell’approccio indicato:	Andiamo a osservare le chioccioline nel giardino della scuola o utilizziamo passeggiate con i genitori per trovare alcuni esemplari. “Come sono? Sono tutte uguali tra di loro? Quali sono le differenze?” (<i>colore e forma dei gusci, dimensioni</i>). “Cosa fanno le chioccioline?” (<i>anche esse mangiano, si muovono, fanno la caccia come noi</i>). “Se le portiamo in classe per osservarle meglio, come possiamo fare?” (<i>costruzione di un ambiente adatto, con terra, con acqua</i>).

<ul style="list-style-type: none"> • <i>raccolta di domande</i> nate dalle curiosità; • <i>esplorazione/osservazione di ambienti vicini</i> in cui raccogliere materiali; • <i>uso di termini specifici</i> e analisi del loro significato etimologico; • <i>prime classificazioni</i>, eseguite in accordo con criteri orientati da punti di vista espliciti, proposti dai bambini. <p><i>L'insegnante ha facilitato il percorso:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ponendo domande che orientino l'osservazione, per esempio di differenze e/o somiglianze; • creando contesti di discussione collettiva; • indagando 'scoperte' che creino analogie con 'il proprio vivere'; • sollecitando la rappresentazione grafica, pittorica, plastica spontanea, individuale e di piccolo gruppo e guidando alla costruzione di criteri condivisi; • ponendo domande che estendano l'ambito di indagine, creando nuovi centri di interesse; • invitando alla creazione di ambienti appositi per poter fare osservazioni e al confronto con altri tipi di animaletti; • costruendo strutture anche cartacee che permettano ai bambini di 'rivisitare' individualmente e a distanza di tempo gli argomenti affrontati. 	<p>Disegno delle chioccioline ('naturalistico', 'artistico', 'schematico').</p> <p>Osservazione dettagliata di tutte le parti della chiocciolina (<i>parte dura: il guscio, parte molle: il piede; antenne, buchi...</i>).</p> <p>"Cosa dobbiamo dar loro da mangiare, come si nutrono?" (<i>lattuga, terra, biscotti, frutta...</i>).</p> <p>"Cosa succede nell'ambiente da noi costruito?" (<i>nascono i piccoli, una chiocciolina muore</i>).</p> <p>Costruzione di <i>carte di identità delle chioccioline</i>, piccoli volumetti colorati che permettano la sintesi di tutte le caratteristiche evidenziate.</p> <p>Comprendere che la morfologia della chiocciolina ha una sua precisa specificità: un guscio duro per difendersi (dai predatori, dai cambiamenti stagionali, dai mutamenti di temperatura-umidità), un corpo molle e 'bagnato' per poter salire dappertutto.</p> <p><i>Manipol-azioni</i> ovvero 'sentire' sulla propria pelle, con le proprie mani le sensazioni prodotte dal <i>con/tatto</i> con la bava e scoprire che ciò che a volte può 'farci schifo' in realtà può anche essere molto utile, persino all'uomo!</p> <p>Approccio all'Arte, ovvero piccole incursioni nel <i>mondo dell'Arte</i>: realizziamo i nostri capolavori <i>alla maniera di Matisse, Picasso, Mirò</i>; passiamo dal <i>bidimensionale</i> al <i>tridimensionale</i> (con la creta, con farina e acqua, con il pongo).</p> <p>Leggiamo storie 'a tema', <i>inventiamo filastrocche e piccoli racconti, rime, facciamo giochi di parole e vediamo i modi di dire</i>.</p> <p><i>Attività di tutoraggio con gli alunni della scuola elementare (classe 3^a).</i></p>
--	---

LA CASA DEI LOMBRICHI

Manuela Nerbano

Docente di scuola primaria

Problematizzazione

Questa esperienza nasce grazie all'opportunità che ci viene data dalle attività di coltivazione di piante aromatiche e ortaggi nell'orto predisposto nel cortile della scuola. È un'opportunità che permette ai bambini di manipolare, scavare, seminare, raccogliere, organizzare, osservare... e scavando, spesso si trovano i lombrichi: *Se li lasciamo andare se ne tornano sotto terra! Possiamo tenerli? Possiamo allevarli? Possiamo guardarli meglio?*

All'unanimità, con entusiasmo, si decide di raccoglierne il più possibile (anche se i bambini non 'osano' toccarli); qualcuno, di sua iniziativa, fa scorta di terra e li portiamo in laboratorio scientifico, dove cominciamo a cercare dei contenitori piuttosto capienti: un piatto, una vaschetta, un barattolo. *Ma così moriranno! Dobbiamo dar loro da mangiare! Se si nascondono sotto terra come potremo guardarli bene? Ci vuole una casa, una casa vera, non come la nostra.*

La progettualità

La decisione è presa: ognuno progetterà un terrario, ma ricordiamoci che noi vogliamo vedere cosa i lombrichi fanno a casa loro. Il coinvolgimento dei ragazzi, che sono protagonisti attivi nella progettazione di un ambiente apposito, è un elemento forte del percorso presentato.

Alcuni esempi

Prendiamo una specie di scatola di plastica, della terra, foglie che stanno marcendo, un po' d'erba e dei lombrichi. Mi servono anche dei merli per il castello; delle bandierine allegre per farli divertire e un fossato con della melma verde, così se si avvicina la talpa per mangiare i lombrichi rimane imprigionata. (Davide G.)

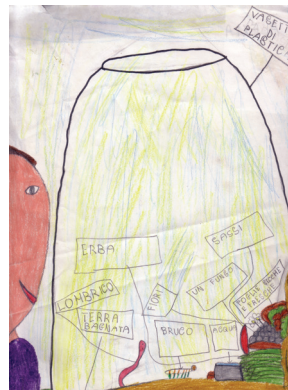


Ci serve del vetro per fare la scatola. Ci mettiamo della terra. Ci mettiamo una bottiglia con l'acqua, che è attaccata a dei tubi: qui passa l'acqua che arriva a degli innaffiatori e bagnano la terra, così i lombrichi escono

e noi li possiamo osservare. Per dargli da mangiare c'è un altro tubo che rilascia terra con foglie marce e rametti. (Mattia)

Bisogna che prendiamo un vaso bello grande per farci stare tutti i lombrichi, perché nell'orto ce ne sono tanti e ognuno può metterci il suo e dargli anche un nome. Il vaso deve essere di vetro o di plastica trasparente, così possiamo vedere bene cosa fanno i lombrichi.

Ci mettiamo della terra bagnata, perché loro sono mollicci e così non si seccano; delle foglie sia marce che fresche e qualche fungo, perché non ho capito bene quali preferiscono; anche qualche bruchetto per tenergli compagnia. (Alexia)



La realizzazione

Dopo una seria analisi dei progetti che vengono presentati, si vota e si affida la realizzazione del terrario al nonno di Nicolas, che si presta con entusiasmo a darci una mano.

L'osservazione

Decidiamo che intanto possiamo iniziare ad osservare bene i lombrichi, perché vogliamo sapere come sono fatti. Come ci organizziamo? Ci muniamo di lenti d'ingrandimento e di piatti. Riversiamo la terra della bacinella sul tavolo e ogni bambino si sceglie uno o due campioni da tenere sul proprio piatto. Il momento è veramente emozionante! Anche i più indecisi si lasciano prendere dall'entusiasmo e... *mettono le mani in pasta.*



La registrazione dei dati dell'osservazione

Ogni bambino, dotato di lente d'ingrandimento, ha davanti a sé un piatto dove vengono messi i lombrichi. Dopo una prima fase di osservazione libera, l'insegnante chiede a ognuno di descriverli su una scheda, sia con il disegno che con parole.

Le ipotesi: il terrario è pronto

Naturalmente ci mettiamo la terra dell'orto, intervallata da qualche strato di sabbia, perché qualcuno ha detto che nell'orto c'è: lui l'ha vista.

"Bisognerà metterci qualche foglia grande, così la useranno come lettino". "No, no! Nell'orto non ci sono alberi di mele, è meglio l'erba o qualche ravanella". "Ma se stanno sotto terra mangeranno le radici e si scavano una stanzetta". "Che cosa diamo

loro da mangiare?”. *“La buccia delle mele che ci danno alla mensa”. “Io ho visto che quando abbiamo rovesciato la terra sul tavolo, era piena di pezzettini di rametti e foglioline un po’ marci, forse a loro piacciono così”.*

Decidiamo di allestire due terrari e di mettere sulla superficie della terra campioni di ogni cosa che è stata elencata per vedere cosa succede. Non possiamo mettere troppi ‘inquilini’... *altrimenti non c’è spazio per tutti.* Decidiamo di inserirne dieci per ogni terrario. I bambini sentono di essere già affezionati, perché vogliono assegnare a ognuno di loro un nome.

“Forse dovremmo mettere una ciotolina con l’acqua, dovranno pur bere!”. “Ma no! Loro bevono quando piove! Non vedi gli uccellini che vanno a bere nelle pozzanghere?”. “Io dico che gli basta avere un po’ la terra bagnata, è lì che li abbiamo trovati, no?”. “Ma se si nascondono come facciamo a vedere dove sono e cosa fanno?”

“Ok bambini! Li copriremo, al buio verranno vicino alla parete del terrario, ci occuperemo di mantenere l’acqua e di controllare che non rimangano senza cibo”.

L’organizzazione

Vengono assegnati, a turno, i compiti di gestione e manutenzione della casa dei lombrichi, che viene collocata in classe, e la prima operazione del mattino è quella di scoprire il terrario e guardare cosa è successo.

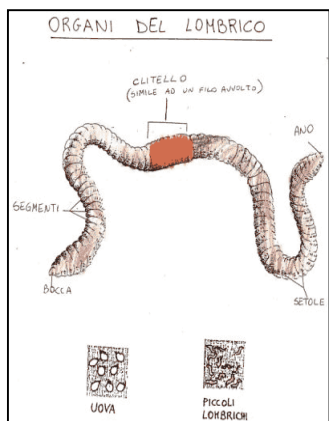
L’osservazione

I bambini descrivono sistematicamente i cambiamenti che avvengono, usando sempre i due linguaggi: iconico e verbale. Scoprono che i lombrichi: si spostano in continuazione, al loro passaggio lasciano la terra smossa e numerose gallerie, rifiutano la luce, sono animali ‘asociali’ (in un’indagine successiva rifletteranno sul comportamento sociale delle api), hanno fatto dei figli: ci sono dei nuovi individui, *sottili come un filo, fanno le uova: sembrano piccolissimi acini di uva, giallognoli e un po’ trasparenti.*

La morfologia

In momenti successivi, e sempre con entusiasmo, si analizzano le parti del corpo per rispondere alle numerose domande e per capirne le funzioni. Esempio: *“Come si fa a capire qual è la testa se non ha il collo? Basta guardare la parte che solleva e la direzione di movimento”. “Perché non ha gli occhi? Ma a cosa gli servono se se ne sta sempre al buio sotto terra”. “Non ha le orecchie, ma allora è sordo? Se lo tocchi in tutto il corpo si ritrae e se produci vibrazioni vicino a lui si contorce, allora sente, ma non come noi”.*

Le sollecitazioni sono veramente numerose. Si rimanda all’anno successivo il confronto con altri animali per arrivare al concetto di classificazione.



L'osservazione diretta dei bambini fa emergere una serie di domande: *"Cos'è quel rigonfiamento al centro del corpo? A cosa serve? Chi fa i figli? Perché la cacca che vediamo è un cubetto di terra?"*, domande che costituiscono una base per fare ipotesi, raccogliere informazioni che tentino di dare una risposta scientificamente corretta. A questo punto possono essere utilizzate, assieme ad altre fonti di informazione, le schede scientifiche predisposte dall'insegnante che indicano con la terminologia appropriata morfologia, funzioni degli organi e ruolo dell'individuo all'interno del suo compartimento ambientale.

La fantacognizione e la valutazione

L'insegnante utilizza la fantasia dei bambini per rafforzare e verificare le conoscenze scientifiche attraverso la narrazione (di seguito un esempio).

La talpa golosa

C'era una volta un lombrico di nome Gigetto; era un giovinello che voleva mettersi la cravatta, ma non poteva perché non aveva il collo, allora si metteva sempre il cappello. Viveva sotto terra e scavava gallerie per andare a gironzolare. Un giorno sente vibrare la terra: sta arrivando la sua nemica, la talpa Robertina. Si affretta come può, allungando ripetutamente i suoi anelli, per risalire sopra la terra e nascondersi fra l'erba. Si guarda in giro in cerca di aiuto e vede arrivare un bambino di nome Luigino: "La talpa Robertina mi vuole mangiare, aiutami!" Luigino lo prende e lo porta a casa sua. Gli prepara un bel lombricaio e da quel giorno vivono felici e contenti.

Conclusione

Il nostro piccolo viaggio di scoperta si conclude quando, vicini a giorni di vacanza, i bambini stessi decidono che è ora di riportare i nostri ospiti nel loro ambiente reale. Con un simpatico rito svuotiamo i terrari nell'orto con tutti i lombrichi e la loro numerosa prole.

La casa dei lombrichi (Scuola primaria, classi prima e seconda)

Criteri, elementi ritenuti significativi	Specificità nell'esperienza proposta
In questa fase del percorso verticale si vuole rafforzare la capacità di un'osservazione mirata di un fenomeno, in modo che da questa nascano quesiti. Starà all'insegnante sollecitare percorsi di significato. Si predispongono e utilizzano spazi attrezzati, e quindi stimolanti, nella struttura scola-	<i>Fattore motivante:</i> scoperta dei lombrichi nell'orto della scuola. <i>Nasce un problema-bisogno (domande stimolo):</i> come poterli osservare a lungo senza danneggiarli? <i>Raccolta informazioni disponibili:</i> di cosa hanno bisogno i lombrichi per vivere?

stica (orto, laboratorio scientifico...) o si usufruisce di quelli che offre il territorio. Alle domande i bambini cercano di *dare risposte* con strategie creative: osservazione di comportamenti, reazioni a stimoli; raccolta e lettura di dati inerenti al tema trattato.

Riconoscere *le caratteristiche morfologiche* di un vivente animale ci porta a porre le basi per una *classificazione*, non più arbitraria, ma secondo criteri condivisi (classe terza).

Quale animale scegliere? Deve essere 'veramente' e 'direttamente' osservabile (lo posso toccare, lo posso annusare...) perché l'esperienza diventi stimolante e perché dia l'opportunità di raggiungere gli obiettivi cognitivi utili ad una costruzione *verticale* delle conoscenze (prerequisiti).

Creazione di un *habitat artificiale* che permetta un'osservazione sistematica (il lombricaio).

Costruzione del concetto di habitat attraverso la ricerca e individuazione delle necessità per la sopravvivenza.

Strategie indispensabili sono:

- *conversazione*: per ricognizione delle conoscenze, per formulazione di ipotesi, per rielaborazione dei dati osservati, per arricchimento del lessico;

- *disegno*: per integrare le capacità espressive e raffinare la capacità di analisi.

La *registrazione* delle esperienze con disegni, foto, scritti diventa *memoria* individuale e collettiva, che si arricchisce e farà parte del *patrimonio culturale*.

Obiettivi: fare delle scelte, raccordarsi con il gruppo, assumersi delle responsabilità e far crescere il senso di appartenenza, cogliere un rapporto interattivo fra le discipline in una visione globale della realtà.

Dall'osservazione diretta si pongono le basi per il *concetto di sistema*, dove ogni individuo, ogni oggetto ha una sua *funzione*, anche se è piccolo, 'brutto' e all'apparenza così insignificante.

Si scopre un *rapporto di predazione*: il lombrico mangia, il lombrico viene mangiato da..., si dà l'opportunità di riflettere su *concetti spazio-temporali* (prima/dopo...).

Osserviamo l'ambiente in cui li abbiamo trovati e individuiamone gli elementi utili. La terra è secca o umida? Luce o buio? Si nutrono di foglie (secche o fresche?) O forse mangiano radici?

Formulazione di ipotesi/soluzioni: vengono formulate le più svariate ipotesi e si sceglie di progettare una 'casa' adatta a loro.

Il progetto è individuale: consiste in un disegno, corredato da una presentazione/descrizione orale e scritta ai compagni per spiegarne la funzionalità.

Criteri per ogni progetto:

1. la casa deve essere 'vivibile' per i lombrichi;
2. la casa deve permettere, dall'esterno, di 'osservare' come si comportano i lombrichi.

Le scelte: si selezionano i progetti secondo criteri stabiliti: *quale progetto offre le condizioni migliori? quale casa ipotizzata può veramente essere realizzata?* Si vota.

Operatività: costruzione del terrario.

Osservazione diretta supportata da strumenti: lente d'ingrandimento, o schede con domande guida (*da che parte è la testa se non c'è il collo? come fa a camminare se non ha le zampe? perché è sempre così molliccio e appiccicoso? troviamo piccoli lombrichi appena nati, nascono già vivi o il lombrico fa le uova?*).

Registrazione delle osservazioni periodiche che fanno nascere nuovi quesiti: *perché se ne stanno sempre per conto loro, non si fanno una famiglia? Eppure ci sono i lombrichini appena nati, non stanno con la mamma? Come si fa a riconoscere la mamma se sono tutti uguali?*

Fantacognizione A piccoli gruppi i bambini inventano storie, dove la fantasia pone le sue basi su riferimenti *scientifici*, desunti dall'osservazione.

Lettura collettiva e scelta per il giornale scolastico.

MUFFE E DINTORNI

Cristina Tioli

Docente di scuola primaria

Il percorso intrapreso con la classe si è sviluppato per rispondere ad alcune domande, sorte quasi subito nella discussione di apertura, domande che richiedono approfondimento e ricerca didattica: *perché esplorare il mondo dei viventi alla ricerca dell'infinita varietà delle sue forme (che disordine!)? A cosa serve conoscere i viventi più nascosti e diversi da noi? Tutti i viventi nascono da altri simili a loro? Cos'è il cibo e in quali diversi modi i viventi se lo procurano? Che differenza c'è tra un essere vivente vivo e uno morto? E tra un essere vivente morto e un essere non vivente? Perché classificare in biologia? A cosa serve? Quali criteri usare?* Il tipo di risposte ottenute, commisurato al livello di ragazzi di quarta elementare, ha consentito di sperimentare lo spirito della ricerca, di collaborare in gruppo, di cambiare punti di vista e discutere, di ottenere nuove conoscenze, di condividere idee e progetti di lavoro e costruire insieme un piccolo sapere.

Analisi di stralci della discussione iniziale

Il percorso è nato da una situazione occasionale: i 'sughi' d'uva portati da un compagno, lasciati in classe, avevano fatto la muffa. La cosa ha incuriosito gli alunni; l'insegnante ha proposto una discussione collettiva per indagare sulle pre-conoscenze e i preconetti dei bambini. La discussione è stata elaborata dall'insegnante, che ne ha messo in luce i punti salienti e le parti costitutive, riconsegnata e rivista insieme (quest'opportunità si è sempre rivelata di notevole impatto ai fini delle concettualizzazioni), per poi raccogliere le idee personali degli alunni (a cui è stata chiesta una verbalizzazione scritta individuale) e per individuare gli ambiti di problematizzazione.

<i>Apertura della discussione</i>	<i>Ins.: cosa pensate sia successo ai sughi di Marianna?</i>
<i>Diverse visioni dei bambini:</i>	Molti: Ci è venuta la muffa.
<i>venuta da dove?</i>	Qualcuno: hanno fatto la muffa.
<i>Le cose costruiscono la muffa?</i>	<i>Ins.: E cosa pensate che sia questa muffa?</i>
<i>Focalizzazione</i>	La muffa è la varicella dei sughi. A me sembra muffa. Una cosa se te la lasci aperta fa la muffa. Quando la lasci lì troppo. La muffa è una malattia. La muffa è una cosa che si forma quando la roba marcisce. Marcisce la roba che resta lì molto tempo. Nella muffa ci fanno le uova i moscerini. La muffa è una polvere, sembra quasi una schiuma e appare dal nulla.
<i>Muffa come malattia, cose aperte che marciscono.</i>	Nella frutta attorno all'albero non viene, quando la stacchi può venire. È come dei brufoli che si formano sulla pelle, sono brufoli. La muffa viene con l'umidità, sono dei funghi che crescono. Non viene alla gente,
<i>Domande stimolo</i>	

<p>Come si presenta? Viene dal nulla? Solo la roba morta?</p> <p><i>Rilancio dalla discussione</i></p> <p>Ruolo dell'umidità e del calore. Muffe 'buone'. 'Cose che fanno la muffa'. Muffe commestibili</p> <p><i>Ipotesi: Cos'è?</i></p> <p>La muffa è un fungo. La muffa è un animale. La muffa è un essere vivente. La muffa è un'erba.</p> <p>Si nutre della roba in cui attecchisce.</p> <p>La muffa è una pianta. La muffa del muro si nutre di acqua marcia.</p> <p>Passa per contatto (come i funghi). Mangia roba organica (come gli animali).</p> <p><i>Nuova apertura</i></p> <p>Dove si sviluppa.</p> <p>Ruolo dell'aria.</p> <p>La muffa si attacca a certe cose ma proviene da fuori. La muffa muore? Particelle di muffa.</p>	<p>viene solo ai frutti. La muffa <i>viene col caldo</i>. Il freddo distrugge la muffa.</p> <p>Se non metti certe cose in frigo fanno la muffa.</p> <p>La muffa è anche una medicina, la 'glicerina' (vuole dire penicillina), quindi non è una malattia, sarà una malattia per le cose che si mangiano.</p> <p>La muffa viene ai morti. La muffa viene con il caldo e l'umidità.</p> <p><i>Ins.: State dicendo un sacco di cose e soprattutto avete delle idee su come viene la muffa. Dite che serve il caldo e l'umidità?</i></p> <p>Per me la muffa viene quando qualcosa si secca e non ha quasi più acqua. Io l'ho avuta sul muro. È stata l'umidità. Anche nella mia carta da parati. Allora l'acqua... A me sono ammuffite delle nocchie chiuse in un sacchetto: era pieno di falene... Ci dovete mettere il sale, nelle stanze. Il sale assorbe l'umidità.</p> <p>Dai noccioli di pesca che avevo tenuto sono usciti <i>dei peli ed era la muffa</i>. La muffa non è del tutto incommestibile, nel gorgonzola... I formaggi ammuffiscono anche in frigo se li lasci lì troppo. Per me la muffa viene con l'umidità. Io ho trovato delle uova ammuffite che erano nascoste in una scatola.</p> <p><i>Ins.: Avete fatto molte ipotesi anche sulla natura della muffa, cioè che idee avete su cos'è questa muffa?</i></p> <p>La muffa è una cosa che puzza, sembra un liquido. Per me è un fungo che nasce. È una cosa che viene dalla frutta. Dalla frutta e dall'acqua. Più sta lì più s'ingrandisce. È come un pus.</p> <p><i>Secondo me la muffa è un animale.</i> A forza di muffa una cosa scoppia. Forse è un essere vivente, perché s'ingrandisce. Per me è un essere vivente, tipo un'erba. La muffa si nutre della roba marcia e allora cresce. Sul muro si nutre di acqua sporca e puzzolente. Forse è una pianta. Per contatto passa da una cosa all'altra. Funziona come i funghi sui tronchi vecchi. Le piante hanno le radici, per nutrirsi forse usa delle radici sottilissime. Le piante si nutrono di cose inorganiche e le trasformano in organiche. La muffa mangia roba organica. Forse la muffa fa il contrario delle piante, trasforma in inorganico l'organico. Noi e gli animali mangiamo roba organica. Forse la muffa è un animale.</p> <p><i>Ins.: Non è mica facile capire se è una pianta o un animale... Bisognerebbe capire anche da dove viene...</i></p> <p>La muffa viene nelle cose scadute. Se il mondo fosse tutto di cose che si mangiano sarebbe tutto di muffa. La muffa c'è anche nella polenta. C'entra l'aria per far venir la muffa. La muffa è bianca e verde. La muffa puzza. La muffa è una cosa microscopica che è nell'aria. Si attacca solo a certe cose. La muffa è un microbo, va sulle cose da mangiare, si appiccica e muore. Una nave che affonda... ammuffisce anche il legno. La muffa è trasparente quando è viva, quando muore diventa bianca e verde.</p> <p><i>Ins.: Va sulla roba da mangiare, si appiccica e lì muore?</i></p> <p>Direi che è proprio così. Rimane imprigionata e muore. Forse muore... È come i moscerini, non può nascere dal niente. Ci devono essere delle uova... Particelle. Particelle che stanno nell'aria e si attaccano alle cose che mangiano per crescere meglio.</p>
--	---

Fase della problematizzazione (riferimenti alle esperienze pregresse)

Il ricorso alle verbalizzazioni individuali scritte si è dimostrata una pratica vincente perché consente un monitoraggio sul livello di comprensione degli alunni, identificando ostacoli cognitivi, e favorisce un'abitudine al pensiero organizzato, che, pur se spesso in forma narrativa, offre tutte le potenzialità del linguaggio nell'esplorare gli aspetti qualitativi dei fenomeni.

Dalle verbalizzazioni sono emerse convinzioni condivise sulla natura del fenomeno (*La muffa è un essere vivente*), alcuni problemi rimasti aperti su cui i ragazzi volevano indagare (*Le muffe sono animali o vegetali? Come nascono? Nascono dalla cosa a cui si attaccano o sono già nell'aria?*) e proposte di ricerca (*Alleleviamo delle muffe. Vediamo quando la muffa muore oppure se scoppia. Proviamo su quali cose viene la muffa. Osserviamo la muffa con il microscopio. Mettiamo le robe marce chiuse, per vedere se ci viene lo stesso la muffa*). Nel momento della condivisione delle verbalizzazioni, corrette e registrate dall'insegnante, poi riconsegnate agli alunni e messe in comune tramite strutture di *Cooperative learning* (*Pezzo al centro*⁴⁰; *Alzati e condividi*⁴¹), l'insegnante ha richiamato le esperienze pregresse relative ai problemi individuati. In particolare, in riferimento alla domanda "*Le muffe sono animali o vegetali?*" sono stati ricordati i primi percorsi di classificazione degli animali e le esperienze svolte sulle piante.

Per fissare le conoscenze già costruite abbiamo ripreso alcuni passi del nostro lavoro precedente e, dopo aver steso collettivamente una premessa, abbiamo chiesto ai gruppi di produrre uno schema.

Viventi e non viventi

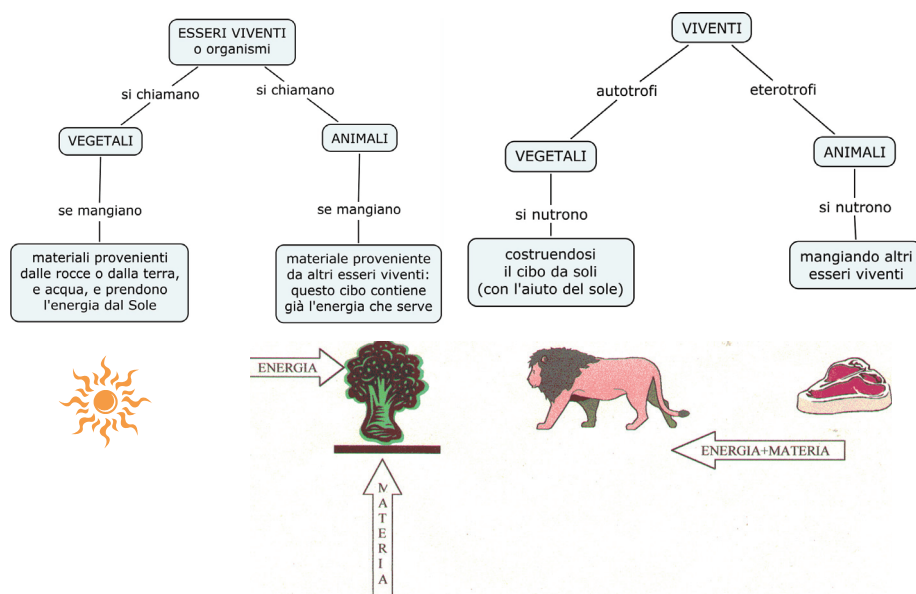
Gli esseri viventi sono tanti e così diversi tra loro che è difficile capirci qualcosa. Sono diversi dalle rocce e dagli oggetti perché sono *vivi*. Abbiamo capito che un essere vivente si riconosce facilmente perché è *in continuo cambiamento* e *scambia materia ed energia* con l'ambiente che lo circonda. Anche quando muore è ancora diverso dalle rocce, perché il suo corpo è commesti-

⁴⁰ *Pezzo al centro*. Struttura 'veloce' per attivare le risorse di tutti i membri alla ricerca della soluzione o della risposta, di cui ciascuno sarà però individualmente responsabile. Ogni membro del gruppo ha un numero. L'insegnante pone la domanda. Dà un limite di tempo. Il gruppo 'mette' le teste insieme per pensare e concordare la risposta. I membri si accertano l'uno l'altro che tutti sappiano rispondere. L'insegnante chiama un numero: 'rispondono i numeri 2'.

⁴¹ *Alzati e condividi*. Struttura per attivare la condivisione in un grande gruppo. Tutti i numeri 2 dei gruppi si alzano per rispondere. L'insegnante dà il turno di parola e quando il primo studente risponde si siedono tutti quelli che avrebbero dato una risposta equivalente. L'insegnante interPELLa allora quelli ancora in piedi e così via.

bile per molti animali che ne ricavano ancora materia ed energia (ricordiamo la compostiera). La ripresa dei percorsi e dell'apprendimento precedente ci pare un momento importante nell'affrontare un nuovo argomento, rendendo più facile l'integrazione e il collegamento delle nuove nozioni e dei nuovi concetti.

Esempi di schemi



Alla fine di questa fase, la classe aveva identificato i seguenti problemi che chiedevano una soluzione:

- Le muffe sono animali o vegetali? Sembrano piante, perché non si muovono e stanno attaccate alla loro fonte di cibo, ma sembra si nutrano di materiale proveniente da esseri viventi come gli animali.
- Come nascono le muffe? Da sole o dai 'semi' di altre muffe? Sono nell'aria e trovano le condizioni per svilupparsi, o vengono dalle 'cose' che ammuffiscono?
- Quali sostanze fanno la muffa? In quali condizioni?
- Come osservare le muffe? Sono diverse tra loro? In che cosa?

Identificazione dei campi d'indagine

I ragazzi hanno subito osservato che era più facile rispondere alle ultime due domande attraverso prove già proposte. Per l'allevamento delle muffe

si sono formati gruppi 'a tema': frutta (mela, arancia, fragola); verdura (pomodoro, insalata, cipolla); alimenti (pane, patata, formaggio); cose strane (muro, cacca, vestiti). L'ultimo gruppo avrebbe lavorato con un pezzo di cemento (già in parte ammuffito) del cortile della scuola, con un escremento di gatto e con un pezzo di stoffa sporco. Si è aggiunta una prova su un pezzo di stoffa pulito e su un dado metallico. La progettazione è stata lasciata ai gruppi, ma si è deciso che gli esperimenti dovevano fornire dati anche sul ruolo di umidità e calore. Abbiamo osservato le muffe con la lente potente illuminata e chiesto a un genitore la possibilità di usare lo stereo-microscopio del suo laboratorio, dopo aver classificato le muffe secondo il colore e la quantità.

Scelta delle prove da effettuare (allevamento muffe) e loro monitoraggio

Quasi tutti i gruppi hanno preparato le sostanze da ammuffire in due modi (*mela intera lasciata sullo scaffale; mela tagliata e inumidita chiusa in un sacchetto e messa vicino al termosifone*). Abbiamo avuto qualche problema per trovare le fragole (non era il loro periodo), per coltivare la muffa nell'escremento (bisognava lasciarlo fuori al freddo), per aumentare la muffa sul cemento bagnandolo con costanza e soprattutto con la bidella che tendeva a buttare i nostri oggetti di studio. Avevamo deciso di fare le osservazioni tre volte alla settimana e dopo due settimane avevamo già molto materiale disponibile. I gruppi annotavano le loro osservazioni su tabelle.

	<i>Mela intera sullo scaffale</i>	<i>½ mela chiusa al caldo con umidità</i>	<i>Arancia sullo scaffale</i>	<i>Arancia chiusa al caldo con umidità</i>	<i>Fragola sullo scaffale</i>	<i>Fragola chiusa al caldo con umidità</i>
All'inizio						
Dopo 2 g.						
Dopo 4 g.						
Dopo 7 g.						
Dopo 9 g.						
Dopo 11 g.						
Dopo 14 g.						

Frutta, verdura, alimenti, cacca di gatto e stoffa sporca (di cibo) avevano fatto la muffa soprattutto se al caldo ed esposti all'umidità. L'aspetto del cemento invece non era sostanzialmente cambiato, così come la stoffa pulita,

mentre il dado metallico inumidito presentava qualche traccia di ruggine (*Ma la ruggine è la muffa dei metalli?* Ho sorvolato, riprendendo la cosa con un'esperienza nella classe successiva). Abbiamo classificato le muffe a seconda del loro colore. L'osservazione con la lente ha dato molti elementi, vista la notevole fioritura di muffe diverse, e i bambini hanno identificato elementi in comune (*filamenti, pallini*) e li hanno riprodotti con il disegno. Nel frattempo qualcuno aveva portato dei funghi cresciuti su un tronco e la loro osservazione tramite la lente aveva aumentato i loro sospetti sulla natura della muffa.

Percorso storico sull'idea della generazione spontanea (suggerito)

Ho raccontato che Aristotele credeva che le rane nascessero per *generazione spontanea* dal fango, richiamando l'esperienza vissuta dalla classe sulla metamorfosi delle rane (avevamo allevato girini). Ho usato una presentazione in PowerPoint anche per raccontare la storia di Redi e del suo esperimento sulle larve di mosca e quella di Spallanzani e delle sue scoperte sugli animaletti dei fossi. Poi ho proposto alcune esperienze, che abbiamo adattato:

- un gruppo ha riprodotto l'esperimento di Redi usando due vasi contenenti un pescetto, in uno dei quali erano state messe larve di mosca. Entrambi i pesci si sono decomposti, ma solo quello in cui erano presenti le larve ha dato origine alle mosche (dopo due settimane abbondanti);
- un gruppo ha lavorato con il latte, ponendo un barattolo chiuso con un po' di latte in frigo e uno al caldo. Abbiamo verificato che il latte al caldo si è inacidito nel giro di meno di una settimana, al contrario dell'altro;
- un gruppo ha provato con la salsa di pomodoro, lasciandone aperto un barattolo e sottoponendone un altro 'a bagno-maria', per poi chiuderlo bene. La salsa del primo barattolo è 'andata a male' nel giro di pochi giorni;
- un gruppo ha riprodotto l'esperimento di Spallanzani, preparando un'infusione di semi di girasole in due barattoli trattati come quelli della salsa di pomodoro. Anche questa volta il barattolo aperto è 'andato a male'.

Il percorso è stato dilazionato nel tempo e si è intrecciato con un percorso di scienze programmato. L'interesse dei ragazzi è sempre rimasto vivo e soltanto alla fine si è proposta una verbalizzazione individuale, una discussione di bilancio e la stesura di un testo collettivo. Verbalizzazione individuale: "Cosa hai imparato sulle muffe? Cosa pensi che siano? Come pensi si producano? Puoi collegarli ad altri fenomeni? Quali? Quali dubbi ti sono rimasti?"

Si riportano stralci della discussione di bilancio e del testo collettivo.

Dalla discussione di bilancio

Martina S.: *Io avevo detto subito che erano funghi.*

Ruben: *Tiravi a indovinare.*

Luca: *Io pensavo che i funghi sono dei vegetali; ci sono anche le piante parassite come l'edera.*

Laura: *Assomigliano molto ai microbi della compostiera.*

Karim: *Non capisco come fa a venire la muffa sul muro, che non è materiale organico.*

Beatrice: *Forse con l'acqua sporca.*

Karim: *Sporca di cosa?*

Ins.: *Ci sono domande che si debbono lasciare senza una risposta. Ma questo è fondamentale nelle scienze. Credete comunque di aver imparato qualcosa di più? Quali sono le idee che avete cambiato e le nuove visioni che si sono aperte?*

Le muffe sono dei microrganismi

I microrganismi sono organismi invisibili ad occhio nudo. Di solito sono esseri viventi come **i batteri** (quelli della compostiera), altri animaletti e appunto **i lieviti e le muffe**, che sono funghi. Una volta si credeva che anche esseri molto più grandi di questi 'microrganismi' nascessero da generazione spontanea, cioè dal nulla. Per esempio si credeva che le rane si formassero dal fango. È stato provato da esperimenti che non è vero, come abbiamo fatto noi con le nostre prove. Dunque nessun organismo può nascere dal nulla, ma sempre attraverso un seme, un uovo fecondato, una spora o un pezzetto di un altro organismo. Con l'aiuto di microscopi si sono potute scoprire cose che ad occhio nudo non è possibile vedere. Si è scoperto, per esempio, che alcuni insetti depongono uova piccolissime all'interno dei fiori e che nei semi si possono sviluppare le larve, quindi gli insetti. Si è pure scoperto che la muffa è un *fungo microscopico che vive e si riproduce su materiali 'organici', cioè sul corpo degli esseri viventi, generalmente quando sono morti, vivendo su di essi da parassita o da saprofita*. I funghi costituiscono un regno distinto, (diverso dal regno animale e da quello vegetale) e sono eterotrofi (cioè mangiano altri esseri vivi o morti). Si vedono polveri bianche, verdastre o nere che non sono altro che il corpo fruttifero della muffa, costituito da *ife* che si affondano in profondità (fanno da radici) e *sporangî* che producono spore numerosissime e microscopiche che si perdono nell'aria. Come i funghi, possono essere di vari tipi, tra cui alcuni sono *commestibili* e altri no perché velenosi per l'uomo.

Muffe e dintorni (Scuola primaria, classe quarta)

Con questo percorso abbiamo affrontato i problemi della classificazione in ambito naturalistico di 'oggetti' di difficile classificazione, importanti anche se apparentemente distruggono (decompositori) e non si notano se non per la 'puzza': in fondo sono i più ecologici (saprofiti) tra i viventi (impianti di depurazione, discariche, cimiteri...)

Elementi significativi	Specificità nell'esperienza proposta
<p>Approccio fenomenologico e sperimentale.</p> <p>Rilevanza dell'osservazione. Per integrare la nuova esperienza e per far nascere un ostacolo cognitivo, ricorso alle conoscenze precedenti.</p> <p>Problematizzazione e costruzione di un percorso di ricerca.</p> <p>Valorizzazione della 'non risoluzione' di alcuni problemi (il problema rimane aperto, ma si creano punti di vista, abitudine alla prova e una finestra sul valore dell'incerto).</p> <p>Aspetti metodologici (verbalizzazioni individuali, <i>Cooperative learning</i>, laboratorialità, discussione collettiva).</p> <p>Ottica trasversale e aspetti interdisciplinari.</p> <p>Tempi lunghi (percorso ripreso più volte, tipico nella storia della scienza ed esemplare nei tempi del 'tutto e subito').</p>	<p>Il percorso nasce da una situazione occasionale: i 'sughi' d'uva portati da un compagno fanno la muffa.</p> <p>Discussione di apertura: <i>Cosa è successo? Quali idee avete su questo fenomeno?</i> Si identificano alcuni problemi e campi d'indagine.</p> <p>I bambini si convincono che le muffe sono esseri viventi e fanno notare che attecchiscono quasi sempre in sostanze provenienti da esseri viventi (sembrano essere 'eterotrofe').</p> <p>- Gli animali mangiano altri animali o vegetali (riepilogo del lavoro precedente sugli organismi animali e dell'esperienza della compostiera, ancora aperta) e che le piante invece 'mangiano' terra e acqua (sono <i>autotrofe</i>). <i>Le muffe sono animali o vegetali?</i></p> <p>- Per rispondere alla domanda ci riproponiamo di allevare e osservare vari tipi di muffa. <i>Come fare per produrle? Cosa fa la muffa e cosa no? Come nascono le muffe? Nascono dalle cose vecchie o vengono dall'aria?</i> (generazione spontanea).</p> <p>- Osservare bene le muffe: <i>Cosa hanno in comune? Cosa hanno di diverso? Come indagare su ciò che vogliamo scoprire?</i></p> <p>- Problema tecnico: <i>Quali strumenti usare? Come vanno usati? Cosa potremo vedere? Come interpretare quello che vedremo?</i></p> <p>Organizzazione dei percorsi di ricerca:</p> <p>- Prove di ammuffimento di sostanze in diverse condizioni. Prima classificazione di muffe, sostanze ammuffenti e condizioni favorevoli (<i>lavori di gruppo e report</i>).</p> <p>- Uso della lente d'ingrandimento, dello stereoscopio in un laboratorio esterno e di Internet. <i>Cosa si vede? Cosa si può capire? Quali informazioni raccogliere (esperienza, disegno e verbalizzazione individuale, schede tecniche, osservazioni collettive)?</i></p> <p>- Esperimento di Redi, infusioni di Spallanzani, inacidimento del latte, le nostre muffe, salsa di pomodoro con o senza il 'bagno maria' (<i>introduzione storica</i>).</p> <p>- Si allarga il mondo dei viventi: microrganismi e funghi (<i>verbalizzazioni individuali, uso di testi, raccolta e osservazione di funghi, discussione di bilancio, costruzione di un testo collettivo</i>).</p> <p>Nuovo problema: la muffa del muro. Che cosa mangia?</p>

L'ACQUARIO: SFONDO INTEGRATORE PER ESPERIENZE INTERDISCIPLINARI

Manuela Rossi Summer

Docente di scuola primaria

La scelta dell'acquario

Gli allevamenti di piccoli animali in classe rientrano tra le innumerevoli attività proponibili in educazione scientifica. Tali esperienze favoriscono osservazioni non sporadiche, ma sistematiche, indispensabili per sviluppare l'analisi e lo spirito critico; agendo su 'materiale vivente', gli alunni apprendono ad analizzare una situazione concreta e a cogliere relazioni tra organismi; imparano a relazionarsi con altre forme di vita e a rispettarle. La possibilità di attuare un progetto, di costruire e di manipolare, concretizza nei bambini il loro bisogno di azione ed è strumento indispensabile per lo sviluppo di abilità creative e divergenti. L'acquario è un'esperienza realizzabile in tutte le classi della scuola primaria; nelle ultime classi si possono affrontare esperimenti che implicano conoscenze complesse e interdisciplinari. Questa attività è stata proposta in una classe quinta. L'acquario ha quindi svolto il ruolo di sfondo integratore per esperienze che hanno interessato la biologia, ma anche la statistica, la probabilità e la geometria.

L'ecosistema artificiale

Per presentare l'acquario tropicale ai bambini ci si è serviti delle loro conoscenze pregresse circa l'ecosistema, richiamando il ruolo di ogni essere vivente, la distinzione tra produttori, consumatori e decompositori.

Il concetto di ecosistema è stato presentato come il rapporto di interdipendenza esistente tra le varie componenti, viventi e non, di un determinato ambiente. Si è sottolineato l'aspetto della specificità e del ruolo insostituibile di ogni organismo all'interno di un ecosistema e come le forme presenti siano, le une con le altre, in una condizione di equilibrio tale da permettere la vita, cioè il meccanismo di omeostasi (Guadagnuolo, 1991). Si è passati allo studio di questi fattori: il sole come fonte primaria di energia; le piante come produttrici di ossigeno e utilizzatrici di anidride carbonica; gli animali erbivori e carni-

vori come consumatori di primo, secondo e terzo grado; i decompositori, in particolare i batteri, rappresentanti dell'ultimo anello della catena alimentare.

Dall'ecosistema naturale si è giunti all'ecosistema artificiale, dove in sostituzione del sole occorre una lampada; servono il filtro contenente batteri come depuratore, il termostato per far raggiungere all'acqua la temperatura tropicale, una miscela di acqua distillata e acqua del rubinetto, lasciata a decantare, in uguali dosi, per rendere l'acqua idonea a ospitare i pesci, e infine l'introduzione dall'esterno di cibo per i pesci. I bambini hanno capito come l'acquario fosse un ambiente costruito dall'uomo e quindi altamente instabile.

L'allestimento e la cura

Le *fasi operative di allestimento* (predisposizione di un luogo luminoso ove collocare l'acquario, riempimento della vasca con ghiaia e acqua, riscaldatore, termometro, piantumazione delle piante acquatiche, immissione dei pesci), *di osservazione* (registrazione della temperatura dell'acqua fino alla stabilizzazione della stessa, scheda di osservazione, scheda dei caratteri distintivi dei *Lebistes* e *Corydoras*) e *di controllo* (misurazione del pH, di nitriti e nitrati) hanno impegnato gli alunni in varie attività, che qui non si andranno a descrivere, ma che hanno cadenzato periodicamente il progetto.

Lo studio dei pesci: L'osservazione e lo studio delle caratteristiche morfologiche dei pesci *Lebistes* e *Corydoras* hanno interessato i bambini, che hanno analizzato i differenti apparati boccali correlati alle diverse modalità di alimentazione, le modalità di riproduzione e le differenze comportamentali dei pesci. Nel corso dell'anno gli alunni hanno assistito a numerosi eventi riproduttivi dei *Lebistes*, che sono stati accolti con emozione e curiosità.

Esperimento della produzione di 'ossigeno'

Per verificare la produzione di 'ossigeno' da parte delle piante acquatiche, è stato realizzato un esperimento. L'ipotesi era che le piante producessero 'ossigeno' se esposte alla luce. Si è proceduto recidendo alla base un rametto di Elodea e rinchiudendolo in un imbuto di vetro la cui sommità era racchiusa in una provetta di vetro. Alla luce la pianta produceva bollicine ben visibili, che, al contrario, non venivano più prodotte quando il vaso contenente la pianta era posto al buio. In seguito nella provetta, dove si era accumulato il gas, è stata introdotta una brace accesa, che si è ravvivata, dimostrando che si era prodotto qualcosa cui abbiamo dato il nome di 'ossigeno'. Questo esperimento è stato rappresentato e registrato nelle varie fasi dai bambini

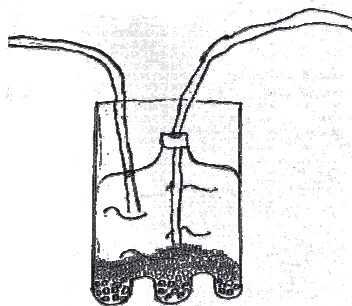
Problemi ecologici: l'inquinamento dell'acquario

Nel corso dell'esperienza si sono verificati numerosi inconvenienti che sono stati affrontati insieme ai bambini e utilizzati nella pratica didattica come nuove occasioni di ricerca e apprendimento. Ad esempio si è verificato un interessante episodio spontaneo di inquinamento dell'acquario. Una sedimentazione di resti di cibo non decomposti sul fondo della vasca ha fatto nascere numerosi interrogativi negli alunni: *"Ma i pesci non mangiano più?"*, *"I pesci non hanno più appetito o stiamo dando loro troppo mangime?"*, *"Perché i resti non spariscono più come prima?"*. Da qui è sorta l'idea di affrontare il tema del disequilibrio dell'ecosistema. Inizialmente non sono state prospettate soluzioni, ma sono continuate le osservazioni e le rilevazioni: dalle prime è emerso un evidente peggioramento delle condizioni di alcuni pesci, che presentavano una certa sofferenza (branchie rosse e livrea più scura); dalle misurazioni dei nitrati, i bambini hanno registrato il superamento della soglia di tolleranza. Gli alunni hanno compreso che l'eccessiva quantità di cibo stava facendo morire l'acquario: *"Se non facciamo qualcosa, muore tutto!"*.

Sono quindi arrivati alla conclusione: troppo cibo → troppi rifiuti → morte. Hanno capito che il cibo è una componente indispensabile della catena alimentare, dei *Lebistes* in questo caso (costituito in natura da larve di zanzare e piccoli insetti), ma deve essere presente nella giusta quantità. Alcuni bambini hanno fatto notare che anche l'assenza di cibo avrebbe portato allo stesso risultato. *"Né troppo, né poco, il giusto!"*. Si è giunti, così, al concetto di equilibrio in opposizione a quello di disequilibrio, dove una componente della catena è mancante o sovrabbondante. I bambini hanno in seguito ipotizzato altre condizioni di disequilibrio, cercando di prevederne le conseguenze (mancanza di piante, mancanza di luce, sovrabbondanza di pesci). In seguito, grazie a numerosi cambi d'acqua, l'acquario è tornato in equilibrio.

Alcuni alunni hanno poi proposto la *costruzione di un filtro* per evitare il ripresentarsi di questi problemi. La classe è stata suddivisa in gruppi di lavoro con il compito di progettare un filtro, da realizzare poi con materiale povero. I progetti sono stati presentati in una fase di intergruppo e sono stati votati da tutti gli alunni; il più votato è stato scelto e realizzato in classe con l'aiuto di tutti. Per la costruzione si è impiegato materiale riciclato e di uso comune: una bottiglia dell'acqua di plastica, due tubicini di plastica lunghi circa 50 cm, un ago da cucito, un accendino e un motorino per il pompaggio dell'aria, in uso negli acquari normalmente in commercio. L'introduzione del motorino per il pompaggio dell'aria è stata suggerita dalla sottoscritta, in quanto nel progetto originario i bambini avevano ipotizzato di utilizzare il fiato per soffiare l'aria a turno, all'interno dei tubicini.

Nella fase di realizzazione si è proceduto tagliando la parte superiore della bottiglia a circa 10 cm; quindi si sono praticati due fori per farvi passare i due tubicini, uno nel tappo e l'altro sul fianco della bottiglia. Questa porzione di bottiglia è stata inserita nella parte inferiore della stessa, nella cui base erano stati praticati numerosissimi forellini per il passaggio dell'acqua, ed è stata riempita di ghiaia grossolana per ospitare i batteri; in questo modo si è costruita la struttura del filtro, che è stato poi posto nell'acquario. Attraverso il tubicino collegato alla pompa



veniva immessa l'aria, mentre tramite l'altro fuoriuscivano aria e acqua purificata. In seguito, i bambini hanno riassunto le varie fasi di costruzione in un diagramma di flusso. La realizzazione di questo semplice strumento è stata utile, non solo per il raggiungimento di abilità operative, ma anche ai fini di una maggiore comprensione di ciò che avviene in natura attraverso i letti dei fiumi per la purificazione delle acque, grazie a *processi compiuti dai batteri*.

Collegamenti interdisciplinari

Si ritengono elementi caratterizzanti dell'esperienza i collegamenti interdisciplinari con geometria, statistica, probabilità, per rendere più completa la trattazione degli argomenti. Risulta importante far comprendere ai bambini che la realtà è complessa e può essere indagata con strumenti e metodologie diversi, tipici dei diversi punti d'osservazione disciplinari.

È stato interessante l'inserimento nel 'progetto acquario' della *geometria*, in quanto ha permesso l'applicazione di concetti e formule geometriche: i bambini hanno calcolato superficie laterale, totale e volumi, anche attraverso prove sperimentali. I bambini sono stati stimolati a fare ipotesi su come realizzare la prova: tra le varie idee emerse, alcuni hanno preso in considerazione le bottiglie dell'acqua da un litro e da un litro e mezzo, utilizzate per i cambi periodici dell'acqua dell'acquario (la quantità di litri sostituita nei cambi di acqua è sempre stata registrata in tabelle, e tali dati sono stati impiegati per la soluzione di problemi pratici). Gli alunni hanno ipotizzato di svuotare completamente dall'acqua, con le bottiglie, la vasca precedentemente riempita fino all'orlo. Ma era impossibile svuotare del tutto la vasca, perché molta acqua rimaneva nella ghiaia; per tale motivo è stata progettata e attuata un'altra prova. Alla fine dell'anno, quando è stato smantellato l'acquario, è stata com-

più la verifica sperimentale del calcolo teorico del volume: gli alunni hanno posto nella vasca contenitori a forma di parallelepipedo (come quelli del latte), sia da un litro che da mezzo litro; hanno riempito interamente la vasca stessa, constatando quanti litri vi fossero realmente contenuti.

Dalla statistica...

Dalle osservazioni sulle generazioni di avannotti nati, i bambini hanno compiuto alcune riflessioni, ponendo domande quali: *"Quanti sono i piccoli nati?"*, *"Quanti ne farà la prossima femmina con la pancia?"*, *"Ne nascono sempre uno stesso numero?"*, *"Come fanno a scrivere sui libri che i Lebistes fanno 10-20 piccoli?"*, *"Quanto misurano i piccoli?"*, *"Hanno tutti la stessa dimensione?"*. Le domande degli alunni ci hanno portato a introdurre semplici concetti di statistica che avevano già conosciuto attraverso altre indagini. Ci si è chiesti come poter esprimere numeri che 'cambiavano' in ogni situazione. *"Se la prima mamma ne ha fatti 10 e la seconda 12, come facciamo a dare un solo numero che valga per tutte?"* È stato introdotto il concetto di media. Abbiamo iniziato a fare semplici rilevazioni statistiche, impostando una raccolta di dati in tabella. Sui dati si è lavorato calcolando dapprima solo la *media*, poi anche *moda*, *mediana* e *intervallo di variazione*. I bambini hanno poi elaborato le rappresentazioni dei dati costruendo istogrammi e ideogrammi.

Quindi è stata proposta un'ipotetica situazione in cui vi erano sette femmine, ognuna con un determinato numero di nati. Si dovevano calcolare i valori relativi a moda, media, mediana e intervallo di variazione, e andava disegnato l'ideogramma. Una verifica sperimentale è stata attuata isolando le femmine che stavano per 'partorire' in apposite sale parto; in questo modo si sono potute isolare le singole nidiate, di cui sono stati contati i piccoli. La stessa modalità è stata applicata alle dimensioni dei piccoli di *Lebistes*.

Quando gli avannotti crescendo hanno iniziato a presentare colorazioni diverse e in ogni nidiate si è rivelata una differente presenza di maschi e femmine, i bambini hanno posto numerose domande: *"I piccoli hanno sempre lo stesso colore?"*, *"Le femmine nate hanno il colore della mamma? I maschi quello del papà?"*, *"I piccoli possono avere tutti i colori?"*, *"Come si scelgono i colori?"*, *"Perché ci sono colori più presenti di altri?"*, *"Nascono più maschi o femmine?"*, *"Ci sono femmine che fanno solo maschi, e femmine che fanno solo femmine?"*.

...alla probabilità

Per rispondere ai quesiti degli alunni si è pensato di sviluppare alcune conoscenze di *probabilità*. L'applicazione della probabilità ad argomenti quali la colorazione delle code dei *Lebistes* e la combinazione di avannotti maschi e

femmine non è stata forzata, anzi ha permesso in seguito di introdurre elementi di genetica e di etologia, da parte di un esperto esterno. Sono state presentate situazioni che i bambini hanno affrontato con entusiasmo. Si è predisposta una tabella a doppia entrata in base alla seguente ipotesi: se cinque potevano essere i probabili colori trasmessi dai genitori, si potevano studiare le combinazioni possibili presenti nella colorazione dei piccoli. Le domande poste riguardavano *la frequenza con cui appariva lo stesso colore, quello che compariva più spesso, la probabilità di trovare una medesima coppia di colori*. Queste frequenze sono state calcolate e poi espresse in percentuale. In questo modo i bambini hanno ipotizzato quali possibilità ci fossero di combinare quei cinque colori tra loro e hanno poi verificato la comparsa del colore nei primi *Lebistes* nati. Da qui la scoperta che molte combinazioni non si trovano in natura, mentre altre si presentano ripetutamente.

Si sono quindi introdotte alcune minime considerazioni di *genetica*; è stato spiegato che in natura alcuni caratteri non si distribuiscono casualmente, ma ogni individuo è portatore di caratteri forti e di altri deboli, che si manifesteranno con minore frequenza a vantaggio dei primi. I bambini hanno compreso che non necessariamente i caratteri dei genitori si manifestano nei figli in egual misura.

La classe ha poi affrontato un'ipotetica situazione: una femmina di *Lebistes* con cinque piccoli. In un grafico ad albero i bambini hanno evidenziato le combinazioni possibili dei due sessi, non solo con i cinque piccoli, ma tra il primo nato, i primi due, tre, quattro o cinque nati. È stata calcolata la probabilità che il primo avannotto fosse maschio o femmina; quella di avere tre maschi e due femmine; di avere, tra i cinque, solo maschi o solo femmine. Quindi sono state trovate tutte le possibili combinazioni del carattere maschio o femmina.

Il calcolo della probabilità ha fatto sorgere una riflessione: più il numero dei nati aumentava, più diminuivano le possibilità che fossero tutti del medesimo sesso. Si è ricercato il perché di tale fenomeno: lo si è trovato nel fatto che le specie 'meno evolute' sono molto prolifiche, sia perché la prole non accudita ha minori possibilità di sopravvivenza, sia perché i componenti di una medesima generazione si accoppiano tra loro ed è quindi indispensabile che in una stessa nidiata ci siano individui di sesso diverso (Ciardi, 1982).

Alla fine dell'anno scolastico non si è potuto verificare quante femmine e quanti maschi fossero nati, poiché il dimorfismo sessuale in alcuni *Lebistes* non era ancora del tutto evidente, in quanto non avevano raggiunto lo stato adulto. Ogni bambino è stato invitato comunque a ricercare nel grafico ad albero la possibilità che si era attuata nella sua famiglia, a seconda del numero di fratelli, quanti erano i maschi e le femmine e quale l'ordine di nascita.

Dall'ecosistema naturale all'ecosistema artificiale

Criteri, elementi significativi	Scuola primaria - classe quinta Specificità nell'esperienza proposta
<p>Elementi caratterizzanti: <i>progettare, costruire, monitorare</i> un ecosistema, per facilitare l'osservazione e la problematizzazione. Costruzione e condivisione di una conoscenza fenomenologica relativa all'ecosistema artificiale acquario. Le domande e le curiosità dei bambini servono da punto di partenza per costruire conoscenza in altri ambiti disciplinari (criterio della <i>trasversalità</i> e dell'<i>interdisciplinarietà</i>).</p>	<p>Studio del significato e del ruolo dei componenti di un ecosistema naturale (fluviale-tropicale). Ricostruzione teorica di un ecosistema naturale (chiuso) in un ecosistema artificiale (aperto). (<i>Quali elementi sono necessari. Come possiamo sostituire la luce del sole? Cosa potranno mangiare i pesci?</i>). Progettazione e costruzione di un acquario. Osservazione e studio delle caratteristiche morfologiche dei pesci <i>Lebistes</i> e <i>Corydoras</i>: scheda dei caratteri distintivi, analisi degli apparati boccali correlati alle modalità di alimentazione. La scoperta delle lumache. Formulazione di ipotesi sul loro arrivo. Osservazioni sul comportamento. Differenze con i pesci. Conduzione guidata degli alunni verso l'individuazione di fenomeni osservabili e misurabili per la cura dell'acquario: "<i>L'acqua sarà fredda? Il livello dell'acqua cala: cosa è successo? Come rimediare? Dotiamo la vasca di un coperchio e aggiungiamo periodicamente acqua; gli escrementi dei pesci sporcano l'acqua?</i>" (costruzione di un filtro ad aria con materiali riciclati, misurazione del pH, di nitriti e nitrati). Dall'osservazione delle bollicine che salgono dalle piante, riflessioni sulla funzione delle piante nell'ecosistema: esperimento dell'Elodea sotto un imbuto, che convoglia le bollicine in una provetta. "<i>Da quale gas sono composte le bollicine?</i>". Combustione del gas. Osservazioni sull'Elodea tenuta alla luce e al buio. <i>Ci sono solo pesci, lumache e piante?</i> Alla scoperta dei piccoli ospiti dell'acquario mediante osservazioni al microscopio di: gocce di acqua e pezzi di piante. <i>Equilibrio di un ecosistema</i>: individuazione di una prova per verificare l'eccessiva presenza di una componente dell'ecosistema: aumento della quantità di cibo introdotta e aumento di resti non decomposti. Verifica dell'aumento del valore di nitriti e nitrati attraverso la loro misurazione. La riproduzione dei <i>Lebistes</i>: "<i>le femmine partoriscono?</i>"; conoscenze sulle modalità riproduttive. Dalle domande sugli avannotti: "<i>Ma nascono più maschi o femmine?</i>", introduzione alla probabilità. Dall'osservazione di differenti colori e forme delle code ai primi concetti di genetica mendeliana. Rilevazioni statistiche sulla dimensione dei pesci, registrazione in tabelle e grafici e calcolo di moda, media e mediana. Calcolo dei cambi di acqua settimanali in litri e percentuali rispetto al volume totale.</p>

DAL MACROSCOPICO AL MICROSCOPICO

Giovanna Foschini

Docente di scuola secondaria di primo grado

Origini del progetto didattico⁴²

Il lavoro vuole essere un'introduzione operativa che porta alla scoperta della cellula attraverso la risposta sperimentale a tre interrogativi fondamentali che costituiscono la struttura portante dell'attività.

Gli interrogativi sono:

A - È un essere vivente?

B - Che cosa differenzia un animale da un vegetale?

C - Esiste un comune 'elemento' in tutti gli esseri viventi?

Primo interrogativo: vive o non vive?

Si dà inizio al percorso portando in classe una grande scatola contenente molti 'oggetti': oggetti di vetro, di ferro, di plastica, sassi, alcool metilico, inchiostro, acqua, carta assorbente, sale da cucina, solfato di rame, allume di rocca, solfato di magnesio, carta stagnola, semi, uova, lombrichi, insetti, lumaca, pane e pane con muffa, pellicola fotografica, carta fotosensibile, fotoresistenza, legno, piantine, rametti e foglie (e/o altro materiale analogo), yogurt, due scatole vuote.

Questo suscita la curiosità degli studenti. Il primo interrogativo li lascia stupefatti. Si chiedono se non sia fin troppo facile rispondere, e iniziano, come per gioco, a suddividere i reperti presentati nelle due scatole: una rappresenta il mondo dei viventi, l'altro quello dei non viventi. Incontrano difficoltà e discutono a lungo quando classificano lo yogurt, l'uovo, i rametti e le foglie, il pane con la muffa. In alcuni casi chiedono di lasciare aperto il problema e di rispondere quando avranno stabilito dei *criteri* e ne avranno verificato la validità⁴³.

⁴² Alcuni anni fa (1987-1997) un gruppo di docenti di scuola media (C. Caroli, G. Foschini, M. Geminiani, M. Gianstefani, E. Cortesi) collaborò con l'allora ispettore F. Dalla Valle, per realizzare un itinerario didattico di biologia sperimentale, che, partendo dal percorso storico delle scoperte scientifiche, guidasse gli studenti nel mondo della biologia, proponendo esperienze il più possibile operative, e che facesse in modo di renderli protagonisti del loro processo di apprendimento. L'idea primaria è del prof. Gabbanino, che aveva già lavorato con un gruppo di docenti su un "Programma di insegnamento delle scienze nel biennio liceale".

⁴³ I criteri sono quelli proposti dagli studenti. Qualora lo studente ne proponesse altri, non previsti dal docente, il docente li inseriva nell'elenco e in seguito li verificava o con la discussione o con la proposta di attività sperimentali, per stabilirne la validità.

Tutte le classi nelle quali è stato sperimentato il percorso hanno proposto al termine della classificazione i seguenti criteri, che a loro avviso sono caratteristiche dei viventi: *sensibilità, movimento, accrescimento, nutrizione, respirazione, riproduzione*. Il problema è: *i criteri di classificazione proposti sono scientificamente rigorosi, sono cioè caratteristiche peculiari dei viventi?* Tutti gli 'oggetti', le sostanze, le apparecchiature, gli strumenti necessari all'itinerario operativo si trovano nella 'scatola laboratorio'. Questa rappresenta 'l'ambiente laboratorio' entro il quale lo studente impara a muoversi, e vuole essere una rappresentazione del mondo naturale e artificiale, che restringe le variabili, facilitando il percorso, e lo guida, indirizza le sue ipotesi, ma non lo costringe, gli pone problemi, lo fa riflettere, simulando il percorso dello scienziato.

Verifica sperimentale dei criteri

La scatola laboratorio è, a questo punto, diventata il mondo in cui gli studenti operano, è al centro dei loro pensieri, ed è all'interno di questo mondo che formulano le loro ipotesi. Per verificare la validità dei criteri proposti viene spontaneo scegliere questo itinerario: se un solo corpo classificato certamente come non vivente – ad esempio perché prodotto artificiale della tecnologia umana – possiede le caratteristiche indicate come peculiari dei viventi, quel o quei criteri non saranno più ritenuti scientificamente validi cioè non più opportuni per distinguere i viventi dai non viventi⁴⁴.

Esperimento n. 1 - Verifica del criterio 'accrescimento'

Materiale: 150g di allume di rocca (20g di allume di rocca ogni 100ml d'acqua, minimo 600ml di acqua), carta da filtro, filo di cotone, beker, bacchetta di vetro, carta stagnola, alcuni recipienti di vetro aventi una capacità superiore a 600ml.

Procedimento: preparare una soluzione satura sciogliendo 20 g di allume di rocca ogni 100 ml di acqua calda a temperatura di 50-60 °C (minimo 600 ml); agitare fino ad avere disciolto completamente o quasi il sale nell'acqua; lasciare riposare per un giorno; una parte di sale in eccesso si deposita sul fondo; filtrare la soluzione limpida in un altro recipiente. Lasciare riposare per almeno un altro giorno e ripetere la precedente operazione di filtraggio.

⁴⁴ Un analogo esperimento si può effettuare con una soluzione soprassatura di solfato di magnesio versata in una capsula Petri e osservata tramite una lavagna luminosa.



Aggiungere alla soluzione così ottenuta 2-4 g di sale ogni 100ml dell'acqua iniziale e scaldare la soluzione fino a sciogliere completamente il soluto. Lasciare intiepidire (temperatura leggermente superiore a quella corporea) e travasare in un recipiente pulito. Prendere un cristallo di piccole dimensioni (di quelli depositatisi sul fondo in precedenza), sciacquarlo con acqua fredda e, dopo averlo legato a un'estremità del filo di cotone, appenderlo a una bacchetta di vetro; immergerlo poi nella soluzione sopra-satura ancora tiepida, a 2-3cm dal fondo del recipiente. Lasciare a riposo il recipiente chiuso per alcuni giorni (2-6). È opportuno, per evitare impurità nella soluzione, che il recipiente sia protetto con una carta da filtro. Estrarre il cristallo e asciugarlo con carta assorbente. Al posto del cristallo sospeso al filo si possono anche mettere sul fondo alcuni cristallini.



Osservazioni: gli alunni notano che il cristallo-seme si è notevolmente accresciuto, assumendo fra l'altro interessanti forme geometriche.

Conclusioni: gli allievi concludono che l'accrescimento non è una caratteristica peculiare dei viventi. Nello stesso modo gli studenti verificano la validità degli altri criteri proposti. La fotoresistenza contenuta nella scatola-laboratorio viene utilizzata per la verifica del criterio *sensibilità*.

Esperimento n. 2 - Verifica del criterio 'sensibilità e movimento'

Obiettivo: scoprire se la sensibilità è una caratteristica peculiare dei viventi.

Materiale: fotoresistenza al solfuro di cadmio diametro minimo 1cm, lampada da 12Volt 0,04Ampère (0,5Watt), tre fili con morsetti, quattro pile da 4,5 Volt, torcia elettrica (oppure altro materiale analogo).

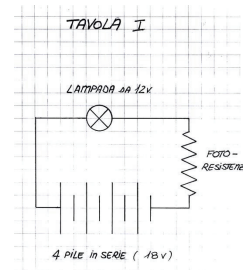
Procedimento: collegare in serie le quattro pile e costruire il circuito secondo lo schema della Tav. 1.

Primo caso: se la luce dell'ambiente è sufficiente (la lampada è accesa), coprire con un corpo opaco la fotoresistenza.

Secondo caso: se la luce dell'ambiente è scarsa (la lampada è spenta), illuminare con la torcia la fotoresistenza.

Osservazioni: nel primo caso gli allievi notano che la lampada si spegne quando la fotoresistenza è meno illuminata; nel secondo caso osservano che la lampada si accende quando la fotoresistenza è intensamente illuminata.

Nello stesso modo l'alcol metilico contenuto nella provetta nella scatola viene utilizzato per verificare il criterio *movimento*. L'osservazione degli pseu-



dopodi emessi dalle gocce dell'alcol lasciato cadere su un vetrino portaoggetti (colorato con qualche goccia di blu di metilene) induce gli studenti ad affermare che il movimento non è un criterio che ci consenta di classificare i viventi, in quanto caratteristica che appartiene anche ai non viventi.

Dalla discussione emergono altre osservazioni effettuate in laboratorio:

- 1) l'inchiostro '*si muove*' lungo la carta assorbente immersa in una capsula contenente inchiostro, fino a una certa altezza;
- 2) l'estremità superiore della colonna di liquido cambia posizione ('*si muove*') quando il termoscopio viene immerso nei diversi recipienti;
- 3) la limatura di ferro '*si muove*' fino ad assumere una configurazione caratteristica seguendo gli spostamenti della calamita;
- 4) l'ago di una bussola, posto vicino a un filo percorso da corrente, si sposta e tende a disporsi perpendicolarmente rispetto alla posizione di partenza. Ad ogni apertura del circuito l'ago torna alla posizione iniziale.

Esperimento n. 3 - Verifica del criterio 'nutrizione e respirazione'

In relazione al criterio 'Nutrizione e respirazione', occorre ricordare che per gli studenti queste sono essenziali funzioni vitali, che si riducono ad un'unica definizione: introduzione nell'organismo vivente di sostanze solide, liquide e gassose. Nella loro esperienza il nutrirsi ha come conseguenza l'accrescersi. La discussione porta l'attenzione sul cristallo e sui semi di fagiolo e di orzo che si trovano nella scatola-laboratorio. Si decide allora di predisporre un'esperienza che confronti l'accrescimento di un cristallo con quello di un seme di fagiolo.

Problema: stabilire se il criterio nutrizione è rigoroso per classificare i viventi dai non viventi.

Ipotesi: verificare sperimentalmente se esiste un non vivente che si nutre come un vivente. In base all'esperienza precedente, i cristalli si accrescono se posti nella loro soluzione: il cristallo '*si nutre*' della sua soluzione?

Materiale: cotone, orzo, fagioli, acqua, cristalli di allume di rocca di varie dimensioni, piastra elettrica (fonte di calore), bilancia analitica, beker, bacchette di vetro, cilindro graduato, capsule Petri.

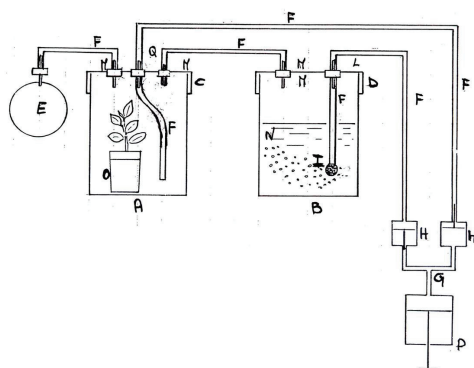
Procedimento: preparare un cristallo-seme di allume di rocca e porlo nella soluzione soppasatura come da esperimento 1. Preparare dei germinatoi con acqua, semi di orzo, soia e fagioli, cotone idrofilo, in provette o in capsule Petri e beker, da annaffiare regolarmente ogni giorno con acqua minerale e tenere all'aria e alla luce. Versare acqua calda nella soluzione soppasatura dove è rimasto immerso per alcuni giorni il cristallo-seme di allume di rocca.

Osservazioni e conclusioni: dopo aver proceduto come nell'esperimento precedente, si osserva che l'accrescimento del cristallo è facilmente reversibile, mentre la trasformazione subita dal seme di fagiolo, o dai semi di orzo, appare un fenomeno complesso e non reversibile. *Dalla discussione emerge che la respirazione fa parte della nutrizione, ma non è risultato facile dimostrarlo.* La proposta sperimentale che la maggior parte degli studenti formula è far crescere un vivente fornendogli le sostanze solide e liquide, modificando quelle gassose.

Nella scatola laboratorio erano presenti vasi di vetro, tubi di plastica, raccordi per aria compressa, idrochinone, soda caustica, semi di orzo; viene progettato e realizzato un esperimento che utilizza la seguente apparecchiatura.

Legenda

A, B = vasi di vetro; C, D = coperchi metallici a vite; in uno di essi occorre praticare tre fori e nell'altro due fori con diametro di 8mm per l'inserimento dei raccordi per aria compressa; E = palloncino da mare; F = tubi di plastica; G = trevie; H = valvole unidirezionali; I = pietra porosa; L, M = raccordi maschio con relativo dado; N = soluzione di idrochinone e idrossido di sodio o acqua; O = germinatoi; P = siringa; Q = raccordi maschio e femmina.



L'esperimento consiste nel porre in A un germinatoio di orzo e in B una soluzione di idrochinone e soda caustica che reagisce con l'ossigeno dell'aria; questo modifica l'atmosfera a disposizione delle piantine di orzo. L'apparecchiatura, dotata di una pompa (P), consente di far passare tutta l'aria attraverso la soluzione posta in B. I raccordi per aria compressa non consentono scambi d'aria con l'esterno. In parallelo in un altro impianto analogo, o in seguito con la stessa apparecchiatura, si conduce l'esperimento di controllo con acqua distillata al posto della soluzione di idrochinone.

Osservazioni: durante la prima operazione di pompaggio si nota che la soluzione di idrochinone e idrossido di sodio cambia colore fino a diventare marrone scuro; contemporaneamente si osserva una diminuzione di volume del palloncino di questa apparecchiatura, mentre nulla cambia nell'altro impianto. Al termine dell'esperimento è abbastanza evidente che solo le piantine che si trovano nell'apparecchiatura con la soluzione di idrochinone mostrano visibili segni di sofferenza e/o hanno subito rallentamenti della crescita. Introducendo nei

vasi 'A' dei due impianti dei fiammiferi accesi, gli studenti osservano che nell'apparecchiatura con la soluzione di idrochinone il fiammifero si spegne immediatamente, nella seconda apparecchiatura la fiamma non si spegne.

Conclusioni: l'aria impoverita di quel componente che si è combinato con la soluzione di idrochinone e che non mantiene la combustione (ossigeno) è indispensabile alla vita del vivente. I due esperimenti effettuati consentono agli allievi di dare una risposta ai problemi aperti con le ipotesi da loro formulate quali: *la nutrizione e la respirazione sono criteri rigorosi per classificare i viventi*. Essi infatti mettono in evidenza che la nutrizione, cioè l'assunzione e la trasformazione di sostanze solide, liquide e gassose, costituisce una caratteristica peculiare dei viventi.

Esperimento n. 4 - Verifica del criterio 'riproduzione'

Per verificare la validità di questo criterio è stato effettuato un esperimento noto come esperimento di Redi, che dimostra come solo da esseri viventi si sviluppino esseri simili attraverso un complesso meccanismo noto come riproduzione. La prima versione dell'esperimento consiste nella sterilizzazione a vapore di vasi contenenti marmellate ammuffite e nell'inquinamento con muffe di marmellate poste in un vaso precedentemente sterilizzato e poi chiuso. L'osservazione dimostra che i vasi dove la sterilizzazione è avvenuta dopo l'inquinamento non porta a sviluppo di patine di muffa, mentre nel vaso inquinato dopo la sterilizzazione le muffe si sviluppano in modo evidente.

Si è poi pensato a una modifica dell'esperimento con l'utilizzo di banane tritate lasciate all'aria, alcune ricoperte da un tappo a vite, altre invece aperte ma ricoperte da una finissima garza. Questo sarebbe più opportuno in quanto c'è la possibilità di osservare i moscerini dell'aceto, mentre nell'esperienza precedente si osservavano le muffe. Questo potrebbe costituire un problema logico, poiché in alcuni casi gli studenti *non* avevano classificato le muffe fra i viventi. Ora siamo in grado di rispondere alla domanda posta all'inizio: *"È un essere vivente?"* Abbiamo notato che è possibile una distinzione fra viventi e non viventi attraverso le seguenti osservazioni: *Un essere è vivente quando è capace sia di nutrirsi che di riprodursi; quando non sono presenti queste due capacità, si tratta di non viventi"*⁴⁵. Il carattere metodologico che contraddistingue questo

⁴⁵ In questa fascia scolastica i *criteri di classificazione* (vivente/non vivente) diventano sempre più fini e sono proposti dagli studenti, che poi progettano e realizzano esperimenti per verificarne la validità. I criteri proposti e ritenuti validi sono funzionali alla costruzione del sapere successivo. La nutrizione, anche se in certi casi è stata messa a confronto con l'ossidazione del ferro (ruggine), risulta una trasformazione molto complessa della materia del vivente, che lo studente può solo intuire. La definizione di vivente attraverso questi due criteri è funzionale al percorso successivo che li porterà all'analisi della fotosintesi clorofilliana (nutrizione autotrofa) e alla definizione di vivente come organismo fatto di cellule.

percorso di biologia è quello di riproporre sempre lo stesso metodo di indagine per giungere alla formulazione di concetti sempre più precisi.

Secondo interrogativo: animale o vegetale?

Il secondo interrogativo è: *È un animale o un vegetale?*

Ora non si ripropone una nuova scatola laboratorio. Anche se la prima scatola conteneva già esemplari dei vegetali e degli animali, ora è l'ambiente la nostra scatola laboratorio. Gli studenti hanno in genere proposto i criteri di classificazione seguenti:

1. *sensibilità*, 2. *movimento*, 3. *forma*, 4. *riproduzione*, 5. *nutrizione*.

Vengono messi in discussione i quattro criteri, ritenuti non validi ai fini della classificazione. I criteri 1 e 2 vengono discussi con semplici ricerche e osservazioni.

1. *Dionea muscipula* e *Mimosa pudica* ci dimostrano che la sensibilità non è una caratteristica che appartiene solo al regno animale.

2. Un approfondimento sui tropismi (su libri) ci dimostra che nel mondo vegetale sono presenti movimenti quali geotropismo (fagiolo capovolto in crescita), fototropismo (girasole), chemiotropismo, idrotropismo, termotropismo, aptotropismo (stimolo da contatto), traumatropismo, galvanotropismo.

Il criterio *forma* è ritenuto non valido ai fini della classificazione.

Lo studio viene effettuato mediante l'osservazione di diapositive che mostrano le forme di coralli, di fasmidi, di attinie (come l'insetto stecco o l'insetto foglia), noti a tutti come animali, ma con forma di rametti o di fiori⁴⁶.

Il criterio *riproduzione* viene affrontato sui libri di testo e attraverso studi e ricerche gli studenti scoprono che sia gli animali che i vegetali hanno modalità di riproduzione sessuata e asessuata. Pertanto si procede a considerare questo criterio non utile ai fini della classificazione⁴⁷.

Il criterio *nutrizione*: l'esperienza proposta alla scuola secondaria di I grado può essere sostituita dalla lettura di testi o dal racconto di loro esperienze, in quanto lo studente è sempre già in grado di effettuare questa ipotesi e di verificarla tramite il suo sapere ormai acquisito. Nella scuola primaria oppure nella scuola materna tali osservazioni vengono spesso già effettuate anche con visite in ambiente.

⁴⁶ Si può far riferimento anche alla storia della classificazione e all'etimologia. Gli antozoi (animali-fiori) sono stati per molto tempo considerati vegetali; sebbene già nel 1600 ne fosse stata considerata la natura animale, Linneo li classificò inizialmente fra le Crittogame e successivamente nel gruppo degli Zoofiti, a indicare la forma simile alle piante.

⁴⁷ Sarà opportuno approfondire la riproduzione dopo aver risposto al terzo interrogativo.

Esperimento n. 4 - Nutrizione 'auto' o 'etero'

Obiettivo: scoprire se la nutrizione 'distingue' gli animali dai vegetali.

Materiale: tre recipienti aventi capacità superiore a tre litri, rete a maglie molto fini o garza, una capsula Petri senza coperchio, acqua di pozzo, cotone idrofilo, diverse cimici campestri (insetti appartenenti alla famiglia dei pentatomidi prevalentemente fitofagi) e due piantine in coltura idroponica.

Procedimento: nel primo recipiente introdurre una piantina in coltura idroponica; nel secondo porre qualche insetto e una capsula Petri contenente cotone idrofilo imbevuto di acqua; infine nel terzo recipiente porre l'altra piantina e gli insetti rimasti; coprire con la rete i tre recipienti. L'esperienza descritta vuole solo essere esemplificativa, anche perché occorrerebbe realizzarla con un congruo numero di insetti e di piantine per renderla scientificamente valida. Nell'esperimento:

- la pianta oppure il germinatoio di orzo sopravvive, pur avendo a disposizione solo i fattori aria, acqua di pozzo e luce (autotrofo);
- gli insetti muoiono se posti nelle stesse condizioni, mentre vivono assieme alla pianta perché si nutrono della pianta stessa (eterotrofo).

Ora è possibile dare una risposta alle domande poste inizialmente:

"Che cosa differenzia un animale da un vegetale? Di tutti i criteri proposti, l'unico che ci consente di dare la risposta è la nutrizione. Un vivente è un vegetale quando è autotrofo, è invece un animale quando è un eterotrofo"⁴⁸.

A questo punto prima di affrontare il percorso per dare risposta al terzo interrogativo è opportuno rinforzare il concetto di nutrizione autotrofa attraverso una semplice esperienza denominata: *germinatoi a confronto*.

Si individuano facilmente dalle esperienze precedenti i fattori indispensabili alla nutrizione delle piante: acqua, aria, luce. Una serie di osservazioni sull'acqua di pozzo e sull'acqua distillata inducono facilmente gli studenti a sostenere come fattore anche i sali minerali. Così si predispongono i seguenti germinatoi di orzo in quattro beker, secondo le indicazioni seguenti:

- beker A: mettere a disposizione delle piante tutti i fattori in esame;
- beker B: non fornire più acqua eliminando l'eventuale acqua residua;
- beker C: porlo in ambiente privo di luce ma aerato e innaffiare regolarmente con acqua di pozzo;
- beker D: continuare a innaffiare con acqua bidistillata.

⁴⁸ Questi insetti e piante possono essere sostituiti da altri abbinamenti: due piante di patata in coltura idroponica (*Solanum tuberosus*) e dorifore della patata (*Leptinotarsa decemlinea*), due piante di carota in coltura idroponica (*Daucus Carota*) e due bruchi di macaone (*Papilio machaon*). In questo modo si può eseguire l'esperimento in qualsiasi periodo dell'anno.

Il risultato è così riassumibile: “Nel beker A si originano rigogliose piantine, nel beker B le piantine avvizziscono, nel beker C si ottengono piantine gialle, filiformi, incapaci di sostenersi e nel beker D le piante crescono ugualmente ma sono molto più basse e meno rigogliose rispetto a quelle presenti in A. L’esperienza mostra che *l’acqua, i sali minerali e la luce* sono indispensabili alla vita della pianta. Lo studio dell’aria come fattore indispensabile alla vita, fatto per studiare il criterio respirazione, viene approfondito a parte attraverso una serie di esperienze, che chiariscono il ruolo dei due gas ossigeno e anidride carbonica nella respirazione e nella fotosintesi clorofilliana”.

Terzo interrogativo: quali elementi sono comuni ai viventi

Il terzo interrogativo è: “*Esiste un comune elemento in tutti gli esseri viventi?*”. Si potrebbe proseguire la ricerca ponendosi la domanda: “*Cosa cercare nella pianta, per individuare le strutture che provvedono a nutrirla?*”.

L’autotrofia stimola la fantasia degli studenti che, spinti anche da preconoscenze, cercano nelle foglie le risposte. Dall’osservazione a occhio nudo si passa in modo spontaneo all’osservazione con la lente e successivamente col microscopio ottico composto oppure, a seconda della strumentazione a disposizione, con il microscopio stereoscopico poi con quello ottico composto. Questo consente di scoprire che esistono delle ‘aperture’ (stomi). Contemporaneamente gli studenti si accorgono delle unità elementari di cui è formata la foglia: *le cellule*. Si può poi procedere con osservazioni sistematiche di tessuti della foglia (sezioni e pagina inferiore e superiore) di cipolla e di cellule della mucosa della guancia, mettendo in evidenza similitudini e differenze in quanto queste ultime sono cellule animali. Tali cellule hanno forma geometrica variabile, sono di discrete dimensioni e, a causa della tecnica di prelievo, sono disposte in caotici ammassi. È visibile il *nucleo* di piccole dimensioni. Si osserva un solo involucro non rigido colorato: *la membrana cellulare*. Gli alunni, con microscopi a debole ingrandimento, osservano che anche nei tessuti di cipolla sono presenti cellule, e che sono disposte in un reticolo; mentre a forte ingrandimento osservano che ogni celletta presenta una parete rigida esterna: *la parete cellulare della cellula vegetale*. A volte possono osservare masserelle vicino alla parete facilmente colorabili: *i nuclei*. Le foto effettuate al microscopio stereoscopico on-line di cristalli di sale – che erano stati classificati nei non viventi – mostrano che le cellule in questi non ci sono. *Pertanto è possibile fornire una nuova definizione di vivente: organismo costituito da cellule.*

L’attività lascia aperti degli interrogativi in relazione a funghi e licheni. Gli studenti hanno capito il metodo e al termine del percorso sono consapevoli che

qualsiasi concetto introdotto è stato affrontato nella storia della conoscenza con metodologie del tipo utilizzato. Ulteriori osservazioni di tessuti animali e vegetali li porteranno ad approfondire la *teoria cellulare*.

Dal macroscopico al microscopico - Scuola secondaria di I grado

Criteri, elementi ritenuti significativi	Specificità nell'esperienza proposta
L'uomo è giunto alla scoperta del mondo microscopico partendo da osservazioni macroscopiche dell'ambiente (quello che viene percepito con gli organi di senso). Criterio importante è riproporre allo studente lo stesso itinerario nell'acquisire le conoscenze biologiche. Il lavoro si adegua all'evoluzione cognitiva dello studente in una fase di passaggio tra il pensiero operativo-concreto e il pensiero ipotetico-deduttivo. Tre interrogativi chiave per i primi studi sui viventi: A: <i>È un essere vivente?</i> B: <i>Che cosa differenzia un animale da un vegetale?</i> C: <i>Esiste un comune 'elemento' in tutti gli esseri viventi?</i>	<p>A. Dopo l'osservazione di un ambiente, o di una scatola contenente oggetti, vegetali e animali opportunamente scelti, si chiede allo studente di classificarli (dopo aver discusso i criteri di classificazione di bottoni, figure geometriche, biglie). I <i>criteri di classificazione</i> sono verificati uno ad uno tramite la progettazione e l'esecuzione di esperienze che utilizzano materiali della scatola 'laboratorio'. Tali esperimenti invalidano vari criteri (es., <i>sensibilità, accrescimento, movimento</i>), e confermano quelli che, dopo ampia discussione, si ritengono indispensabili.</p> <p>B. Di nuovo gli studenti propongono criteri di classificazione (<i>sensibilità, movimento, forma, riproduzione, nutrizione...</i>). Si progettano e si realizzano esperimenti per convalidare o confutare i criteri proposti.</p> <p>C. Dall'importanza dei tessuti fogliari si rileva la necessità di analizzare in modo più approfondito la struttura del tessuto con l'uso di lenti e successivamente di microscopi. Dopo una serie di osservazioni di tessuti vegetali si procede con osservazioni di foglie di cipolla, dell'epidermide delle foglie e della mucosa della bocca.</p>

DALLA MATERIALITÀ DELL'ARIA AI GAS

Antonio Testoni

Docente di chimica di scuola secondaria di II grado

Premessa

La scienza è un'interpretazione del mondo mediante gli strumenti disponibili in una certa epoca e in un certo contesto culturale. Il *sapere scientifico* è storicamente determinato, né vero, né falso, ma semplicemente più o meno in grado di interpretare la realtà. Gli scienziati elaborano congetture mediante le quali cercano di rendere conto di come va il mondo, ma nessuno sa se tali interpretazioni sono verità assolute. Queste considerazioni epistemologiche hanno una valenza significativa nell'insegnamento, infatti è indispensabile, per contribuire efficacemente allo sviluppo cognitivo del ragazzo, non ispirarsi a un'impostazione pedagogica che si basa su un'idea falsa della scienza, del metodo scientifico, del rapporto che intercorre tra i fenomeni, le ipotesi e le teorie. Un insegnamento che non riesca costantemente a far cogliere, nei concetti scientifici fondamentali, *la dimensione dell'ipotesicità, il fatto cioè che i concetti rappresentano una soluzione di determinati problemi sperimentali e teorici, non permette la loro effettiva comprensione e veicola un'immagine falsa della scienza. La problematicità e il significato dei concetti scientifici portanti possono essere compresi solo se si ricostruisce il contesto nel quale sono nati, cioè i quadri teorici e sperimentali che hanno reso possibile l'enucleazione del problema. Tutto ciò non significa sostituire l'insegnamento tradizionale delle scienze con la storia delle scienze, ma utilizzare momenti e aspetti di questa e dell'epistemologia particolarmente adatti per collocare problemi, ipotesi e soluzioni nella giusta cornice.*

*"Il processo del fare scienza è narrativo. Consiste nel produrre ipotesi sulla natura, nel verificarle, correggerle e rimettere ordine nelle idee. (...) Non sto proponendo di sostituire la scienza con la storia della scienza. Sostengo invece che la nostra istruzione scientifica dovrebbe tener conto in ogni sua parte dei processi vivi del fare scienza, e non limitarsi ad essere un resoconto della scienza finita quale viene presentata nel libro di testo e nel comune e spesso noiosissimo esperimento di dimostrazione. (...) Non è un mistero che a molti giovani che oggi frequentano la scuola la scienza appaia disumana, fredda, noiosa, malgrado gli innumerevoli sforzi degli insegnanti di scienze e delle loro associazioni. L'immagine della scienza come impresa umana e culturale migliorerebbe molto se la si concepisse anche come una storia degli esseri umani che superano le idee ricevute. (...) Può darsi che abbiamo sbagliato staccando la scienza dalla narrazione della cultura"*⁴⁹.

⁴⁹ J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 2001.

Ragionando di aria e di gas

I gas. Lo stato gassoso presenta notevoli problemi cognitivi. Da ricerche fatte con bambini ed adolescenti emerge che concezioni alternative e punti di vista lontani da quelli oggi accreditati sono molto diffusi. Per quanto riguarda il concetto di 'stato gassoso', già Piaget⁵⁰ aveva notato che il termine gas è piuttosto estraneo e caso mai si riferisce solo al gas combustibile. La parola aria, specie nel senso di brezza, è nota fin dalla più tenera età e spesso viene associata a cose invisibili, come lo spirito, i sogni, il pensiero. Gli studi riportati da Cavallini e Grimellini confermano che lo stato gassoso rappresenta lo stato della materia più complesso psicologicamente. È infatti molto diffusa tra gli allievi l'idea che i gas non abbiano peso, ossia non siano costituiti da materia. Tale convinzione si basa sull'osservazione che i palloncini gonfiati con un gas tendono a fuggire verso l'alto. La maggior parte degli allievi della scuola elementare pensa, sulla base di questi dati percettivi, che quanto maggiore è la quantità di gas immessa in un palloncino, tanto minore è il suo peso⁵¹.

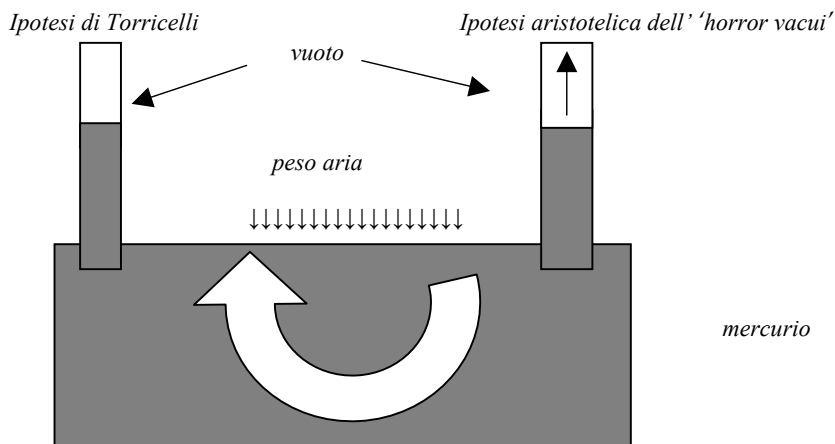
Riteniamo che, mentre la concettualizzazione fenomenologica dei liquidi e dei solidi possa avvenire alla fine della scuola elementare, quella dei gas possa realizzarsi soltanto tra la scuola secondaria di I grado e la scuola secondaria di II grado. Ciò non significa che precedentemente non si possano effettuare esperimenti nei quali siano coinvolti dei gas, come aria e vapore acqueo. *Ma concettualizzare lo stato gassoso, cioè comprendere alcune caratteristiche distintive di questo stato della materia che possano permettere di definirlo è cosa ben diversa.*

Anche un'analisi di tipo storico ed epistemologico del concetto di materialità dell'aria suggerisce che per sviluppare un lavoro didattico significativo sui gas si debba necessariamente partire dall'aria. Come per l'umanità, anche per lo studente l'acqua e l'aria hanno un ruolo particolare, rappresentano il prototipo rispettivamente dei liquidi e dei gas, con una differenza fondamentale: mentre altri liquidi sono presenti nella vita quotidiana, gli altri gas non sono presenti alla percezione. In realtà, lo studente assimila precocemente alcuni termini che indicano gas, quali ossigeno, azoto, anidride carbonica, metano, ecc., ma queste sono solo parole cui non corrisponde nessun concetto, dato che il concetto spontaneo di gas è un non concetto in quanto non vi è associato neppure per il prototipo nessuna caratteristica distintiva. Le proprietà dell'aria connesse ai nomi di Torricelli e Boyle sono tutt'altro che autoevidenti. Basta ricordare che Galileo stesso, nonostante

⁵⁰ J. Piaget, *La rappresentazione del mondo nel fanciullo*, Einaudi, Torino, 1955.

⁵¹ G. Cavallini, *La formazione dei concetti scientifici*, La Nuova Italia, Firenze, 1995. N. Grimellini Tomasini, G. Segrè, *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze, 1991.

avesse affrontato il problema, continuò a ragionare in termini di 'paura del vuoto' (*Horror vacui*). La semplice esecuzione dell'esperimento di Torricelli, senza alcuna contestualizzazione, non porta a nessuna comprensione significativa.



La comprensione di queste proprietà dell'aria costituisce il prerequisito per costruire la generalizzazione dello stato gassoso, per potere comprendere e osservare altre arie (altri gas). Inizialmente furono chiamate arie, volendo con ciò intendere che erano *fisicamente simili all'aria ma chimicamente diverse*.

Una ricostruzione storica: il 'bagno' pneumatico

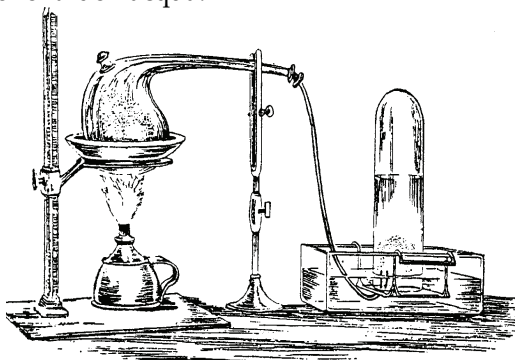
Vi è una rilevante asimmetria: mentre lo stato solido e lo stato liquido sono sempre stati percepiti dall'umanità, lo stato gassoso ha iniziato a esistere solo recentemente, a partire dagli inizi del Settecento. Fenomeni ed esperimenti nei quali erano implicati gas erano conosciuti dall'antichità, ma i gas sfuggivano all'osservazione, alla percezione diretta. Le scoperte di Torricelli e Boyle furono possibili grazie all'invenzione di particolari dispositivi che permettevano di vedere l'aria, e di poterla osservare in modo talmente accurato da poterne misurare alcune proprietà. Lo strumento fondamentale è ovviamente quello di Torricelli, che permette di racchiudere l'aria e di conoscerne la pressione semplicemente misurando il dislivello.

Lo strumento di Torricelli diventerà un secolo dopo, per tutto il Settecento, lo strumento fondamentale della chimica, l'equivalente per la chimica del microscopio per la biologia e del cannocchiale per l'astronomia. Venne chiamato *bagno pneumatico*; in genere si utilizzava acqua al posto del mercurio. Rispetto agli altri due strumenti citati è particolarmente banale, e probabilmente come

dispositivo in sé era già conosciuto da molto tempo, ma diventò uno strumento scientifico significativo solo dopo che Torricelli l'ebbe usato per confermare le sue ipotesi, e assurse al ruolo di 'microscopio' della chimica soltanto dopo che Hales iniziò ad utilizzarlo in modo insolito, per raccogliere le arie che si producevano in seguito a trasformazioni chimiche.

Utilizzato in questo modo, il bagno pneumatico permise nell'arco di 50 anni di popolare di alcuni elementi lo stato gassoso. Black scoprì un'aria più pesante dell'aria atmosferica e incapace di mantenere la combustione e la respirazione; la ottenne dalla decomposizione del calcare o più semplicemente dalla reazione tra un acido e il calcare: era diossido di carbonio (anidride carbonica). Black la chiamò aria fissa, volendo così intendere quell'aria contenuta nel calcare; venne chiamata anidride carbonica ottant'anni dopo, quando si capì che era un composto acido di carbonio e ossigeno. Alcuni anni dopo le ipotesi di Black, si scoprì che da un altro tipo di reazioni note da secoli, quelle tra acidi e metalli non nobili, si otteneva un'aria infiammabile molto più leggera dell'aria, che venne successivamente chiamata idrogeno, quando ci si rese conto che era uno dei due componenti dell'acqua.

Il bagno pneumatico permise di scoprire il terzo stato di aggregazione della materia, quello gassoso e di sviluppare la chimica delle arie. Diventò possibile osservare innumerevoli trasformazioni chimiche, note da secoli o millenni, quali, ad esempio, la calcinazione del calcare. Questa è stata una reazione particolarmente importante, perché permetteva di ottenere la calce,



un legante utilizzato nelle costruzioni. Si sapeva che occorreva riscaldare il calcare in modo energetico, in apposite fornaci, e che la resa era circa del 50% in peso. Solo verso la metà del Settecento si comprese che questa trasformazione consiste nella decomposizione del carbonato di calcio in calce e anidride carbonica:

carbonato di calcio = calce + aria fissa (anidride carbonica)

mentre prima essa veniva semplicemente descritta in questi termini:

carbonato di calcio = calce.

Dall'esperienza al pensiero scientifico

La nascita del concetto di gas permette di sottolineare un aspetto fondamentale della scienza contemporanea circa l'interpretazione della natura. *"Mentre fino al Rinascimento circa si riteneva che tali procedure consistessero essen-*

zialmente nel prendere nota di ciò che succede nel mondo che ci circonda, dall'inizio della rivoluzione scientifica si è compreso che: l'esperienza non va solo osservata ma interrogata. Ciò significa che anche in queste procedure il soggetto è attivo e non solo passivo. Quest'attività si esplica anzitutto nella preparazione dell'esperimento (...) che non coinvolge solo un aspetto tecnologico, bensì anche uno essenzialmente teorico. Per porre una chiara interrogazione bisogna infatti avere preventivamente un'idea sulle risposte che si possono ottenere; bisogna cioè possedere, in via ipotetica, una 'teoria' del fenomeno indagato. Ciò fu compreso fin dai primi passi della scienza moderna ed è oggi sottolineato da tutti gli epistemologi⁵².

Dal punto di vista metacognitivo, queste riflessioni di Ludovico Geymonat sono particolarmente pregnanti per ritornare sugli argomenti trattati. È infatti possibile constatare che:

1) fin che ci si limita all'osservazione del fenomeno, fin che ci si colloca in modo passivo, la comprensione dello stesso risulta molto limitata;

2) la conoscenza adeguata della trasformazione diventa possibile *andando oltre l'esperienza fenomenica*, cioè quando si effettua l'esperimento con un dispositivo sperimentale opportuno. È possibile quando ci si colloca di fronte al fenomeno in modo attivo, quando cioè si propone *un'ipotesi* del fenomeno, che si cerca di confermare con l'esperimento;

3) il dispositivo sperimentale, lo strumento che permette, effettuando l'esperimento, di interrogare la natura, è in questo caso molto semplice. Ciò che non è banale, che è il frutto di un'intuizione geniale, è l'utilizzo di questo dispositivo per raccogliere della materia non visibile, dell'aria, prodotta da trasformazioni chimiche. Questo strumento diventa banale soltanto dopo che *qualcuno è stato in grado di concepire, seppure in via ipotetica, l'idea che una sostanza solida o liquida sia costituita anche di aria*.

Dalla materialità dell'aria ai gas

Criteri, elementi ritenuti significativi	Specificità nell'esperienza proposta
Vi è <i>discontinuità</i> totale tra esperienza quotidiana, senso comune e la maggior parte dei concetti fondamentali. - È un'illusione pensare che i concetti fondamentali delle discipline scientifiche possano essere riscoperti dagli studenti e che un insegnamento di tipo speri-	Stabilire la <i>materialità</i> dell'aria. Questo concetto viene chiarito utilizzando il suo contrario: il <i>vuoto</i> . La storia del pensiero scientifico e filosofico ci dimostra quanto tale concetto sia ostico e sia resistente la convinzione razionale ed emotiva che il vuoto sia impossibile. Il filo conduttore sarà quindi <i>l'esistenza del vuoto</i> . - Si proseguirà il cammino storico che ha permesso di comprendere che l'aria è <i>chimicamente attiva</i> (è in grado di reagire) e che ha portato a individuare la prima 'aria' diversa da quella atmosferica (anidride carbonica), cioè un <i>gas</i> .

⁵² L. Geymonat, *Lineamenti di filosofia della scienza*, Mondadori, Milano, 1985.

mentale possa rispondere in modo adeguato a questa esigenza. *Essi devono essere debitamente contestualizzati.*

- La scuola di base pone le premesse indispensabili per lo sviluppo di un 'atteggiamento scientifico': osservare, fare ipotesi e verificarle, saper parlare e scrivere di quello che si sta studiando, appropriarsi di un linguaggio sempre più specifico.

- Nella scuola secondaria di II grado si completa il passaggio dai concetti di senso comune ai concetti scientifici attraverso la *contestualizzazione storica* ed epistemologica.

- Dal punto di vista didattico il riconoscimento di questa storicità è fondamentale, se si vuol costruire un percorso che sia culturalmente significativo, cioè volto alla costruzione di significati e non solo alla conoscenza di leggi, teorie, modelli. Tenere nella dovuta considerazione questioni del tipo *"Come facciamo a sapere che...? Perché crediamo che...? Quali sono le prove per...?"* costituisce quel contesto di senso necessario per l'accesso ai significati.

- Un passaggio essenziale anche dal punto di vista psicologico: non ci si sente stupidi se ci si rende conto che le difficoltà nella comprensione della fenomenologia sono quelle che gli uomini hanno manifestato nella fase prescientifica. La comprensione dell'esperienza di Torricelli presenta per gli alunni gli stessi problemi cognitivi che presentava per gli uomini del Sei-Settecento. Seguendo la storia del pensiero scientifico costruiamo le nostre acquisizioni.

Prima parte: Cos'è l'aria?

1) Gli studenti eseguono semplici esperienze che introducono il problema dell'esistenza del vuoto (ad esempio, si cerca di far uscire lo stantuffo di una siringa tenendo tappato il foro in cui si mette l'ago).

2) Illustrazione dell'esperienza di Torricelli con discussione: la causa del fenomeno sta nella presenza del vuoto che viene a crearsi *dentro* il tubo. È il vuoto che risucchia lo stantuffo, che trattiene il liquido sospeso all'interno del tubo.

3) Lettura di scritti di Torricelli e spiegazione della causa del dislivello di mercurio. La causa dei fenomeni è da ricercarsi *fuori* dal tubo, è la presenza di aria che, con il suo peso, impedisce al mercurio di fuoriuscire dal tubo. È l'aria che 'spinge' e non il vuoto che risucchia. Questa ipotesi va molto oltre l'*apparenza fenomenica*: normalmente non ci si rende conto che l'aria ha un peso.

4) La scoperta della *pesantezza dell'aria* permette di comprendere che l'aria è costituita di materia simile a quella dei corpi solidi e liquidi, anche se in uno stato più rarefatto.

5) Se l'aria ha un peso, come mai noi non lo avvertiamo? Il contributo di Pascal e la definizione del concetto di *pressione*.

Seconda parte: La nascita del concetto di gas

1) Assemblaggio e funzionamento del bagno pneumatico. Lo strumento principale per la raccolta e lo studio delle 'arie' è il bagno pneumatico ideato da Hales nella prima metà del '700. Hales e la decomposizione termica del carbonato di calcio. Esecuzione di una reazione antichissima utilizzata per trasformare le rocce calcaree in calce a seguito di un energico riscaldamento; se è fatta avvenire in un recipiente chiuso collegato con un bagno pneumatico, si nota la formazione di bollicine di 'aria'.

2) Conferma dell'ipotesi di Hales: *l'aria reagisce*. Questa è un'acquisizione concettuale fondamentale.

3) L'aria che si forma dalla decomposizione del calcare è veramente aria? Black e la scoperta dell'aria fissa (anidride carbonica). L'aria prodotta dalla decomposizione termica del calcare viene raccolta con il bagno pneumatico e sottoposta ad alcune 'prove'. Questa 'aria' è diversa da quella atmosferica in quanto non mantiene la combustione, non mantiene la vita e fa diventare torbida una soluzione di calce; verrà chiamata 'aria fissa', cioè aria fissata nel calcare.

4) Questo permette di chiarire aspetti essenziali della formazione-decomposizione del calcare: l'aria fissa 'entra' nella calce per formare il calcare e ne 'esce' per dare la calce.

5) La scoperta dell'aria fissa solleva nuovi e *fondamentali problemi* che stimolano la ricerca: esistono altre arie? L'aria atmosferica è formata da un solo tipo di aria o da più arie?

6) Il fatto che l'aria sia chimicamente attiva e che esistano diverse 'arie' getta luce nuova su combustione e *respirazione*.