



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Biologia

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN BIOSCIENZE
INDIRIZZO DI BIOLOGIA EVOLUZIONISTICA
CICLO XXIII

**METODOLOGIE DIDATTICHE NELL'INSEGNAMENTO
DELLA TEORIA EVOLUZIONISTICA**

Direttore della Scuola: Ch.mo Prof. Giuseppe Zanotti

Coordinatore d'indirizzo: Ch.mo Prof. Giorgio Casadoro

Supervisore: Ch.ma Prof.ssa Ester Piccinni

Dottorando: Tiziano Trevisan

ABSTRACT

The present research compares the results obtained by using two different methods of instruction in teaching Darwin's evolution theory: laboratory activities and traditional lessons based on text-books.

I built up a teaching path on evolution using laboratory activities, in order to highlights how the main concepts of this theory (selection, adaptation, variability, inheritance, case, time) can be handled also by doing, interacting, cooperating, in other words by "putting students thinking into action". This path does not refer to a real scientific laboratory (as a physical space with materials and instruments) but to an educational laboratory, "poor" and characterised by limited in time activities. Widening the definition of laboratory allows teachers to make active and informal learning contexts, exploiting educational resources supplied by those centres which promote both culture and knowledge, as well as by specific events organized in the scientific network. Every activity has been planned to explain one or more of the main themes, using the following methods: economy of ideas, logical coherence, introductory value, scientific accuracy.

The experimental samples were third year students attending secondary school. A questionnaire was used before and after the course, to probe students' acceptance and understanding of evolution. In both methods results highlighted relevant differences in understanding concepts, in religious-based questions and in scientific facts regarding evolution. Moreover, the comparison of answers obtained using either the traditional or the laboratory method shows several differences. In particular, the percentage of students accepting and understanding the evolution theory is much higher in those who participated to laboratory lessons.

In conclusion it can be assumed that, in teaching the evolution, lessons proposing scientific experiments through active and practical activities are much more effective than lessons based on school-books and frontal methods. Thus, a teaching path based on interaction and cooperation of students in scientific laboratory is to be considered more successful.

RIASSUNTO

La mia ricerca mette a confronto i risultati ottenuti usando due diversi metodi di insegnamento: il metodo del laboratorio didattico e il metodo della lezione tradizionale basata sui libri di testo. L'argomento scelto è la teoria evoluzionistica secondo Darwin.

A tale scopo, ho costruito un percorso didattico sull'evoluzione attraverso metodiche di laboratorio, evidenziando come sia possibile affrontare i nodi concettuali della teoria (selezione, adattamento, variabilità, ereditarietà, caso, tempo) anche facendo, interagendo, cooperando, cioè "mettendo in azione" il pensiero. Il riferimento non è rivolto ad un vero laboratorio scientifico, inteso come spazio fisico che disponga di materiali e di strumenti per elaborare dati, ma a un laboratorio didattico, "povero" e limitato nel tempo. L'estensione del concetto permette la creazione di situazioni di apprendimento attivo in contesti non formali, sfruttando le potenzialità didattiche dei centri di diffusione culturale o di specifiche iniziative legate al mondo scientifico. Le esperienze realizzate sono state ricondotte a uno o ad alcuni dei nodi concettuali, e sono state concepite con criteri di economicità delle idee, di coerenza logica, di propedeuticità, di correttezza scientifica.

La realizzazione dei percorsi didattici è stata effettuata nelle terze classi di Scuole Secondarie di Primo Grado. L'attività didattica è stata monitorata attraverso un questionario di accettazione della teoria dell'evoluzione, somministrato sia prima che dopo aver frequentato le lezioni. I risultati ottenuti da entrambe le metodologie didattiche evidenziano significativi cambiamenti riguardanti la comprensione della teoria, il riconoscimento dei fatti evolutivi e il rapporto religione/scienza. Inoltre, comparando i dati ottenuti con la metodologia di laboratorio con quelli derivanti dai percorsi didattici tradizionali, si è appurato tra i primi un livello di comprensione e di accettazione maggiore. Si conferma quindi la maggior validità di dinamiche basate sull'apprendimento attivo rispetto alla staticità di metodologie che focalizzano la loro azione sul trasferimento passivo delle conoscenze.

INDICE

INTRODUZIONE	1
1. L'EVOLUZIONE NELLA SCUOLA ITALIANA	3
2. PERCHE' INSEGNARE L'EVOLUZIONE	7
2.1. L'INTEPRETAZIONE DEL MONDO NATURALE	7
2.2. L'INTERDISCIPLINARIETA'	7
2.3. IL PROCESSO DELLA RICERCA	8
2.4. LE APPLICAZIONI	9
2.5. UNA QUESTIONE EPISTEMOLOGICA	10
2.6. SINTESI	11
3. COSA E' FONDAMENTALE INSEGNARE	13
4. PUBBLICA ACCETTAZIONE DELLA TEORIA DELL'EVOLUZIONE	17
5. EVOLUZIONE, STUDENTI E INSEGNANTI	23
5.1. GLI ATTEGGIAMENTI DEGLI STUDENTI	23
5.2. SEGUIRE CORSI DI BIOLOGIA NON E' SUFFICIENTE	25
5.3. QUANDO SI INSEGNA L'EVOLUZIONE	26
5.4. IL RUOLO DEGLI INSEGNANTI	27
6. MISCONCEZIONI SULLA TEORIA DELL'EVOLUZIONE	31
6.1. MISCONCEZIONI FILOSOFICHE	31
6.1.1. L'evoluzione è solo una teoria	31
6.1.2. L'evoluzione è una spiegazione scorretta o non scientifica	31
6.1.3. L'evoluzione sostiene comportamenti umani inaccettabili	32
6.1.4. L'accettazione dell'evoluzione porta al rifiuto della religione	34

6.2. MISCONCEZIONI STORICHE	35
6.2.1. Darwin scoprì l'evoluzione	35
6.2.2. Darwin era il naturalista del Beagle	36
6.2.3. Darwin sviluppò l'idea della selezione naturale durante il viaggio sul Beagle	36
6.2.4. Le isole Galapagos furono l'unico luogo rilevante per le scoperte di Darwin	37
6.2.5. I fringuelli furono fondamentali per la nascita della teoria della selezione naturale	38
6.2.6. Darwin ha usato con disinvoltura il termine "evoluzione"	39
6.2.7. L'evoluzione è progressiva	39
6.2.8. L'evoluzione tramite la selezione naturale si deve unicamente a Darwin	40
6.3. MISCONCEZIONI COGNITIVE	41
6.3.1. Il problema del linguaggio	41
6.3.2. L'uomo è "nato per credere"	42
7. IL LABORATORIO NELLA DIDATTICA	45
7.1. IL METODO TRADIZIONALE: LA LEZIONE FRONTALE	45
7.2. IL METODO OPERATIVO: IL LABORATORIO	48
8. SCOPO DELLA RICERCA	53
9. OBIETTIVI DELLA RICERCA	55
10. STRUMENTI E METODOLOGIA D'INDAGINE	57
10.1. PROGETTAZIONE DEL PERCORSO DIDATTICO	57
10.2. ORGANIZZAZIONE DEL PERCORSO DIDATTICO	58
10.3. REALIZZAZIONE DEL PROGETTO	59
10.4. TRACCIA PER LA CONDUZIONE DI UNA ATTIVITA' DI LABORATORIO	60
10.5. QUESTIONARIO DI ACCETTAZIONE DELLA TEORIA DELL'EVOLUZIONE	68

11. RISULTATI	71
12. DISCUSSIONE	85
BIBLIOGRAFIA	

INTRODUZIONE

La teoria dell'evoluzione è un argomento tipicamente interdisciplinare. Se infatti da un lato è compito degli evoluzionisti aiutarci a capire la storia passata degli organismi che popolano il mondo, è anche vero che la ricerca di ipotesi valide sui meccanismi dell'evoluzione è uno dei settori più attivi delle scienze naturali. Varie proposte stimolanti sono state presentate, e vengono tuttora proposte, da studiosi di ogni settore delle scienze della vita: zoologi, biologi molecolari, botanici, paleontologi, genetisti di popolazione ed embriologi.

L'evoluzione è un settore di grande interesse didattico, perché consente all'insegnante di avvicinarsi in modo vivo ed attuale ai fatti naturalistici e di porre in luce quanto differenti possano essere le logiche della ricerca scientifica contemporanea. Tali logiche sono sempre legate a differenti mentalità e modi di vedere la realtà, e la storia del pensiero evoluzionistico ne fornisce esempi stimolanti. Proprio a causa della sua natura complessa e del diffondersi di diverse interpretazioni, l'evoluzionismo è una materia difficile da affrontare a scuola.

Per chi abbia un'idea della scuola come un luogo dove i ragazzi costruiscono conoscenza in un contesto sociale a partire dal riferimento alla realtà, la domanda "legittima" è se la teoria dell'evoluzione sia accessibile o no alle capacità di comprensione dei ragazzi tra gli 11 e i 14 anni. L'evoluzione costituisce sicuramente un difficile ambito di apprendimento perché tratta di fenomeni per lo più non osservabili in modo diretto, la cui spiegazione richiede l'esplorazione di altri concetti inseriti in una rete elaborata di conoscenze e relazioni, implicando una notevole complessità. Tuttavia, assumendo come presupposto l'alto valore scientifico e didattico della teoria dell'evoluzione, la sua trattazione, più che essere rimandata nel tempo a livello curricolare, impone l'adozione di adeguate metodologie didattiche. E' una sfida vera, proprio per chi pensa che si impari dal fare esperienza.

1. L'EVOLUZIONE NELLA SCUOLA ITALIANA

I programmi ministeriali per l'insegnamento delle materie scientifiche nella Scuola Secondaria di Primo Grado hanno subito una profonda revisione in tempi relativamente recenti, suscitando vivaci discussioni e controversie, in particolare proprio riguardo la trattazione delle teorie evoluzionistiche.

I programmi per la Scuola Media di Primo Grado di Scienze Matematiche Chimiche Fisiche e Naturali del 1979 (Decreto Ministeriale 9 febbraio 1979), in vigore fino alla prima metà del decennio scorso, contemplavano l'insegnamento di "struttura, funzione ed evoluzione dei viventi". Queste generiche indicazioni portarono gli autori dei testi scolastici a trattare diffusamente i temi sull'uomo e sull'ambiente, sistematizzando i principi sull'evoluzione della specie umana e comprendendo la teoria di Darwin.

La prima vera riforma dei programmi risale al 2004, regolata dalle "Indicazioni nazionali per i piani di studi personalizzati nella Scuola Secondaria di Primo Grado" (Decreto Legislativo n. 59 del 19 febbraio 2004, allegato C), in cui l'insegnamento della "teoria dell'evoluzione delle specie" viene omissivo. Di fatto scompaiono argomenti quali "l'evoluzione della Terra", "comparsa della vita sulla Terra", "struttura, funzione ed evoluzione dei viventi", "origine ed evoluzione biologica e culturale della specie umana". L'iniziativa sfocia in una vera e propria rivolta del mondo scolastico, con rimostranze sia del corpo insegnante che dei comitati studenteschi, ottenendo ampio risalto sui media nazionali. Anche la comunità scientifica ed accademica aderisce alla protesta, tanto che alcuni dei maggiori scienziati italiani inviano un appello al Ministro. Tra i firmatari ci sono i nomi del Nobel Renato Dulbecco, Margherita Hack e di un'altra decina di scienziati italiani di fama internazionale, titolari di cattedre in genetica molecolare, fisica e pediatria delle principali università del mondo. L'appello recita: *"Il mancato apprendimento della teoria dell'evoluzione per dei ragazzi di 13 -14 anni, rappresenta una limitazione culturale e una rinuncia a svilupparne la curiosità scientifica e l'apertura mentale. E' senz'altro giusto spiegare che il Darwinismo e le teorie che ne sono conseguite hanno lacune da colmare e presentano problemi insoluti, ma non si può saltare completamente l'anello che lega passato e presente della nostra specie. Chiediamo dunque al Ministero dell'Istruzione di rivedere i programmi della scuola media, colmando una dimenticanza dannosa per la cultura scientifica delle*

nuove generazioni”. Davanti a tutte queste rimostranze il Ministero dell’Istruzione affida ad un gruppo di esperti il compito di redigere un rapporto, comunque non vincolante, su Darwin e l’evoluzionismo. Il risultato dei lavori di questa commissione è un documento di una decina di pagine, in cui si afferma che l’insegnamento delle scienze non può prescindere dall’insegnamento della teoria evoluzionista e di Darwin. Nel successivo Decreto Legislativo del 17 ottobre 2005, nelle “Indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati - Obiettivi specifici di apprendimento per le Scienze per le Scuole Secondarie di Primo Grado (Allegato F)” ricompare l’indicazione dell’insegnamento della teoria darwiniana nei programmi della classe terza, nella forma “interazioni reciproche tra geosfera e biosfera, loro coevoluzione. Darwin”. Rimangono quindi escluse le scuole dell’infanzia e le scuole elementari.

Le più recenti “Indicazioni nazionali per il curriculum”, emanate con Decreto Ministeriale 31 luglio 2007 e non vincolanti, avevano lo scopo di incentivare una loro applicazione sperimentale; i dati raccolti sarebbero stati utilizzati per una riformulazione completa dei programmi di insegnamento. Anche se questo processo non è stato portato a termine, le suddette indicazioni vengono considerate ancora oggi valide per la programmazione delle attività annuali da parte degli insegnanti. Tra gli obiettivi di apprendimento al termine della classe terza della Scuola Secondaria di Primo Grado, si leggono le seguenti voci:

- individuare la rete di relazioni e i processi di cambiamento del vivente introducendo il concetto di organizzazione microscopica a livello di cellula (per esempio: respirazione cellulare, alimentazione, fotosintesi; crescita e sviluppo, coevoluzione tra specie);
- individuare l’unità e la diversità dei viventi, effettuando attività a scuola, in laboratorio, sul campo e in musei scientifico-naturalistici;
- comprendere il senso delle grandi classificazioni;
- riconoscere gli adattamenti e la dimensione storica della vita, intrecciata con la storia della Terra e dell’uomo;
- comparare le idee di storia naturale e di storia umana;
- comprendere la funzione fondamentale della biodiversità nei sistemi ambientali.

Sebbene non sia riscontrabile alcun riferimento diretto nei termini in cui l'evoluzione è caratterizzata formalmente in ambito accademico (per esempio variabilità o selezione naturale), dalle voci elencate e dalle loro estensioni interpretative, viene lasciato agli insegnanti un ampio margine di trattazione.

2. PERCHE' INSEGNARE L'EVOLUZIONE

2.1 L'INTEPRETAZIONE DEL MONDO NATURALE

I biologi che studiano patterns, meccanismi e ritmi dell'evoluzione, sono d'accordo nell'affermare che tutti gli organismi viventi condividono un unico antenato comune. Le testimonianze fossili e la diversità tra gli organismi viventi, combinate con le moderne tecniche di biologia molecolare, tassonomia e geologia, forniscono esempi esaurienti e di indiscutibile evidenza per le teorie evoluzionistiche attuali. La variabilità genetica, la selezione naturale, la speciazione e l'estinzione sono componenti sedimentate delle moderne teorie evoluzionistiche. Sperimentazioni, analisi logiche e revisioni basate sull'evidenza sono procedure che differenziano e separano chiaramente la scienza dagli altri modi di originare conoscenza. Le impressionanti similarità tra le innumerevoli differenti specie, i cambiamenti esistenti all'interno delle popolazioni e lo sviluppo di nuove forme di vita sono ben spiegate dal processo evolutivo. Escludendo l'evoluzione dai curricula scientifici o compromettendo la sua trattazione, si priverebbero gli studenti di questo fondamentale e unificante concetto nella spiegazione del mondo naturale.

2.2 L'INTERDISCIPLINARIETA'

Capire l'evoluzione è fondamentale per capire la biologia. Come afferma l'eminente scienziato Theodosius Dobzhansky (1973) "*in biologia nulla ha senso se non alla luce dell'evoluzione*". Questa nota citazione riflette accuratamente il centrale e unificante ruolo dell'evoluzione in biologia. Essa infatti offre un livello di comprensione e di interpretazione integrato, correlando discipline quali anatomia, morfologia e fisiologia dei viventi, etologia, biogeografia, genetica, biologia molecolare e quasi ogni altro aspetto delle scienze della vita. Senza l'evoluzione, la biologia verrebbe relegata a meno di una collezione di francobolli di storia naturale, in cui ogni specie è raccolta, esaminata e identificata come entità individuale, senza nessun collegamento apparente con la rimanente parte del mondo vivente.

2.3 IL PROCESSO DELLA RICERCA

Studiare l'evoluzione è un eccellente modo per gli studenti di imparare come avviene il processo della ricerca scientifica. Essa offre innumerevoli diversi esempi su come gli scienziati ottengono e analizzano le informazioni, testano ipotesi e arrivano quindi a spiegazioni accettabili per i fenomeni naturali. Capire la scienza è essenziale per prendere decisioni informate e sta diventando sempre più importante per l'innovazione e la competitività nel lavoro e nella ricerca.

Il modello di base a spiegazione di come avviene l'evoluzione è rimasto sostanzialmente intatto nel tempo. Tuttavia, lo stesso Darwin riconosceva che alcuni elementi del suo modello non potevano essere compresi in maniera soddisfacente per lo stato della conoscenza scientifica che caratterizzava il momento storico della sua formulazione. La sua strategia, si è sostenuto, consistette sostanzialmente nel trattare la variazione come una "scatola nera". Scatola nera che avrebbe cominciato a venir aperta solo molto dopo, con l'avvento della genetica e la cosiddetta riscoperta delle leggi di Mendel; successivamente, a metà del secolo scorso, la scoperta della struttura del DNA ci ha consentito di cominciare quello che oggi chiamiamo il codice genetico, in cui sono iscritte le informazioni che presiedono alla strutturazione e allo sviluppo del vivente nella sua interazione con l'ambiente (Continenza, 1998).

Il gradualismo, secondo cui i fenomeni evolutivi avvengono lentamente nel tempo, che Darwin considerava il modello di evoluzione, è stato messo in discussione. Le prove empiriche hanno dimostrato che in alcuni lineages i cambiamenti evolutivi avvengono in periodi di tempo relativamente brevi sotto l'impulso di forze selettive ambientali; questi periodi di variazione evolutiva sono intervallati da lunghi periodi di stabilità evolutiva. Questa teoria, detta degli equilibri punteggiati (Eldredge e Gould, 1972), anche se descrive in maniera più adeguata alcuni processi, è in ogni caso spiegata tramite gli stessi meccanismi darwiniani che giustificano l'evoluzione.

Ogni conflitto all'interno della comunità scientifica ha riguardato punti sottili della spiegazione evolutiva, non la sua validità o utilità complessiva, dimostrando di resistere ad un intenso scrutinio scientifico. Dibattiti, ripensamenti, cicli di verifica sono importanti elementi che caratterizzano gli sforzi e i tentativi scientifici volti a nuove scoperte, così come devono caratterizzare una sana riflessione sulla scienza. E' quindi cruciale che gli studenti ricevano un'appropriata educazione scientifica,

includendo l'evoluzione come fondamentale principio della biologia che permette la comprensione di come la conoscenza scientifica è prodotta e accumulata.

2.4 LE APPLICAZIONI

Insegnare e apprendere l'evoluzione significa dimostrare l'immenso valore pratico posseduto da questa teoria nel mondo reale.

Il principio dell'evoluzione è alla base dei miglioramenti nelle colture, negli allevamenti e in generale nei metodi agricoli. La selezione naturale giustifica l'aumento della resistenza ai pesticidi tra i parassiti delle coltivazioni e guida la progettazione di nuove tecnologie per proteggere le colture da insetti e altre patologie. Gli scienziati applicano i principi offerti dalla biologia evoluzionistica nell'ambito della conservazione ambientale: piante e batteri adatti ad ambienti inquinati sono utilizzati per sostituire la vegetazione andata persa e per la bonifica da agenti tossici. Le specie, dai microrganismi ai mammiferi, si adattano ai cambiamenti climatici; studiando il meccanismo e il tasso di queste modificazioni si può favorire la salvaguardia delle specie in via di estinzione formulando apposite misure di conservazione.

La comprensione dell'evoluzione è inoltre centrale per i progressi in medicina; l'intero campo della medicina evoluzionistica è dedicato all'uso dell'evoluzione per lo studio e il trattamento delle patologie umane. Concetti quali adattamento e mutazione informano sulle strategie e sulle terapie per combattere agenti patogeni, come per esempio l'influenza. I modelli sviluppati dai biologi evoluzionisti hanno dimostrato le connessioni tra la variabilità genetica e il rischio di essere affetti da malattie cardiache. La conoscenza delle relazioni evolutive tra le specie permette agli scienziati di scegliere gli organismi adatti come modelli per gli studi delle malattie, come l'HIV. Si stanno persino utilizzando i principi della selezione naturale per identificare nuovi approcci di determinazione e cura di malattie quali il cancro.

Gli esempi riportati riguardano solo alcuni campi di applicazione delle teorie evoluzionistiche, ma delineano con efficacia quale sia la loro importanza in molteplici ambiti di ricerca scientifica e tecnologica. L'insegnamento dell'evoluzione a livello scolastico può e dovrebbe quindi rispondere in modo adeguato alle esigenze poste dal processo di apprendimento. Infatti, secondo le linee guida dell'insegnamento, una buona azione didattica nelle discipline scientifiche non può prescindere dai riferimenti alla

realtà e deve avere come obiettivo quello di fornire indicazioni per la sua interpretazione.

2.5 UNA QUESTIONE EPISTEMOLOGICA

L'evoluzione è un fatto, una teoria o una ipotesi? I biologi spesso parlano di "teoria dell'evoluzione", ma di solito intendono qualcosa di abbastanza diverso da ciò che i non-scienziati alludono con questa frase. Nella scienza, una "ipotesi" è una supposizione fondata o un'asserzione che qualcosa potrebbe essere vero. Un'ipotesi può essere debolmente supportata, specialmente all'inizio, ma può guadagnare sostegno, finché essa diventa effettivamente un "fatto". Nell'uso quotidiano una "teoria" è una speculazione non sostenuta da prove, mentre nel linguaggio scientifico rappresenta un corpo maturo e coerente di affermazioni interconnesse, basate sul ragionamento e su prove che spiegano una varietà di osservazioni (Futuyma, 2005).

Gould (1987) sostiene che *"...l'evoluzione è ...un fatto della natura, così ben fondato come il fatto che la terra gira attorno al sole"*. Persino se si rigettasse ogni particolare meccanismo esplicativo, sarebbe veramente arduo negare la realtà dell'evoluzione come fatto, testimoniato per esempio dai tipi di cambiamento e dalla natura delle relazioni dei fossili preservati all'interno delle rocce.

Per altri versi invece, se si vuole considerare l'evoluzione una teoria, le si deve attribuire la capacità predittiva tipica delle altre teorie delle scienze fisiche. Per erigersi al rango di teoria quindi, l'evoluzione ha bisogno di un meccanismo, in grado di poter spiegare i fatti e le evidenze scientifiche. In effetti, questo meccanismo esiste ed è ben noto, correttamente definito come selezione naturale. Gould (1983) indirizza la questione affermando che *"...l'evoluzione è una teoria. Ed è anche un fatto. E i fatti e le teorie sono cose diverse, non inanellabili in una gerarchia di crescente complessità"*.

Sarebbe quindi molto istruttivo per gli studenti osservare come questa differenza viene interpretata nel mondo reale. Considerando per esempio i fossili conservati nelle rocce, si potrebbe velocemente concludere che esiste un pattern di assemblamento: gli organismi più recenti, collocati negli strati rocciosi superficiali, sono frequentemente correlati con quelli sottostanti, pur essendo diversi. L'evoluzione, come principio naturale, giustifica questo pattern di distribuzione, ma intellettualmente, non è soddisfacente affermare che lo spiega. Ciò che manca in questa definizione è un

meccanismo che spieghi come funziona il principio generale dell'evoluzione; il rimando è ovviamente al modello di Darwin-Wallace, cioè quello della selezione naturale, e solo introducendo questo meccanismo l'evoluzione può essere intesa come una teoria scientifica.

Avendo ben chiara la distinzione tra fatto e teoria, è facile constatare che è importante, quando si usa la parola evoluzione, definirne il contesto di applicazione; da una parte l'evoluzione si riferisce ai cambiamenti nel tempo, dall'altra rappresenta la spiegazione di come avvengono questi cambiamenti. Sebbene questi termini abbiano un significato unico e ben definito, solo raramente si discutono in classe le ragioni della loro distinzione, permettendone e consolidandone un uso scorretto mutuato dal linguaggio comune.

2.6 SINTESI

Riassumendo, le motivazioni per cui si ritiene fondamentale l'insegnamento dell'evoluzione sono:

- fornisce una chiave interpretativa del mondo naturale utilizzando un metodo conoscitivo ed applicativo di carattere scientifico;
- consente l'esplorazione di tematiche fondanti la biologia e ne costituisce una chiave di lettura unitaria, offrendo una correlazione tra i diversi livelli di organizzazione basati sul concetto di vivente;
- le dinamiche che hanno condotto all'enunciazione della teoria dell'evoluzione e alle sue interpretazioni riflettono peculiari percorsi che hanno portato e portano a differenti conquiste e traguardi scientifici;
- offre un esempio di solida connessione tra le scienze della vita e le altre discipline favorendo la comprensione del contributo che le varie aree del sapere possono fornire alla composizione di una teoria scientifica;
- sancisce l'importanza della conoscenza della storia del pensiero scientifico come strumento di analisi e riflessione sul mutare delle idee;
- permette la comprensione del processo di teorizzazione di un percorso di ricerca e le sue possibili ristrutturazioni, consentendo nascita e sviluppo delle idee e delle teorie scientifiche e la loro natura di prodotti rivedibili e perfezionabili;

- mette in evidenza il ruolo dei ricercatori e la natura "additiva" dei loro contributi alla costruzione del sapere scientifico.

3. COSA E' FONDAMENTALE INSEGNARE

Ernst Mayr (2001), uno dei più stimati studiosi di evoluzione del secolo scorso, ha definito l'evoluzione come *“un processo graduale attraverso il quale il mondo vivente si è sviluppato a partire dall'origine della vita”*. La National Academy of Science americana (1998) la illustra come *“cambiamenti nelle caratteristiche ereditarie di gruppi di organismi attraverso il passare delle generazioni”*. Queste due affermazioni danno una chiara definizione sia di cosa accade (cambiamento nel tempo) sia di qual è l'unità sul quale il cambiamento opera (gruppi di organismi o popolazioni).

Il meccanismo dell'evoluzione tramite la selezione naturale è basato su supposizioni correlate ma indipendenti, che Mayr (1991) ha definito *“un lungo ragionamento”*. Egli ha scelto saggiamente questa frase perché, in effetti, l'evoluzione tramite la selezione naturale è composta da una serie di asserzioni autonome che, combinate insieme, contribuiscono a comprendere e spiegare i fatti naturali relativi agli organismi viventi. Da una prospettiva pedagogica, è utile isolare e capire le componenti individuali che guidano il meccanismo evolutivo; un modo proficuo per insegnare l'evoluzione è focalizzarsi sui singoli elementi della teoria mentre si discute di come gli stessi funzionino nel complesso.

Mayr afferma che almeno cinque distinte idee contribuirono alla rivoluzione evolutiva operata da Darwin e Wallace: la scoperta che l'evoluzione stessa avviene (come fatto), la discendenza comune, la speciazione, il gradualismo e la selezione naturale. Ognuno di questi elementi esiste indipendentemente rispetto alla teoria di cui fa parte. Quando questi principi lavorano insieme la teoria prende forma e provvede a spiegare come ha luogo la discendenza con modificazione. Mayr etichetta queste idee come sottoteorie; anche se si potrebbe ritenere opinabile questa scelta, rimane però l'importanza di questo elenco perché aiuta a chiarire la varietà e la correlazione dei contributi offerti da Darwin e Wallace.

Ovviamente, le due idee evoluzionistiche più importanti sono la discendenza con modificazione, prova e implicazione dell'evoluzione, e la teoria della selezione naturale, cioè elementi correlati che spiegano come avviene il processo evolutivo. Lewis (1986) ha provveduto a stilare una lista dei postulati più significativi della discendenza con modificazione (tab. 13.1). Questo elenco può essere utilizzato dagli insegnanti per mostrare agli studenti le principali assunzioni derivanti dai fatti evolutivi.

1. All life evolved from one simple kind of organism.
2. Each species, fossil or living, arose from another species that preceded it in time.
3. Evolutionary changes were gradual and of long duration.
4. Each species originated in a single geographic location.
5. Over long periods of time new genera, new families, new orders, new classes, and new phyla arose by a continuation of the kind of evolution that produced new species (this is known as adaptive radiation).
6. The greater the similarity between two groups of organisms, the closer is their relationship and the closer in geologic time is their common ancestral group.
7. Extinction of old forms (species, etc.) is a consequence of the production of new forms or of environmental change.
8. Once a species or other group has become extinct, it never reappears.
9. Evolution continues today in generally the same manner as during preceding geologic eras (related to the geologic idea of uniformitarianism).
10. The geologic record is incomplete.

Tabella 3.1: The major assumption of descent with modification as described by Darwin. Modified from Lewis (1986).

La National Association of Biology Teachers americana (1996) ha approvato i seguenti concetti essenziali riguardanti l'insegnamento della biologia, ed in particolare della biologia evuzionistica, destinati agli insegnanti come cardini fondamentali su cui basare la propria azione didattica.

- La diversità della vita sulla terra è il risultato dell'evoluzione biologica degli organismi viventi, un processo naturale imprevedibile di discendenza con modificazione caratterizzato da selezione naturale, mutazione, deriva genetica, migrazione e altre forze biologiche e geologiche;
- La selezione naturale è il meccanismo primario responsabile dei cambiamenti evolutivi e può essere dimostrato sia in laboratorio che sul campo. Come sopravvivenza differenziale ed ereditarietà dei caratteri all'interno di una popolazione in un determinato contesto ambientale, la selezione naturale non possiede direzioni od obiettivi, inclusa la sopravvivenza di una specie;
- L'evoluzione biologica si riferisce ai cambiamenti in una popolazione, non nei singoli individui. Le modificazioni devono essere trasmesse con successo alla generazione seguente. Questo significa che l'evoluzione porta a dei cambiamenti

in una popolazione attraverso molte generazioni. Infatti, l'evoluzione può essere definita come ogni diversificazione della frequenza allelica all'interno di un pool genico da una generazione alla successiva.

4. PUBBLICA ACCETTAZIONE DELLA TEORIA DELL'EVOLUZIONE

Dal 1985 al 2005, la percentuale degli americani che accetta l'idea dell'evoluzione è scesa dal 45% al 40%, la percentuale che rigetta apertamente l'evoluzione è passata dal 48% al 39%, mentre chi non è sicuro della teoria dell'evoluzione è aumentato dal 7% al 21% (Miller, 2006). Questo studio è stato condotto su un campione di cittadini americani adulti, a cui veniva posto il quesito “gli esseri umani, così come sono conosciuti, si sono sviluppati a partire da forme di vita animali precedenti”. Dopo due decenni di dibattito pubblico quindi, la platea appare equamente suddivisa nei termini di chi accetta o rigetta la teoria dell'evoluzione, e circa una persona su cinque è insicura o ignara dell'esistenza della teoria stessa.

I risultati ottenuti sono stati comparati da ricerche analoghe svolte in 32 paesi europei (European Commission, 2005) e un'indagine nazionale giapponese (NISTEP, 2001). Questo confronto dimostra che la percentuale di accettazione della teoria dell'evoluzione tra gli adulti giapponesi ed europei è significativamente maggiore rispetto agli adulti americani; l'unico paese in cui la propensione risulta inferiore a quella americana è la Turchia. I riscontri migliori si ottengono in Islanda, Danimarca, Svezia e Francia, dove più dell'80% degli intervistati dimostra di accettare la teoria dell'evoluzione, così come il 78% dei giapponesi; in Italia questa percentuale si attesta attorno al 70% (figura 4.1). A discapito di risultati così confortanti, occorre però ammettere che la dicotomia offerta dai format basati su domande del tipo “vero-falso” tende ad esagerare la forza di entrambe le posizioni.

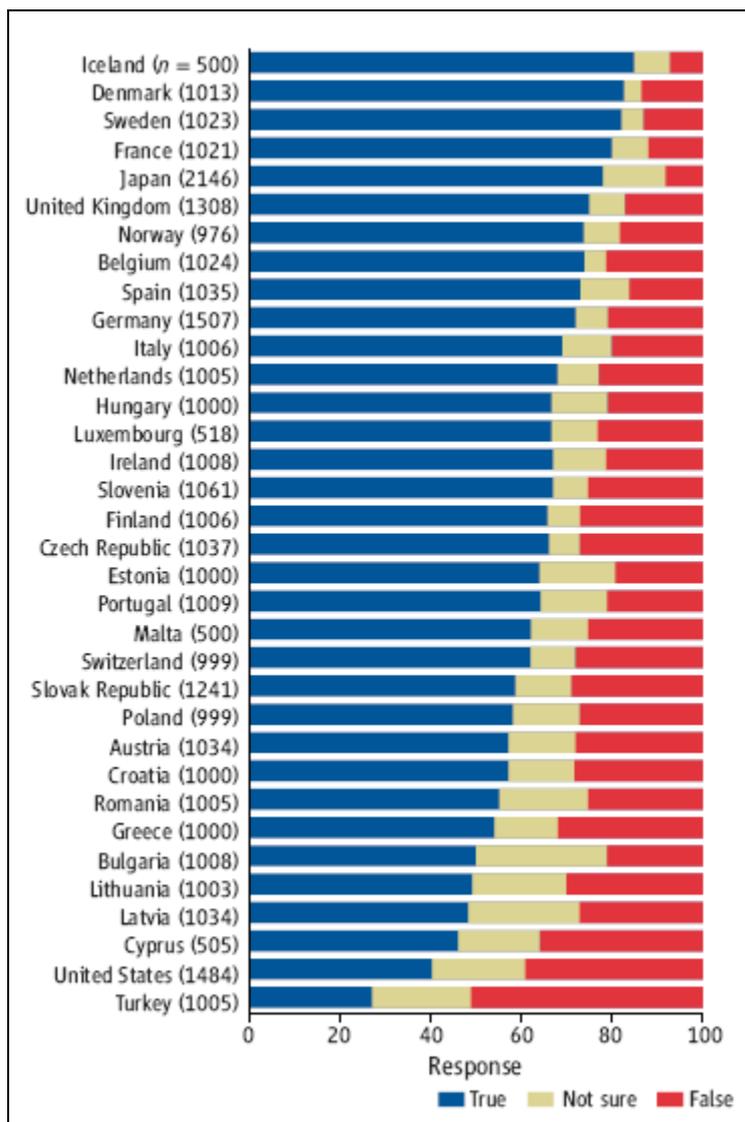


Figura 4.1: Pubblica accettazione dell'evoluzione in 32 Paesi (Miller, 2006)

Dati ottenuti proponendo una più ampia possibilità di scelta si collocano abbastanza in linea con i precedenti. Per esempio, in una ricerca incrociata tra Stati Uniti e 9 nazioni Europee negli anni 2002-2003 (Fundacion BBVA, 2003), il campione poteva esprimere una opinione sulla teoria dell'evoluzione potendo scegliere tra “assolutamente vera, probabilmente vera, probabilmente falsa, assolutamente falsa”, oppure se si fosse incerti o non si sapesse nulla a riguardo. I risultati ottenuti dimostrano che la percentuale degli americani che considerano “assolutamente o probabilmente vera” la teoria dell'evoluzione (35%) è significativamente più bassa rispetto alla percentuale europea (dal 52% della Polonia all'82% della Danimarca; per l'Italia tale valore è del 66%). Inoltre, un terzo degli americani indica che l'evoluzione è

“assolutamente falsa”, mentre un atteggiamento analogo è compreso in un intervallo che va dal 7% della popolazione danese, francese e inglese, al 15% della popolazione olandese (figura 4.2).

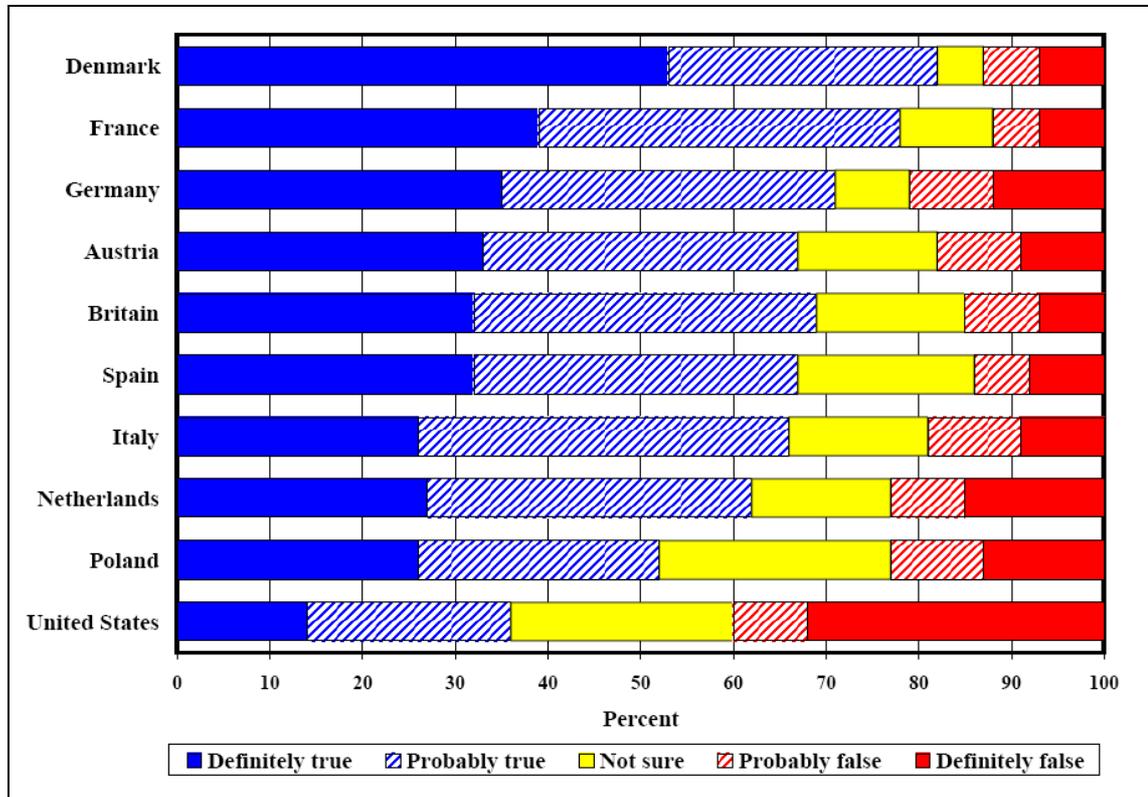


Figura 4.2: Pubblica accettazione dell'evoluzione in 10 paesi (Miller, 2006)

Una delle principali ipotesi per l'interpretazione di questi risultati coinvolge la struttura e le convinzioni del fondamentalismo americano. Questa corrente si ancora fortemente su un focus biblico, che ritiene la Genesi come vera e accreditata spiegazione della creazione della vita umana, sostituendo qualsiasi scoperta o interpretazione scientifica. Al contrario, i principi delle fedi protestante e cattolica, in Europa come in America, considerano la Genesi biblica come metafora; questa interpretazione consente un approccio più flessibile alla teoria darwiniana.

Per testare empiricamente questa ipotesi, Miller et al. (2006) hanno costruito un modello strutturale di equazioni a due gruppi (SEM) usando i dati ottenuti in America e nei nove paesi europei oggetto dell'indagine. Questo modello matematico permette di esaminare la relazione simultanea tra diverse variabili e la loro incidenza sui risultati

ottenuti. Come possibili responsabili dell'atteggiamento nei confronti della teoria dell'evoluzione, sono state considerate le seguenti otto variabili:

- età: generalmente gli individui più anziani tendono ad essere maggiormente devoti e si presume abbiano avuto un'educazione scientifica inferiore rispetto ai giovani adulti;
- genere: le donne hanno la tendenza ad essere più religiose degli uomini e la scienza è stata considerata un appannaggio maschile per moltissimi anni;
- livello di istruzione: esiste una correlazione positiva tra il livello di istruzione raggiunto e la possibilità di aver conseguito una educazione scientifica collegabile all'accettazione dell'evoluzione;
- conoscenza della genetica: è stato dimostrato che l'indice di comprensione genetica (punteggio ottenuto in un test formato da dieci domande a risposta multipla) è correlato alle capacità psicometriche;
- credenze religiose: sono state suddivise in quattro categorie sulla base della crescente accettazione del controllo divino e della frequenza della preghiera dimostrati dai soggetti del campione. Gli adulti in Polonia, Stati Uniti e Italia si rivelano i più credenti in assoluto, mentre i meno religiosi si riscontrano in Gran Bretagna, Francia e Danimarca;
- atteggiamento verso la vita: l'indice dell'atteggiamento pro vita è stato misurato attraverso tre questioni riguardanti l'inizio della vita, la morale e lo status legale degli embrioni. Tale parametro si attesta al 30% negli adulti americani e al 23% in Europa;
- atteggiamento verso la scienza e la tecnologia: misurato in base alle convinzioni sulle capacità della scienza e della tecnologia di migliorare la condizione umana e sulle loro possibili conseguenze negative. Americani ed europei dimostrano un uguale tasso di fiducia nei confronti delle capacità della scienza di migliorare la qualità della vita, mentre gli europei possiedono maggiori riserve sui possibili risvolti negativi;
- ideologia politica: misurata tramite una scala a due opposti, liberale e conservatore. La percentuale di americani che dichiara di essere conservatore supera di poco l'analogo dato nei paesi europei.

I dati ottenuti indicano con certezza che le persone che possiedono forti convinzioni religiose e che pregano frequentemente sono significativamente meno predisposte a definire l'evoluzione come assolutamente o probabilmente vera, rispetto a chi possiede delle posizioni religiose meno radicali. Inoltre i risultati di questo modello dimostrano che l'effetto delle credenze religiose sull'atteggiamento nei confronti della teoria dell'evoluzione è circa il doppio negli Stati Uniti rispetto all'Europa.

Per quanto riguarda l'atteggiamento nei confronti della vita, risulta che le persone con un indice pro-vita elevato sono significativamente più inclini a rigettare l'evoluzione; analogamente al parametro precedente, l'indice pro-vita sembra avere un impatto molto più forte negli Stati Uniti rispetto all'Europa.

Il modello offre anche dati empirici che dimostrano non solo la correlazione tra le credenze religiose e l'atteggiamento politico, ma anche tra le prime e l'atteggiamento nei confronti della vita, in particolare negli Stati Uniti. Combinati tra loro, questi parametri hanno un effetto additivo sulla considerazione della teoria dell'evoluzione. In effetti la questione evolutiva è stata fortemente politicizzata negli Stati Uniti, tanto da indurre la piattaforma repubblicana di sette stati della federazione (nel 1990) a richiedere l'inclusione della "creation science" nei programmi di insegnamento; posizioni politiche che rivendicano opposizione all'evoluzione non si riscontrano invece né in Europa né in Giappone.

I risultati sulla conoscenza della genetica affermano che questo parametro è molto importante per la previsione dell'atteggiamento nei confronti dell'evoluzione: gli individui che dimostrano di comprendere la genetica moderna offrono maggiori attitudini positive nei confronti dell'evoluzione, senza variazioni considerevoli tra i due blocchi geografici. E' da sottolineare che il punteggio medio dell'indice di comprensione genetica si attesta su valori piuttosto bassi. Questi risultati sono da comparare con quelli ottenuti da altri studi che indicano come vi sia parecchia confusione nei confronti delle questioni centrali della biologia moderna (Paterson, 1999). Quando la selezione naturale è presentata omettendo la parola evoluzione, il 78% degli adulti accetta la descrizione dell'evoluzione di piante e animali, ma il 62% del campione ritiene che l'uomo sia stato creato da Dio, escludendo qualsiasi cambiamento evolutivo. Emerge quindi che gran parte degli adulti hanno una prospettiva peculiare ed esclusiva degli esseri umani, considerati diversi dagli altri organismi viventi. Altre

ricerche confermano questa errata posizione (Miller, 1997 e 2001): circa un terzo degli americani accetta che più della metà dei geni umani sono identici a quelli dei topi e solo il 38% riconosce la straordinaria somiglianza tra il DNA dell'uomo e quello dello scimpanzè. Inoltre, meno della metà degli intervistati sa fornire una minima definizione di DNA.

Questi risultati dovrebbero far sorgere parecchie perplessità al personale educativo, a tutti i livelli. Per una corretta comprensione della teoria dell'evoluzione, condizione necessaria per la sua accettazione, i concetti fondanti che ne costituiscono l'impianto strutturale dovrebbero essere considerati come fondamentali, e insegnati a partire sin dalla scuola di base. Questa affermazione è giustificata dal fatto che, si usano sempre di più le opportunità di insegnamento informali, quali i media e il web. Pur non sottovalutando l'importanza che queste risorse rivestono nella divulgazione scientifica, è pienamente riconosciuto che un uso improprio e non assistito di questi sussidi può compromettere il processo di conoscenza e di comprensione dei concetti, favorendo l'instaurarsi o il permanere di concezioni errate.

5. EVOLUZIONE, STUDENTI E INSEGNANTI

5.1 GLI ATTEGGIAMENTI DEGLI STUDENTI

Occorre puntualizzare innanzitutto che sfortunatamente non esistono ricerche svolte in Italia sulle posizioni degli studenti riguardo la teoria dell'evoluzione. Molte delle ricerche scientifiche sul tema sono state condotte negli Stati Uniti, dimostrando come gli studenti americani, dalla scuola di base al college, presentano un'estesa lista di sofisticate misconcezioni rispetto all'evoluzione. Riporterò qui un sunto di quanto disponibile in letteratura.

Gli studenti delle elementari e delle classi medie generalmente credono che le specie non possano cambiare, una concezione naive profondamente radicata prima che i bambini siano introdotti a concetti come ereditarietà ed evoluzione a scuola (Keil, 1989). Questa conclusione è supportata dai dati ottenuti da Samarapungavan e Reinout (1997) che hanno raggruppato le opinioni dei bambini, riguardo all'origine e ai cambiamenti delle specie, in 5 classi differenti come mostrato in figura 5.1.

Students' misconceptions could be sorted into one of five groups:

- Those who believe that species have always existed and their characteristics do not change, but environmental factors can lead to extinction.
- Those who believe in a micro-evolutionary framework whereby all animals began as dinosaurs and have transformed into their modern-day exemplars (the "tiger" comes from a "dinosaur-tiger" ancestor, for example).
- Those who show a tendency to define evolution in Lamarckian terms. (These students believe that species become extinct when individuals are not able to adapt quickly enough to a changing environment, that new species are always preceded by less complex ancestors and become more complex as they evolve, and that a specie's characteristics change as a function of use and non-use.)
- Those who believe in a full-blown spontaneous generation event in which all species were created at one time.
- Those who subscribe to a creationist belief, citing all animals as created by God for a specific purpose.

Figura 5.1: Gruppi di misconcezioni sull'evoluzione (Samarapungavan e Reinout, 1997)

Evans (2000) e Ferrari e Chi (1998) concludono che alcuni bambini sembrano accettare un modello ibrido di evoluzione in cui le nuove specie risultano dall'accoppiamento di due specie non imparentate tra loro. In altre ricerche svolte attraverso alcune interviste in bambini in età scolare si è riscontrata una forte correlazione tra l'orientamento religioso delle famiglie (fondamentalismo religioso vs non religiosi e/o non fondamentalisti) e la probabilità che i bambini possiedano una nozione creazionista o naturalistica dell'evoluzione (Evans, 2000).

Le concezioni alternative all'evoluzione tra gli studenti universitari sono molto simili a quelle dimostrate dagli studenti dei cicli d'istruzione precedenti. Per esempio, è stato riscontrato che solo l'11% della popolazione universitaria ha idee scientifiche accettabili sui meccanismi evolutivi. Le convinzioni alternative rilevate possono essere identificate come adattazionismo (gli individui hanno bisogno di cambiare e quindi lo fanno), teleologismo (tendenza verso un fine) completato dall'antropomorfismo (tendenza ad assomigliare ad un essere perfetto rappresentato dall'uomo) e ideologie lamarckiane (eredità dei caratteri acquisiti) (Clough e Wood-Robinson, 1985). Dovrebbe essere notato che alcune di queste categorie non si escludono a vicenda: un individuo potrebbe accettare sia la visione adattazionista sia il meccanismo lamarckiano. Lord e Marino (1993) hanno rilevato un set simile di concezioni non scientifiche: riportano infatti che un alto numero di studenti è convinto che i tratti acquisiti durante la vita di un organismo possono essere ereditati, sostenendo che l'uso o il disuso di una struttura anatomica è un'importante considerazione nel processo evolutivo. Molti considerano gli avanzamenti evolutivi come un lento movimento lineare da una singola cellula a un essere umano. Bishop e Anderson (1990) hanno riscontrato che più della metà degli studenti universitari possiede visioni erranee, identificandole in 3 aree principali: problemi relativi al meccanismo dell'evoluzione tramite selezione naturale, alla variazione entro la popolazione e alla comparsa di nuovi caratteri. In una singolare applicazione, Brumby (1984) ha trovato incomprensioni rispetto al fatto che la selezione naturale spiega sia una crescente resistenza agli insetticidi tra le popolazioni di insetti, sia la resistenza agli antibiotici dei batteri. Solo il 14% degli studenti spiega la situazione dei batteri con la selezione naturale, mentre il 67% la applica agli insetti; ovviamente entrambi i tipi di resistenza si spiegano nello stesso modo. Emblematiche sono le spiegazioni riportate da alcuni studenti intervistati, che affermano "gli insetti diventano più immuni" piuttosto che "più insetti diventano

immuni”. Questa struttura esplicativa dimostra un forte gap della conoscenza sul ruolo delle popolazioni nell’evoluzione. Nello stesso studio si dimostra inoltre che molti studenti di medicina credono che la probabilità per i figli nati da genitori con pelle chiara di essere più scuri dipenda principalmente dal tipo di insolazione del luogo di nascita.

In aggiunta alla carente conoscenza dei fondamenti scientifici, un’altra spiegazione della persistenza di misconcezioni riguardante l’evoluzione può derivare da un’errata comprensione della natura delle scienze (McComas, 1998; Solomon et al., 1996; Sundberg, 2003). Per esempio, Sinclair et al. (1997) nel contesto di una indagine sulla comprensione dell’evoluzione, riportano che molti studenti universitari interpretano in modo scorretto il termine “teoria”; questo rappresenta un forte esempio dell’uso scorretto del linguaggio discusso in precedenza (par. 2.5).

Altri studi (Abraham, 2002; Cooper, 2001; Mc Comas, 1998) dimostrano che gli studenti non tendono a vedere la scienza come un dinamico, umano tentativo che richiede creatività, ma la intendono come un impegno dove è coinvolto un unico metodo scientifico nello sforzo di scoprire l’immutabilità delle leggi della natura. Si asserisce inoltre che alcuni studenti possono ritenere l’evoluzione come non scientifica perché non è facile studiarla attraverso il metodo scientifico, che richiama ad una elaborazione di ipotesi, formulazione di predizioni e la verifica delle ipotesi in laboratorio. Per certi aspetti questa rivendicazione è priva di fondamento dato che l’evoluzione e la selezione naturale sono state oggetto di innumerevoli sperimentazioni negli ultimi anni.

5.2 SEGUIRE CORSI DI BIOLOGIA NON E’ SUFFICIENTE

Bishop e Anderson (1990) hanno rilevato che la frequentazione di corsi di studio universitari in biologia ha scarsa o addirittura nulla importanza sulle concezioni degli studenti nei confronti dell’evoluzione. Inoltre i dati indicano che la comprensione degli studenti non è associata alla loro accettazione della teoria (come vera o falsa). Piuttosto, gli studenti che accettano l’evoluzione tendono a formulare giudizi basati sulla loro percezione della scienza in generale definita come potente, convincente, efficace e attendibile. Analoghi risultati si riscontrano in altre ricerche (Demastes et al., 1995), avendo in comune il fatto che la comprensione della teoria dell’evoluzione è

scarsamente correlata alla quantità di istruzione ricevuta in precedenza in biologia. E' però necessario notare che in tali studi non viene riportato se e come siano trattate tematiche legate all'evoluzione all'interno dei corsi; gli autori affermano che esistono crescenti evidenze su come diversi insegnanti di biologia diano pochissima considerazione all'evoluzione o la trascurino completamente.

5.3 QUANDO SI INSEGNA L'EVOLUZIONE

E' stato dimostrato che, quando i percorsi di insegnamento sono specifici sulla teoria dell'evoluzione, si riscontrano dei cambiamenti nella percezione degli studenti nei confronti della teoria stessa. Queste differenze riguardano soprattutto l'area relativa ai fatti inerenti l'evoluzione (Chinsamy e Plaganyi, 2008).

Molti metodi di istruzione sviluppati recentemente sono basati su modelli che prevedono cambiamenti concettuali in cui si forniscono agli studenti esplicite opportunità di testare essi stessi l'utilità dell'evoluzione e il meccanismo esplicativo della selezione naturale. Il cambiamento concettuale si basa sul paradigma costruttivista che gli studenti abbiano già idee circa i fenomeni osservati, che devono essere analizzati personalmente al fine di rimodellare le proprie convinzioni. Jensen e Finley (1995) hanno applicato un approccio storico diretto verso una delle più diffuse miscredenze, cioè la visione lamarckiana sull'ereditarietà dei caratteri acquisiti. Gli autori hanno introdotto la natura generale dell'evoluzione darwiniana e insegnato i principi lamarckiani; hanno poi assegnato ai ragazzi dei problemi da risolvere utilizzando entrambe le prospettive, in modo da poter valutare l'efficacia del loro modello. I risultati finali dimostrano che il miglioramento nella comprensione della teoria dell'evoluzione è stato del 65%.

Passmore e Steward (2002) riportano i successi di un curriculum simile, coinvolgendo gli studenti *“in sviluppo, elaborazione, uso di uno dei modelli più importanti di spiegazione di una disciplina...la selezione naturale”*. Gli autori hanno iniziato le lezioni con l'obiettivo finale già predeterminato e riconosciuto immediatamente che la comunicazione di topics quali *“la teoria delle popolazioni, l'origine e il ruolo della variazione nella selezione naturale, l'adattamento e la sopravvivenza differenziale”* giocava un ruolo fondamentale nel successo del piano di insegnamento. Nel cercare di aiutare gli studenti a testare l'utilità e la veridicità del

modello competitivo, hanno illustrato “*il modello del disegno intelligente di Paley, il modello dell’uso e disuso nell’eredità di Lamarck e il modello della selezione naturale di Darwin*”, applicando ciascuna di queste posizioni per spiegare alcuni fatti scientifici, quali la presenza dei fossili, la struttura dell’occhio e le varietà dei piccioni.

Settlage (1994), nella sua analisi sull’efficacia di un curriculum specifico sull’evoluzione, sostiene che spiegazioni lamarckiane e teologiche nel test di ingresso scendono a meno del 20% nel test di uscita. Questo dimostra in maniera inconfutabile che un insegnamento mirato può avere un impatto positivo anche sulla comprensione di temi complessi come l’evoluzione.

Sfortunatamente, i dati sulla correlazione tra credenze religiose e insegnamento dell’evoluzione sono abbastanza discordanti. Rimane quindi aperta la questione se gli studenti che comprendono la teoria dell’evoluzione dimostrano atteggiamenti positivi nei confronti anche della sua accettazione. In specifici studi su questo argomento, presenti nella letteratura scientifica, si afferma che non si riscontrano significativi cambiamenti nei rapporti tra religione e scienza dopo aver seguito cicli di lezione sull’evoluzione (Lawson e Weser, 1990; Short, 1994; Sinclair et al., 1997; Chinsamy e Plaganyi, 2008). Questo si evidenzia soprattutto negli studenti che dimostrano già in partenza di possedere forti credenze religiose. Le convinzioni che presentano scarsi margini di variazione riguardano la creazione della vita sulla terra, la spiegazione della biodiversità che caratterizza gli organismi viventi e la cosiddetta teoria del disegno intelligente. D’altra parte, gli stessi studi ammettono che, sebbene le misconcezioni legate al creazionismo siano difficili da correggere, una metodologia educativa che si pone come obiettivo un miglioramento delle competenze di ragionamento può avere un’influenza positiva nel facilitare cambiamenti nelle credenze non scientifiche.

5.4 IL RUOLO DEGLI INSEGNANTI

La conoscenza di base di molti insegnanti di discipline scientifiche è una questione spinosa da affrontare. Si riscontra infatti che gli insegnanti della high school americana non sono ben preparati sia nella teoria che nelle evidenze riguardanti l’evoluzione e quindi impattano in evidenti difficoltà quando cercano di convogliare questi concetti agli studenti (Gregg et al., 2003). Moore (2002) supporta questa asserzione: la sua ricerca sull’istruzione in biologia dimostra che molti insegnanti

ricordano di non aver seguito alcun corso comprendente l'evoluzione durante il loro cammino universitario.

Quindi, persino tra gli insegnanti di biologia, dove ci si aspetterebbe di trovare forte supporto nei confronti della teoria dell'evoluzione, rimangono dei dubbi sulla legittimità della stessa. I ricercatori Eve e Dunn (1990) riscontrarono in un campione di 397 insegnanti di biologia nelle high school americane, scelti a caso tra gli iscritti alla National Science Teachers Association (NSTA), che il 39% è d'accordo con l'affermazione "Ci sono problemi sufficienti sulla teoria dell'evoluzione da gettare dubbi sulla sua validità". Nello stesso campione di insegnanti, il 45% è d'accordo con la frase "Adamo ed Eva sono stati i primi esseri umani e sono stati creati da Dio". Weld e McNew (1999), nel loro studio sempre sugli insegnanti di biologia, riscontrarono che circa un terzo non ritiene l'evoluzione una questione centrale nella biologia e non riserva molta enfasi a questo argomento all'interno delle classi. Se questi risultati fossero lo specchio della situazione generale, potrebbero da soli essere ritenuti responsabili della scarsa conoscenza sull'evoluzione da parte degli studenti. Agganciando questi dati al fatto che generalmente gli insegnanti sono poco preparati nel coinvolgere gli studenti nell'istruzione riguardante la natura della scienza, non deve destare sorprese se la conoscenza dell'evoluzione risulta compromessa.

Rudolph e Steward (2002) affermano che uno dei maggiori impedimenti per un'efficace istruzione sull'evoluzione è riscontrabile nell'insegnamento stesso delle scienze. Essi dichiarano che l'insegnamento è tipicamente *"basato su concezioni filosofiche della scienza che non sono più riconosciute come adeguatamente caratterizzanti la diversa natura delle pratiche scientifiche, specialmente della biologia evuzionistica"*. Gli insegnanti sono responsabili di effettuare scelte poco coerenti nel coinvolgere gli studenti nei processi di apprendimento, in particolare nei confronti dell'evoluzione. Gli autori concludono che *"un'unità di apprendimento sull'evoluzione spiegata nella maniera tradizionale, ossia in classe tramite lezione frontale, induce gli studenti a pensare che i materiali utilizzati nella descrizione non siano soggetti ai rigorosi test scientifici di validità e quindi a qualcosa di completamente diverso"*. Questa visione è molto simile a quella offerta dagli studi di Cooper (2001) che offre una spiegazione ad alcuni dei problemi riguardanti gli alunni sulla teoria dell'evoluzione. La raccomandazione è chiara: la pratica del laboratorio scolastico non dovrebbe essere diretta alla conferma ma indirizzata invece verso investigazioni autentiche, in modo da

poter permettere agli alunni di esplorare, anziché reiterare, idee scientifiche fondamentali.

Gli educatori dovrebbero essere al corrente dei risvolti coinvolti nella comprensione della teoria dell'evoluzione. Demastes et al. (1995) sostengono che la struttura concettuale degli studenti durante l'apprendimento della teoria dell'evoluzione coinvolge le loro preconoscenze relative, oltre che all'evoluzione stessa, agli orientamenti religiosi e alla considerazione scientifica del mondo biologico. Di conseguenza, per un insegnamento efficace della teoria dell'evoluzione, è essenziale discutere e interrogare queste conoscenze pregresse, predisponendo situazioni e strumenti idonei.

6. MISCONCEZIONI SULLA TEORIA DELL'EVOLUZIONE

Le conoscenze pregresse rappresentano strumenti potenti che aiutano gli studenti a dare senso alle nuove informazioni, fornendo un'impalcatura per l'incorporazione delle idee all'interno di schemi già prestabiliti. Come diversi studiosi attestano, i problemi che possono sorgere durante l'insegnamento dell'evoluzione riguardano spesso fallaci conoscenze a priori o misconcezioni (Demastes et al., 1995; Sinclair et al., 1997; Sinclair e Pendarvis, 1997; Alters e Nelson, 2002). Esistono almeno tre tipologie di misconcezioni relative all'evoluzione, che includono incomprensioni filosofiche, storiche e cognitive.

6.1 MISCONCEZIONI FILOSOFICHE

6.1.1 L'evoluzione è solo una teoria

Una delle misconcezioni filosofiche sull'evoluzione afferma che questa è solo una teoria, intesa come argomentazione speculativa non supportata dai fatti (uso popolare del termine). Se applicata, questa logica può dar luogo a conclusioni di impatto rilevante: per esempio, la Cobb County Board of Education in Georgia, in accordo con quelle di Oklahoma e Alabama, ha etichettato i libri di biologia con l'avvertenza che l'evoluzione è una teoria, intendendo chiaramente che le teorie non devono essere credute, screditando l'utilità e la veridicità dell'evoluzione stessa. La storia dei fatti evolutivi è invece ben spiegata dalla teoria evoluzionistica, intesa in senso scientifico, come corpo di affermazioni (riguardanti le mutazioni, la selezione, la deriva genetica, i vincoli di sviluppo e così via) che insieme rendono ragione dei vari cambiamenti subiti dagli organismi.

6.1.2 L'evoluzione è una spiegazione scorretta o non scientifica

Riferimenti infiniti, inclusi anche nella maggior parte dei libri di testo scolastici, potrebbero essere citati per supportare la veridicità dell'evoluzione. Uno dei trattati più esaurienti si trova in Hoffmann e Weber (2003), mentre la storia della teoria dell'evoluzione è ben descritta in Larson (1997).

Gli scienziati non discutono sul “se” l’evoluzione ha avuto luogo ma sul “come” l’evoluzione è avvenuta. Anche se i dettagli del processo e dei suoi meccanismi sono oggetto di vigorosi dibattiti all’interno della comunità scientifica, questo non significa che ne mettano in discussione l’oggettività. Il fatto per esempio che alcuni fossili di forme di transizione non si siano preservati non confuta la teoria dell’evoluzione né tanto meno la rende difettosa. I biologi evoluzionisti non si aspettano che siano rinvenibili tutte le forme di transizione. Si rendono invece perfettamente conto che molte specie non hanno lasciato alcuna testimonianza fossile, in quanto le condizioni ambientali richieste dal fenomeno della fossilizzazione sono molto particolari e per niente comuni. In tal senso, la scienza prevede che per molti cambiamenti evolutivi avvenuti nel passato non sarà possibile riscontrare della documentazione.

La biologia evoluzionistica è un work in progress; si realizzano continuamente nuove scoperte e le spiegazioni vengono rimodellate se necessario. Sotto questi termini, l’evoluzione è paragonabile a qualsiasi altro aspetto della scienza, in cui il processo di ricerca è continuo, in modo da aggiungere conoscenza. Se si ritenesse l’evoluzione come una spiegazione scorretta, i dubbi nei confronti della storia della vita sulla terra, delle somiglianze tra organismi e dei meccanismi causa dei cambiamenti dei viventi sarebbero enormi. L’evoluzione resta l’unica spiegazione per la diversità della vita sulla terra sostenuta da prove scientifiche.

L’evoluzione è osservabile e testabile. La biologia evoluzionistica non si limita ad esperimenti controllati condotti in laboratorio, ma ottiene prove ed evidenze sperimentali dall’osservazione del mondo reale, inferendo come avvengono i processi che lo contraddistinguono. Altre discipline, quali l’astronomia o la geologia, data l’impossibilità di realizzare tutte le attività di laboratorio richieste, usano metodi analoghi di inferenza, applicando approcci di analisi diversificati.

6.1.3 L’evoluzione sostiene comportamenti umani inaccettabili

Anche se l’evoluzione non avesse implicazioni filosofiche dirette, qualcuno potrebbe estrapolare dall’idea di evoluzione dei consigli su come gli esseri umani possono agire, devono agire o effettivamente agiscono.

La filosofia chiamata Darwinismo sociale, diffusa in tutto il diciannovesimo secolo e nella prima parte del ventesimo, è sorta da un sforzo mal direzionato di

applicare i principi dell'evoluzione biologica alla società. Il Darwinismo sociale suggerisce che l'eredità (i caratteri innati) avrebbe un ruolo preponderante in rapporto all'educazione (i caratteri acquisiti). Si tratta quindi di un sistema ideologico che vede nelle lotte civili, nelle ineguaglianze sociali e nelle guerre di conquista nient'altro che l'applicazione alla specie umana della selezione naturale. Secondo la teoria vi è quindi una spiegazione biologica alle disparità osservate tra le società nella traiettoria unica della storia umana: i popoli meno «adattati» alla lotta per la sopravvivenza sarebbero rimasti «relegati» allo stadio primitivo, concettualizzato dai seguaci dell'evoluzionismo antropologico. Sul piano politico, il darwinismo sociale servì a giustificare il colonialismo, l'eugenetica, il fascismo e soprattutto il nazismo. Fortunatamente, la “scienza” del Darwinismo sociale è stata confutata e non ha resistito al test del tempo, come invece ha fatto il suo presunto ispiratore, il principio dell'evoluzione biologica.

E' alquanto difficile che l'evoluzione conduca a comportamenti immorali. I detrattori della teoria affermano che se ad un bambino viene insegnato che è un animale inizierà a comportarsi come tale. Come membri dello stesso regno, gli esseri umani e gli animali condividono diverse caratteristiche anatomiche e fisiologiche, nonché molti comportamenti quali la cura della prole e le interazioni sociali. Ci sono altri comportamenti che invece sono peculiari di un particolare animale; in questo senso, gli umani agiscono da umani, la lumaca agisce da lumaca, lo scoiattolo da scoiattolo. E' alquanto improbabile che un bambino, visto il legame di parentela con altre specie animali, cominci ad atteggiarsi come una medusa o un procione.

L'evoluzione non insegna ciò che è giusto e ciò che è sbagliato; semplicemente ci aiuta a capire come la vita è cambiata nel tempo e continua a farlo attualmente. I concetti scientifici per se stessi sono a-morali, non immorali; gli esseri umani devono dare un senso morale o etico a tutte le idee, inclusa l'evoluzione tramite selezione naturale, ma l'evoluzione e i suoi meccanismi spiegano solo come la natura opera, non forniscono affatto una guida su come le persone dovrebbero agire o vivere.

Come dice T. Huxley, contemporaneo e sostenitore di Darwin (1902, p.77): “*il problema dei problemi per il genere umano, e che sottende tutto, è l'incertezza del posto che l'uomo occupa in natura e delle relazioni con l'universo delle cose*”. Einstein (1949) correttamente ricorda che c'è un posto importante per la scienza ma lo scientismo (l'idea che la scienza possa indirizzare la soluzione dei problemi) non è

appropriato: “...dovremo stare in guardia a non sovrastimare la scienza e i metodi scientifici quando sono in ballo i problemi umani...”.

6.1.4 L'accettazione dell'evoluzione porta al rifiuto della religione

Un'ultima ragione per la quale le persone potrebbero rigettare la teoria dell'evoluzione è insita nella convinzione che evoluzione e religione siano semplicemente incompatibili, escludendosi a vicenda in maniera indiscutibile. Questa linea di pensiero conduce inevitabilmente alla conclusione, per altro falsa, che se si accetta la teoria dell'evoluzione forzatamente si rinnega l'idea di un Creatore o di qualsiasi altra entità metafisica. Sicuramente esiste qualcuno che abbraccia questi fondamentalismi, ritenendo che la visione scientifica nega la religione o che pensa che la vita basata esclusivamente sulla religione non abbia bisogno della scienza. Tuttavia, molti sono soddisfatti nel dare sia alla scienza che alla religione un posto nella classifica intellettuale, pensando sia poco probabile che queste visioni del mondo riescano da sole a dare risposta a tutte le nostre domande. Questi individui realizzano che religione e scienza sono entrambi dei domini esplicativi ma con diversi ruoli e obiettivi. I conflitti e i problemi intervengono velocemente quando si cerca di ottenere risposte porgendo domande all'interno del dominio sbagliato. Le correnti creazioniste sostengono che scienza e religione sono incompatibili, ma si tratta di una conclusione irragionevole. Sebbene non ci siano prove all'interno della scienza o dell'evoluzione stessa che l'universo è stato creato o vi siano insiti scopi e propositi, non ci sono nemmeno prove scientifiche che l'universo manchi di tali disegni. Un'accurata analisi della natura scientifica dovrebbe rendere questa questione abbondantemente chiara. Non è ragionevole ammettere che la scienza ha provato o falsificato l'esistenza di Dio o di qualsiasi altra entità metafisica. Qualcuno potrebbe concludere che la scienza può condurre ad una prospettiva antiteista, ma chi capisce davvero di scienza (e delle sue limitazioni) sa che anche questa posizione non è ragionevole. La questione è discussa brillantemente in “Findings Darwin's God” di Kenneth Miller (1999). Inoltre, è comprensibile concedere a chi si basa su di una interpretazione letterale e non figurativa delle Sacre Scritture, che un conflitto con l'evoluzione può effettivamente esistere. La risposta più plausibile alla questione, discussa tra gli altri da Skehan e Nelson (2000), è che la Bibbia e gli altri testi religiosi non sono stati scritti per essere dei libri scientifici,

così come la scienza non fornisce indicazioni a carattere spirituale o morale. L'opportunità per scienza e religione di lavorare insieme definendo ruoli e domini peculiari è molto più importante di vedere una fazione vincere e l'altra soccombere.

6.2 MISCONCEZIONI STORICHE

Gli studenti, e non di rado gli insegnanti, possiedono frequentemente visioni sbagliate sulla natura dell'evoluzione e sulla storia della scoperta della teoria della selezione naturale. Nonostante queste misconcezioni potrebbero non essere così pervasive e pericolose come quelle di natura filosofica o cognitiva, si deve considerare che tutte le idee errate possono rappresentare una fonte di preoccupazione, soprattutto se trasmesse dagli insegnanti o dai libri di testo.

6.2.1 Darwin scoprì l'evoluzione

Intendendo l'evoluzione come principio di base della natura, Darwin non ha scoperto l'evoluzione più di quanto Newton non abbia scoperto la gravità. Infatti, in tal senso, l'idea di una evoluzione biologica circola da millenni (Bardell, 1994).

Già Anassimandro (610 - 546 a.C.) formulò alcune idee che richiamano l'evoluzione, immaginando che gli organismi si fossero formati attraverso una metamorfosi simile a quella degli insetti attuali. L'origine degli animali e degli stessi esseri umani avrebbe avuto luogo dal mare e dalle zone umide della terra; allo scopo di dare una spiegazione di come fossero potuti sopravvivere i primi esseri umani, incapaci come sono di provvedere a se stessi fin dalla nascita, sosteneva che *«dall'acqua e dalla terra riscaldate nacquero pesci o animali simili; entro di loro si generarono feti umani che crebbero fino alla pubertà; poi, spezzate le loro membrane, ne uscirono uomini e donne che erano ormai in grado di nutrirsi autonomamente»*. Eraclito (535 - 475 a.C.) è autore della teoria del divenire: tutto il mondo viene considerato come un enorme flusso perenne nel quale nessuna cosa è mai la stessa poiché tutto si trasforma ed è in una continua evoluzione. Per questi motivi, identifica la forma dell'Essere nel Divenire, dacché ogni cosa è soggetta al tempo e alla sua relativa trasformazione. Aristotele (384 - 322 a.C.), il primo grande biologo della storia umana, credeva che tutti gli esseri viventi potessero essere disposti in una scala gerarchica. In questa gerarchia, detta "scala della

natura” (Scala Naturae), gli organismi più semplici occupavano lo scalino più basso, l'uomo occupava lo scalino più alto e tutti gli altri organismi avevano una propria collocazione nel mezzo. Per Aristotele gli organismi viventi erano sempre esistiti.

Sebbene non si conoscesse ancora l'esistenza del meccanismo guida del processo evolutivo, è chiaro che questi filosofi, come altri successivi, contribuirono alla formazione e revisione del concetto di evoluzione all'interno del nostro patrimonio culturale già a partire dall'antichità. Con la sua formulazione della teoria dell'evoluzione Darwin escogita come l'evoluzione opera, ossia sulla base della selezione naturale, rendendo accettabile e ragionevole il cambiamento delle forme di vita nel tempo.

6.2.2 Darwin era il naturalista del Beagle

Darwin è frequentemente definito nei libri di testo come il naturalista del Beagle. La persona inizialmente designata alla collezione dei campioni e alla registrazione delle informazioni dal punto di vista naturalistico era il chirurgo di bordo, Robert MacCormick. A discapito del comune pensiero, Darwin non era presente nella lista ufficiale dell'equipaggio: egli fu invitato a partecipare alla spedizione primariamente perché possedeva lo stesso status sociale del capitano Fitzroy, un uomo di circa la stessa età. Dato che la famiglia del capitano era stata interessata da numerosi casi di suicidio, egli era preoccupato dello stato di isolamento in cui poteva trovarsi durante il viaggio, limitando le sue interazioni solo con il personale di bordo. A parte rare eccezioni, in effetti il rapporto tra i due fu affiatato e caratterizzato da conversazioni vivaci. MacCormick, mai ben disposto nei confronti di Darwin, realizzò ben presto che il ruolo gli era stato usurpato e abbandonò la spedizione pochi mesi dopo il suo inizio. Di fatto quindi Darwin diventò il nuovo naturalista della spedizione.

6.2.3 Darwin sviluppò l'idea della selezione naturale durante il viaggio sul Beagle

Ai tempi del suo imbarco sul Beagle nel 1831, Darwin era creazionista, come molti dei suoi contemporanei, una visione prevalente a quel tempo. Era quindi convinto che le specie fossero state create come organismi individuali e immutabili da una entità superiore. Questa ideologia era così diffusa all'epoca che persino argomentazioni

scientifiche erano strutturate in suo riferimento. Per tutta la durata del viaggio esplorativo, Darwin raccolse moltissime testimonianze a supporto del cambiamento delle specie, ma non offrì alcuna spiegazione di come questo processo potesse avvenire (Schraer e Stoltze, 1995). Al suo ritorno molto probabilmente non era ancora un trasformista, ma aveva individuato una quantità di problemi irrisolti e a cui dare, prima ancora che una corretta soluzione, una corretta formulazione (Continenza, 1998). Una volta tornato in patria, cominciò ad annotare nei suoi taccuini le speculazioni del meccanismo che definì inizialmente “la trasmutazione delle specie”. Gli studi dei campioni, le riflessioni, i ripensamenti, la ricerca di altre fonti a conferma dei suoi ragionamenti durarono per più di vent’anni, fino alla pubblicazione del celebre libro “On the Origin of Species” nel 1859.

6.2.4 Le isole Galapagos furono l’unico luogo rilevante per le scoperte di Darwin

E’ un’idea comune che le Isole Galapagos, visitate da Darwin verso la fine del 1835, abbiano giocato un ruolo fondamentale nello sviluppo dell’evoluzione tramite selezione naturale. Questa convinzione ha avuto inizio probabilmente grazie all’ornitologo Osbert Salvin (1876) che definì l’arcipelago come “il classico territorio” della storia della biologia. Di conseguenza, ancora oggi tutti i libri di testo sottolineano con forza il tempo che Darwin ha trascorso in quel luogo, ignorando di fatto tutti gli altri posti visitati durante la lunga esplorazione.

Le isole Galapagos sono interessanti perché gli organismi che le abitano sono molto più simili a quelli che vivono nella terraferma più vicina, rispetto a quelli di isole con le stesse caratteristiche geologiche, geografiche o ambientali. Se gli organismi fossero stati creati specialmente per vivere in un determinato ambiente, ci si aspetterebbe che fossero sempre riscontrabili in ambienti simili. Quello che Darwin osservò quindi, non aveva alcun senso se visto sotto una luce creazionista, ma era perfettamente comprensibile se interpretato secondo la prospettiva evolutiva. Tutto questo però non si è limitato alle Galapagos; come scrive nella seconda edizione del suo “Viaggio di un naturalista intorno al mondo”: *“E’ probabile che le Isole dell’arcipelago di Capo Verde assomiglino, in tutte le loro condizioni fisiche, molto strettamente alle isole Galapagos, che fisicamente assomigliano alla costa del Sud America, ma gli abitanti aborigeni dei due gruppi sono completamente diversi; quelli delle Isole di*

Capo Verde portano l'impronta fisica dell'Africa, come gli abitanti dell'arcipelago delle Galapagos sono timbrati con quella del Sud America". Perciò, sicuramente le Galapagos sono state importanti per il contributo offerto, ma sarebbe da sottolineare l'impatto anche di altre testimonianze.

6.2.5 I fringuelli furono fondamentali per la nascita della teoria della selezione naturale

Una lettura attenta de "L'origine delle specie" e di entrambe le edizioni de "Viaggio di un naturalista intorno al mondo", combinata con le ricerche sull'argomento effettuate da Sulloway (1982, 1984) dimostrano che se Darwin non avesse mai osservato i fringuelli delle Galapagos, non avremo la teoria dell'evoluzione tramite la selezione naturale nella sua forma tradizionale. Darwin all'inizio non prestò molta attenzione ai fringuelli; non solo sbagliò ad annotare il nome delle isole dove ritrovò le specie, ma collezionò solo 9 delle 13 specie conosciute, identificandone propriamente soltanto 6. Questo non significa che fosse un cattivo tassonomo; semplicemente era influenzato dalla convinzione che isole così vicine non potessero presentare specie distinte; in tal senso, riconosceva i fringuelli come varietà o come specie di uccelli diversi dai fringuelli stessi. Fu l'eminente tassonomo Gould, analizzando il materiale una volta che Darwin tornò in Inghilterra, a capire l'importanza che questi potevano rivestire. Nella prima edizione de "Viaggio di un naturalista intorno al mondo", Darwin menziona i fringuelli solo di sfuggita. Nei suoi taccuini sulla trasmutazione della specie e ne "L'origine delle specie" non compaiono nemmeno.

Pur rappresentando un inoppugnabile esempio dell'evoluzione tramite la selezione naturale, la grande importanza attribuita ai fringuelli di Darwin sembra aver preso corpo per diversi motivi. In primo luogo, il nome "fringuelli di Darwin" è stato scelto per la prima volta da Lack sia per il suo famoso libro (1947), sia per uno dei suoi migliori articoli sull'evoluzione biologica (1953), dove afferma erroneamente che i fringuelli "*offrirono uno dei principali stimoli per la scoperta della teoria dell'evoluzione*". Inoltre, la prima edizione de "Viaggio di un naturalista intorno al mondo", pubblicata nel 1839, diviene immediatamente popolare tanto che nel 1845 Darwin revisiona l'opera per scriverne una seconda edizione; l'autore non si limita a ritoccare e migliorare l'aspetto narrativo, ma riscrive completamente il viaggio e l'impatto delle esplorazioni nel suo pensiero. Questa seconda edizione include una

discussione sui fringuelli e una meravigliosa incisione dei quattro principali tipi di becco. Tale versione è stata largamente ristampata, così non deve stupire se molti credono che i fringuelli siano stati fondamentali per lo sviluppo della teoria dell'evoluzione.

6.2.6 Darwin ha usato con disinvoltura il termine “evoluzione”

La parola “evoluzione” risulta per certi versi problematica. Nel linguaggio dell'epoca di Darwin, la parola “evoluzione” non aveva lo stesso significato che possiede oggi. Significava principalmente progresso, sviluppo dall'omogeneo all'eterogeneo, dispiegamento di potenzialità già immanenti e, in questo senso, si poteva usare come analogia all'ontogenesi, cioè con lo sviluppo dell'individuo, con la crescita. Quindi, per esempio, si poteva correttamente parlare di un bruco che si “evolve” in una farfalla, lasciando intendere che potevano avvenire trasformazioni degli organismi durante il periodo della loro vita. Ecco perché Darwin non usò mai il termine “evoluzione” se non come ultima parola de “L'origine delle specie”.

6.2.7 L'evoluzione è progressiva

L'idea che l'evoluzione sia progressiva è un'interessante misconcezione perché per certi versi questa affermazione sembra essere vera. Gran parte dell'evoluzione organica non è affatto progressiva come mostra lo sviluppo di quelle forme specializzate come gli animali che vivono nelle caverne, i parassiti e gli abitanti degli spazi interstiziali e delle profondità marine. Ovviamente se si accetta il criterio di progressività, si dovrebbero escludere molti fenomeni che possono essere realmente considerati fenomeni evolutivi. Inoltre, se si ammette una crescente complessità come una regola evolutiva, non ci si aspetterebbe di trovare phyla come Porifera o Coelenterata ancora esistenti. Tali phyla sono considerati dagli scienziati come degli organismi viventi o “semplici”, rimasti praticamente invariati per milioni di anni. La spiegazione sta nel fatto che questi organismi sono perfettamente adattati alle nicchie ecologiche che occupano, e non è presente una pressione ambientale tale da giustificare la selezione di determinati caratteri, provocando una stasi evolutiva.

Correlata a questa misconcezione è l'idea che l'evoluzione sia un processo guidato da cause finali e scopi predeterminati, di cui l'uomo è il logico risultato. Ovviamente ciò non è vero. Anche i passaggi evolutivi della specie umana sono stati tortuosi, con molte false partenze e vicoli ciechi, in buona misura quello che Gould (1989) definisce come "contingenza".

6.2.8 L'evoluzione tramite la selezione naturale si deve unicamente a Darwin

Visto come viene trattata la storia dell'evoluzione nei libri di testo, gli studenti sarebbero sorpresi di scoprire che Darwin non fu il solo scopritore del meccanismo dell'evoluzione tramite la selezione naturale. Attraverso una serie interessante di coincidenze, Darwin condivide questo onore con Alfred Russel Wallace, un giovane naturalista gallese, che si manteneva cercando animali rari per il mondo, da rivendere a collezionisti privati. Grazie alle osservazioni compiute durante i suoi viaggi, nel 1855 scrisse il saggio "On the law which has regulated the introduction of new species", in cui espose le sue idee evoluzioniste, suggerendo dove e quando possono nascere nuove specie, senza però trovare il meccanismo alla base dell'evoluzione. Solo pochi anni dopo, nel 1858, Wallace intuì che la selezione naturale poteva essere il tanto cercato meccanismo responsabile della modificazione degli organismi viventi e della comparsa di nuove specie, ossia dell'evoluzione. Espose immediatamente le proprie idee in un breve articolo "On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type" che spedì a Charles Darwin per un giudizio. Quest'ultimo, impressionato e turbato dall'incredibile somiglianza esistente tra l'ipotesi di Wallace e la propria teoria alla quale stava lavorando da vent'anni, accettò di pubblicare, insieme all'importante articolo di Wallace, alcuni estratti dei propri scritti inediti. La lettura pubblica dell'articolo congiunto di Darwin e Wallace, avvenuta il 1 luglio 1858 alla Linnean Society, rappresentò l'enunciazione ufficiale della teoria della selezione naturale al consesso del mondo scientifico. L'anno successivo, spronato dall'articolo di Wallace, Darwin si decise a pubblicare un ampio "riassunto" del proprio lavoro ventennale, inviando all'Editore Murray di Londra "L'Origine delle specie".

6.3 MISCONCEZIONI COGNITIVE

6.3.1 Il problema del linguaggio

Le difficoltà nell'uso del linguaggio sono complesse, specialmente quando si parla di selezione naturale. In particolare, pongono problemi di comprensione i termini adatto e adattamento (analogamente ai termini fit e fitness nella lingua inglese) (Bishop e Anderson, 1990). Il termine adattamento, in biologia evoluzionistica, significa modificazioni ottenute dalla selezione naturale operante sulla variabilità insita in una popolazione di organismi (Withfield, 1993). Normalmente, nell'opinione comune, il termine adatto si associa invece all'abilità intenzionale di un individuo di cambiare per meglio conformarsi all'ambiente che lo circonda (Lucas, 1971). Bishop e Anderson (1990) hanno dimostrato come diversi studenti associano il significato di adattamento in senso evolutivo al quello di senso comune. La disconnessione tra la definizione scientifica e l'uso quotidiano della parola "adatto" serve a rinforzare la misconcezione che sia l'ambiente a causare lo sviluppo di caratteristiche o tratti in popolazioni di organismi.

Queste precisazioni sul concetto di adattamento sono necessarie anche quando si utilizza per comodità l'espressione spenceriana di "sopravvivenza del più adatto". È importante precisare che il più adatto non è il più forte o il migliore, come spesso gli studenti intendono, ma chiunque possieda qualche caratteristica che aumenta le sue probabilità di sopravvivere e riprodursi, e che non esiste un più adatto in senso assoluto, ma solo un più adatto in relazione a un determinato ambiente.

Già si è accennato al problema insito nella parola evoluzione, come accezione con cui viene usata nel linguaggio comune, cioè come sinonimo di "miglioramento" e "progresso". Nel corso di un processo di evoluzione è naturale credere che quello che viene dopo sia migliore, più progredito di quello che viene prima. Questo uso sottolinea una frequente misconcezione sull'evoluzione biologica: l'evoluzione necessariamente implica il progresso in senso gerarchico da specie meno complesse a specie più complesse con gli umani che godono una superiorità verso forme di vita presuntamente meno evolute. Emblematica di questo modo di pensare è l'immagine dell'evoluzione umana che riportavano i vecchi libri di scuola: una linea del tempo con un gobbo

scimmione a sinistra che mano a mano diventava sempre più eretto e meno peloso, per trasformarsi, alla fine del cammino, nel bipede Homo sapiens.

Ma nell'evoluzione biologica non è prevista una continua marcia verso il perfezionamento: quello che viene dopo, viene dopo e basta, e non è affatto detto che sia migliore rispetto a quello che c'era prima. Forse si può individuare qualche tendenza, come un graduale aumento del livello di complessità degli organismi, ma questo non è sempre vero e anche nei casi in cui è osservabile una tendenza di questo tipo le categorie di miglioramento e progresso sono del tutto fuorvianti. Per quale ragione una struttura più complessa dovrebbe essere necessariamente migliore di una più semplice, adatta a svolgere la stessa funzione nello stesso ambiente? In generale il concetto di evoluzione, se lo consideriamo equivalente a un neutrale concetto di "storia" o "cambiamento", non ammette nessun più e nessun meno: dire che una specie è più o meno evoluta di un'altra, in sostanza, è un'affermazione priva di senso.

6.3.2 L'uomo è "nato per credere"

Dati convergenti provenienti dalla psicologia dello sviluppo, dall'antropologia cognitiva e dalle neuroscienze suggeriscono l'esistenza di una programmazione biologica delle menti umane per distinguere naturalmente le entità inerti (come di oggetti fisici) da quelle di natura psicologica (come gli agenti animati) e per l'attribuzione, o in alcuni casi l'eccessiva attribuzione, di scopi o intenzioni a oggetti animati e inanimati. Non è azzardato ipotizzare che queste nostre specializzazioni attive possono essere alla base delle perplessità ingiustificate che molti nutrono nei confronti della teoria dell'evoluzione e, più in generale, delle spiegazioni scientifiche. Lo stesso Charles Darwin era rimasto colpito dall'efficacia comunicativa delle descrizioni finalistiche della natura che aveva letto in gioventù. Quando capì di avere scoperto un meccanismo, la selezione naturale, che rendeva superfluo il ricorso a qualsiasi "progetto" intenzionale per spiegare la nascita all'evoluzione delle specie, compresa quella umana, fu subito consapevole che in questo modo stava contraddicendo non soltanto le credenze religiose creazioniste dell'epoca, ma anche modi molto comuni di pensare.

Gli esseri umani forniscono spiegazioni basandosi sulle intenzioni, come se avessero un sensore sempre acceso per captare la presenza di propri simili per prevedere

le mosse dei nemici esterni. Questi sistemi cognitivi si sono evoluti successivamente per assolvere funzioni nuove, legate al nostro bisogno di spiegare attraverso storie e agenti invisibili i fenomeni incomprensibili o molto dolorosi che ci sovrastano, come la morte di un familiare o di un compagno. Per affrontare tali fenomeni gli uomini hanno ingaggiato le competenze cognitive che avevano a disposizione, sfruttandole e potenziandole, divenendo autentiche "macchine di credenze". La soddisfazione di bisogni psicologici, sociali e di comprensione del mondo è stata così forte da tramutarsi oggi quel senso comune che la scienza talvolta si trova a dovere scalfire, magari senza successo. Darwin lo scrive amaramente in una lettera all'amico Thomas Henry Huxley del 21 settembre 1871: "*Sarà una lunga battaglia, anche dopo che saremo morti e sepolti... grande il potere del fraintendimento*".

Come scrisse Richard Dawkins in "L'orologiaio cieco", "*è quasi come se il cervello umano fosse stato specificatamente progettato per fraintendere il darwinismo e per giudicarlo difficile da credere*". Viceversa, comprendere che il processo evolutivo è frutto della casualità delle mutazioni, delle pressioni selettive di ambienti in continua trasformazione, di eventi contingenti che hanno deviato il corso della storia verso esiti imprevedibili richiede un investimento cognitivo molto più costoso.

Capire che un comportamento è il frutto (seppure indiretto) dell'evoluzione della nostra specie non significa che sia giusto di per sé e che sia scolpito una volta per tutte nella pietra. Affermare che siamo nati per credere non significa offrire un alibi per manifestazioni di credenze irrazionali. Non significa che avere una fede religiosa sia più naturale che non averla, né rassegnarsi all'idea che l'educazione scientifica deve per forza incontrare ostacoli cognitivi insormontabili. I fatti smentiscono queste conclusioni: i limiti dei ragionamenti di giudizio non sono per nulla insuperabili solo perché naturali. Il disegno intelligente attrae perché fa leva sulla docilità con cui si è portati a fare inferenze riguardanti gli effetti dell'azione nascosta di un agente animato e intelligente. Le ragioni del successo popolare del disegno intelligente non sarebbero quindi legate soltanto alle patologie del credere, ma anche ad una propensione a credere in "progettisti del mondo" che un po' tutti possediamo fin da bambini. Attraverso le nostre inferenze intuitive circa l'esistenza di un progetto, cerchiamo di dare un senso alla realtà ripercorrendo a ritroso catene causali e finalità nascoste, indietro fino alla causa prima e al sommo progettista (Pievani et al., 2008).

7. IL LABORATORIO NELLA DIDATTICA

Per l'insegnamento delle discipline scientifiche sono utili molte metodologie, a partire dal lavoro didattico di scoperta e di esperienza diretta, sul campo o in laboratorio. Tenuto conto però che gli insegnamenti scientifici sono ancor oggi per lo più legati ad un apprendimento dai testi, è essenziale un profondo ripensamento dei modi, spesso formalisti, con cui sono esposte le scienze nei libri di scuola. Il linguaggio scientifico evoluto è spesso per gli allievi effimero e inconsistente: va invece praticato nella quotidianità dei problemi.

Il settore scientifico è un'area dove l'epistemologia contemporanea (da Popper in poi) ha profondamente rinnovato gli statuti delle diverse scienze, mettendo in evidenza:

- l'impossibilità di procedere secondo un metodo invariante definito a priori;
- la diversità delle procedure logiche da esse adottate (dalla spiegazione all'analogia, alla metafora, fino alla intersezione con le metafisiche);
- la priorità di processi di teorizzazione.

L'insegnamento scolastico delle scienze è rimasto invece molto legato ad una visione di scienza compatta e progressiva di saperi lineari cumulativi, benché aggiornata. Non va certamente abbandonato l'aspetto informativo e trasmissivo della conoscenza scientifica, ma l'insegnamento delle scienze naturali deve confrontarsi con una nuova immagine di scienza meno uniforme e meno convergente, più critica e più dialettica, ma anche più storica, attenta alle diversità interne e alle contestualizzazioni esterne. E' utile inoltre tener conto delle metodologie che le scienze stesse ispirano, per esempio quelle della scoperta, della ricerca e della giustificazione.

7.1 IL METODO TRADIZIONALE: LA LEZIONE FRONTALE

La lezione costituisce una modalità di presentazione, o di esposizione didattica, fondamentalmente supportata dalla comunicazione orale. Appartiene ai metodi denominati espositivi, che possiamo distinguere in tre tipi differenti:

- metodo espositivo puro: comporta la trasmissione dell'informazione. Il professore spiega, gli studenti ascoltano. Benché presupponga l'ascolto attivo da parte dell'allievo, il metodo espositivo puro si basa su una concezione sostanzialmente ricettiva dell'apprendimento;
- metodo espositivo interrogativo: durante l'esposizione o alla fine di essa il professore formula domande agli studenti. Lo scopo dell'interrogazione è il feedback: verificare se il messaggio è stato compreso correttamente e, in caso negativo, modificarlo e riformularlo;
- metodo espositivo partecipativo: durante la lezione gli studenti possono porre domande e intervenire secondo modalità negoziate. I periodi di ascolto (fase passiva) si alternano ai periodi di intervento (fase attiva). La partecipazione degli studenti si completa con esercizi applicativi o altre attività comuni.

Occorre ricordare che tale suddivisione è utile per una discussione puramente teorica, in quanto spesso all'atto pratico (in classe) i tre metodi sopra elencati vengono utilizzati senza una rigorosa distinzione.

Nella scuola secondaria è ancora molto frequente la lezione cattedratica (o ex cathedra). Poiché in essa predomina il metodo espositivo è diventata oggetto di forti critiche nei casi in cui:

- sviluppa esclusivamente le funzioni intellettive;
- utilizza prevalentemente linguaggio verbale;
- non considera né il ritmo nella durata della capacità di attenzione degli studenti;
- non tiene conto degli interessi, delle curiosità, delle motivazioni degli allievi;
- la comunicazione mantiene gli studenti in uno stato di recettività passiva;
- risulta faticosa se sviluppata in modo intensivo e continuativo;
- la sua efficacia è limitata ai primi processi dell'apprendimento, relativi alla percezione l'acquisizione delle conoscenze, e non considera i successivi processi di assimilazione, di accomodamento, di consolidamento, ecc.;
- riduce al minimo l'interazione tra insegnante e studente, tendendo ad annullare l'interazione tra gli studenti stessi;
- costringe la valutazione al controllo delle capacità mnestiche, ed in particolare alla memoria verbale e riproduttiva;

- nega agli allievi la possibilità di contrastare l'informazione ricevuta con proprie riflessioni o con giudizi critici;
- si presenta per lo più come ripetizione di ciò che è esposto nei libri di testo, o in fonti bibliografiche accessibili, che possono essere consultate direttamente dagli studenti.

Se questi sono i limiti riconosciuti per la lezione frontale, come mai questa è la forma didattica più utilizzata nella scuola secondaria? A ben vedere l'esposizione verbale, se ben organizzata, torna didatticamente utile in determinate circostanze, in quanto:

- è efficiente: la trasmissione informativa è condensata. In breve tempo si presentano numerosi contenuti, dati e informazioni;
- è definita: l'argomento o il tema della lezione è delimitato e necessariamente strutturato in procedure sequenziali;
- pone le basi e organizza il campo per lo studio individuale o di gruppo;
- presenta modelli di razionalità e codici linguistici e semantici impostati secondo le regole della struttura e dell'epistemologia disciplinare.

Al di là di queste osservazioni, è stato ampiamente dimostrato che la sua efficacia dipende dalle competenze personali del docente, ossia quanto egli sia in grado di adottare strategie comunicative quali:

- costruire interventi eccellenti, ricchi e articolati nei contenuti e, insieme, affascinanti nel coinvolgimento espositivo;
- personalizzare l'esposizione, rapportandola alle caratteristiche del gruppo, adattando i codici linguistici, semantici ed esperienziali senza abbassare la qualità dell'insegnamento;
- coinvolgere gli studenti con strategie partecipative, limitando i monologhi del docente;
- impiegare correttamente i sussidi e le tecnologie didattiche, al fine di integrare la comunicazione verbale con altri linguaggi particolarmente praticati dagli adolescenti.

7.2 IL METODO OPERATIVO: IL LABORATORIO

Per sgomberare il campo da qualsiasi fraintendimento, occorre puntualizzare il duplice significato del termine "laboratorio" quando lo si utilizza in un contesto didattico.

Nella trattazione metodologica dell'insegnamento, il laboratorio viene inteso come uno "spazio mentale attrezzato", rientrando tra i metodi operativi connessi allo sviluppo di un saper fare intelligente e riflessivo (Tessaro, 2002). In tal senso, il laboratorio si caratterizza per l'attività formativa che vi si svolge; il nucleo è rappresentato dal progetto didattico o dal piano di lavoro che si intendono operare. È in funzione del progetto che si usano determinati mezzi e che si dispongono gli studenti in gruppi di lavoro. Con il lavoro in laboratorio lo studente domina il senso produttivo del suo apprendimento. Dal punto di vista didattico, è essenziale che ogni unità di tempo impiegato corrisponda ad una specifica fase di lavoro e quindi ad un risultato, anche intermedio, che garantisca il dominio dell'attività sino a quel punto effettuata, sia da parte del docente, che può tenere sotto controllo la progressione dei passi nella procedura, sia da parte dello studente, che vede il risultato raggiunto in termini favorevoli dal punto di vista motivazionale. È nell'intreccio tra le attività materiali, lo studio e la riflessione che si realizza il vero laboratorio. In questo intreccio proattivo, nella possibilità di corrispondere alle esigenze individuali degli studenti e nella qualità della verifica del lavoro fatto (tempestività e trasparenza) si fonda l'organizzazione dell'attività scolastica incentrata sui laboratori (De Bartolomeis, 1978).

Nella pratica disciplinare, in particolar modo delle materie scientifiche, il termine laboratorio viene inteso come qualsiasi spazio, operativo e concettuale, opportunamente adattato per lo svolgimento di una specifica attività. Dal punto di vista logistico, il laboratorio della scuola secondaria dovrebbe essere un locale a sé stante, appositamente costruito per produrre rendimenti specialistici. In tal senso, il laboratorio si contraddistingue dall'aula: l'aula generica è uno spazio-contenitore, il laboratorio è uno spazio specialistico. Nella scuola secondaria le attività laboratoriali si presentano prevalentemente disciplinari: le diverse materie, in particolar modo quelle relative all'area tecnologica e all'area scientifica, dispongono di propri laboratori. Sarebbe comunque improprio considerare i laboratori solo in chiave strettamente disciplinare; le specializzazioni riguardano anche le competenze trasversali. Esistono laboratori

trasversali antichi, come le biblioteche, e moderni, come laboratori multimediali, che accomunano più discipline nel percorso metodologico.

Quali sono le peculiarità di un laboratorio per l'apprendimento? In un percorso di epistemologia operativa, A. Munari (1994) analizza le caratteristiche delle attività di un laboratorio trasversale, il cui scopo è di favorire le esperienze cognitive in ambito scolastico.

- L'attività proposta, nel laboratorio formativo, si deve prestare ad una manipolazione concreta. Un'attività puramente verbale, senza passaggio al trattamento reale, non è sufficiente. Quando si parla si sottintendono cose date per scontate, che così non sono quando si tenta di tradurle in attività tangibili.
- L'attività deve implicare le operazioni cruciali. In una sessione di laboratorio non è possibile fare di tutto: è necessario focalizzarsi su alcune operazioni principali. È indispensabile che il docente sappia con precisione lo sviluppo della procedura che intende centrare, anche se non è detto che di questo siano consapevoli gli studenti. Costoro accetteranno di fare ciò che viene chiesto loro e, solo alla conclusione, in gruppo, si discuterà sulle azioni compiute e sul risultato ottenuto.
- L'attività non deve avere una soluzione unica. Questa affermazione può risultare sconcertante per coloro che considerano il laboratorio come il luogo dell'esercitazione meccanica, dell'addestramento concreto, dei passi obbligati. Ma non è questo il laboratorio inteso come spazio mentale attrezzato, che richiede non una risposta giusta, un'unica soluzione, ma più risposte e più soluzioni, tutte egualmente plausibili.
- Le attività devono provocare uno spiazzamento cognitivo. L'esperienza di laboratorio deve produrre dissonanza tra ciò che l'allievo conosceva e ciò che va apprendendo mediante lavoro. Deve indurre una maggiore motivazione negli studenti e mantenere costante il desiderio di scoprire qualcosa di nuovo. Le applicazioni automatiche irrigidiscono il pensiero e rendono difficile la consapevolezza delle diversità dei contesti e dei processi.
- L'attività si deve situare ad una giusta distanza dalle competenze possedute. Le abilità richieste nelle attività laboratoriali non possono collocarsi eccessivamente distanti dalle competenze possedute dall'allievo, altrimenti costui utilizzerebbe

soltanto un approccio per tentativi ed errori. Per altro verso, le attività non possono neppure identificarsi con le competenze possedute dall'allievo, che si troverebbe costretto a svolgere un esercizio e non a ricercare le soluzioni ad un problema.

- Le attività devono comportare diversi livelli di interpretazione. Imparare in laboratorio significa prendere metodi che possono essere variamente applicati in diverse situazioni; perciò un metodo diventa suscettibile di interpretazione diversa secondo l'angolo visuale adottato. Il gruppo di studenti laboratorio viene chiamato a proporre, condividere e sperimentare i diversi punti di vista.
- Le attività devono possedere valenze metaforiche. L'attività laboratoriale non richiede soltanto competenze di tipo esecutivo, così come non produce soltanto apprendimenti di tipo operatorio-concreto. Operare in laboratorio significa fare riferimento (ripensare) ad esperienze lontane ed eterogenee, e contemporaneamente costruire, su quel pensiero, nuove esperienze.
- Le attività devono coinvolgere il rapporto che ciascuno ha con il sapere. Nel laboratorio l'azione e la riflessione si ritrovano intrecciati nella costruzione del sapere individuale, attraverso continui processi retroattivi e proattivi. In tal modo il laboratorio supera la perenne divisione tra teoria e pratica, tra principi e applicazioni, individuando sapere come conoscenza in azione.

Cercando di riassumere, le conseguenze dell'utilizzo del laboratorio nell'ambito delle dinamiche di insegnamento-apprendimento sono:

- consentire allo studente di dominare il senso produttivo del suo apprendimento, inteso come momento in cui l'alunno è attivo (cioè 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);
- realizzare l'apprendimento tramite il metodo investigativo: partendo da una situazione problematica iniziale, si attivano strategie risolutive che manifestano le fasi del percorso di ricerca sperimentale;
- permettere l'approccio alle discipline scientifiche rispettandone la natura di carattere sperimentale;

- favorire la costruzione e l'acquisizione di un vocabolario scientifico con definizioni operative di grandezze e concetti;
- consentire l'uso appropriato delle abilità comunicative e collaborative, connotate sia da responsabilità individuale che da positiva interdipendenza, cooperando per il raggiungimento di un fine comune;
- organizzare l'instaurarsi di un gruppo di lavoro che riproduca le modalità di interazione di una comunità di scienziati, giungendo a conclusioni temporanee e a nuove aperture delle conoscenze personali e collettive.

8. SCOPO DELLA RICERCA

Lo scopo della mia ricerca è stato quello di valutare la diversa ricaduta sull'apprendimento degli studenti usando metodologie didattiche differenti. A tal fine si sono predisposti percorsi curricolari di scienze della vita per la Scuola Secondaria di Primo Grado, derivati da un connubio contenutistico-metodologico tra i sussidi offerti dal laboratorio didattico e la trattazione della teoria dell'evoluzione. L'intento è stato quello di favorire la concretizzazione, all'interno delle dinamiche di insegnamento-apprendimento, di un'azione didattica valida ed efficace.

9. OBIETTIVI DELLA RICERCA

- Determinare i nuclei fondanti della teoria che ne rispettino l'impianto scientifico-razionale e la valenza storico-epistemologica, trasferibili e concretizzabili tramite il laboratorio didattico;
- Individuare quali siano tra le molteplici tipologie di attività laboratoriali, quelle che maggiormente si prestano alla trattazione dei nodi concettuali su cui poggia la biologia evoluzionistica;
- Costruire dei percorsi didattici che ripercorrano gli aspetti fondamentali della teoria dell'evoluzione utilizzando i processi attivabili mediante tecniche di laboratorio e testarne l'efficacia attraverso il confronto con percorsi basati su metodologie tradizionali;
- Evidenziare le buone pratiche che, attraverso l'integrazione di metodi, contenuti e strumenti, possono rappresentare linee guida nella creazione dei contesti di apprendimento ottimali.

10. STRUMENTI E METODOLOGIA D'INDAGINE

Al fine di comparare i risultati ottenuti da due percorsi di insegnamento, uno condotto attraverso tecniche di laboratorio, l'altro strutturato su una didattica frontale strettamente coadiuvata dall'ausilio del libro di testo, ho dovuto predisporre e realizzare dei progetti didattici. Per una più agevole comprensione del lavoro svolto, ho ritenuto opportuno suddividere in tre fasi il lavoro di ricerca.

10.1 PROGETTAZIONE DEL PERCORSO DIDATTICO

I punti salienti che hanno caratterizzato questa fase sono i seguenti:

- *Individuazione dei concetti cardine, relativi alla teoria dell'evoluzione, tramite ricerca bibliografica ed analisi dei testi.* Sono stati trattati i seguenti fattori: ereditarietà, caso, variazione, selezione, adattamento, tempo;
- *Analisi dei curricula della Scuola Media Inferiore di Primo Grado per l'individuazione della classe e del momento più consono alla sperimentazione.* Ho optato per le classi terze medie dopo che, da programma, erano stati trattati elementi di biologia (anche umana) e genetica;
- *Preparazione e/o adattamento di schede guida e individuazione degli strumenti didattici.* Ho costruito diversi protocolli, riguardanti gli argomenti sopra elencati, da utilizzare come traccia per la conduzione delle attività di laboratorio (l'elenco delle esperienze realizzate e degli argomenti correlati è riportato in tabella 10.1; un esempio di traccia per la conduzione di un'attività è riportato nel paragrafo 10.4). Le attività incluse sono state selezionate in base alla loro rilevanza rispetto al curriculum di base delle Scienze della Vita, alla possibilità di adattamento e di replica in altri contesti di insegnamento (vedi Scuola Secondaria Superiore), alla facilità di reperimento dei materiali, all'originalità e attualità degli esempi. Alcuni protocolli sono stati selezionati, e successivamente adattati, da fonti bibliografiche specifiche, altri sono stati preparati ex novo. Oltre ai metodi, per ciascuna esperienza ho individuato i materiali e gli strumenti didattici necessari sia per l'intera classe, sia per i singoli gruppi di laboratorio;

TITOLO	ARGOMENTI CORRELATI
Classificazione dei Caminalcules	Sistematica, filogenesi, convergenza adattativa
Pesci e padelle	Variazione, selezione, adattamento, speciazione
I fossili di Leonardo	Fossilizzazione, tempo
L'evoluzione nei Simpson	Credeenze personali, rapporto scienza/religione
Servono i maschi?	Selezione sessuale, riproduzione, adattamento
Il caso dell'animale X	Tassonomia, linearità e ramificazioni
Il codice misterioso	Variazione, caso, codice genetico
Dimmi come ti muovi	Omologia, anatomia comparata

Tabella 10.1: Elenco delle attività proposte nel percorso di laboratorio.

- *Individuazione degli strumenti per il monitoraggio dell'attività, della raccolta dei risultati e dell'analisi statistica.* E' stato liberamente tradotto un questionario di accettazione della teoria dell'evoluzione, utilizzato in uno studio analogo alla mia ricerca (Chinsamy e Plagany, 2008), riportato nel paragrafo 10.5. In tale questionario ho inserito anche quattro semplici ma specifiche domande sul confronto tra la specie umana e altri organismi viventi; questo in funzione di una possibile e naturale estensione del progetto in futuro. Ho inoltre deciso di utilizzare, per la raccolta dei dati, una scala di accordo/disaccordo a 5 passi, denominata scala Likert.

10.2 ORGANIZZAZIONE DEL PECORSO DIDATTICO

- *Contatti con le Istituzioni Scolastiche.* I progetti didattici che illustravano l'attività di ricerca sono stati sottoposti al parere del Dirigente Scolastico, delle Commissioni di Dipartimento e del Collegio Docenti delle istituzioni contattate;
- *Contatti con i responsabili Piano Ministeriale ISS.* Per la ricerca mi sono avvalso di alcuni insegnanti che si sono resi disponibili ad affrontare in prima persona le esperienze in classe. Per assicurare una adeguata formazione, ho organizzato dei seminari presso le sedi ISS (Piano Ministeriale Insegnamento Scienze Sperimentali) degli istituti comprensivi scelti, in modo da illustrare il progetto didattico e le attività da svolgere. Per esempio, nella rete di Vicenza e

Treviso, ho predisposto un percorso di aggiornamento di 4 incontri da 2 ore ciascuno, che ha riguardato la spiegazione e la realizzazione delle esperienze di laboratorio destinate poi agli alunni. Il fine è stato quello di poter sperimentare il progetto nelle classi degli insegnanti partecipanti, intervenendo nella supervisione delle attività. Per aumentare l'attendibilità della ricerca e per diminuire la componente soggettiva, gli insegnanti coinvolti hanno operato in almeno due classi, svolgendo entrambi i percorsi didattici;

- *Suddivisione delle classi.* Ho cercato di scegliere classi il più possibile omogenee, in particolare per genere, livello di profitto, studenti avvalentesi dell'IRC (insegnamento religione cattolica), alunni con certificazione (sostegno), dislocazione urbana/periferica dell'istituto. E' da specificare che, per quanto riguarda gli alunni disabili, i questionari sono stati compilati con l'ausilio dell'insegnante di sostegno e, solo dopo il suo parere sulla comprensione degli items, tali questionari sono stati inclusi tra i risultati.

10.3 REALIZZAZIONE DEL PROGETTO

La realizzazione del progetto ha coinvolto circa 600 alunni iscritti a 28 classi terze di Scuole Secondarie di Primo Grado del territorio veneto. Le adesioni hanno riguardato i seguenti istituti:

- Scuola Media Statale di Montebelluna (TV): 4 classi della sede di Montebelluna, 1 della sede di Biadene;
- Istituto Comprensivo di Vigodarzere (PD): 3 classi della Scuola Media "Moroni";
- Istituto Comprensivo Torri 2 di Torri di Quartesolo (VI): 2 classi della sede di Grumolo delle Abbadesse e 2 della sede di Marola;
- Istituto Comprensivo di Montegalda (VI): 2 classi della sede di Montegalda e 2 della sede di Grisignano di Zocco;
- Istituto Comprensivo 1 di Vicenza: 2 classi della Scuola Media "Maffei";
- Istituto Comprensivo 8 di Vicenza: 5 classi della Scuola Media "Carta";
- Istituto Comprensivo di Longare (VI): 5 classi della Scuola Media "Bizio".

In metà delle classi si è affrontato l'insegnamento dell'evoluzione tramite il percorso "tradizionale" (lezioni frontali con l'ausilio del libro di testo); nelle rimanenti si è trattato lo stesso argomento attraverso il percorso sperimentale di laboratorio. Il tempo dedicato al progetto è stato identico nei due casi: per ogni classe otto lezioni da un'ora ciascuna.

A tutti gli alunni è stato somministrato il questionario di accettazione della teoria dell'evoluzione sia prima dell'intervento didattico, per la rilevazione delle pre-conoscenze, che alla sua conclusione, per la verifica della ricaduta didattica.

10.4 TRACCIA PER LA CONDUZIONE DI UN'ATTIVITA' DI LABORATORIO: CLASSIFICAZIONE ED EVOLUZIONE DEI CAMINALCULES

L'esperienza descritta in seguito riguarda un esempio di attività di laboratorio in cui vengono utilizzati degli organismi immaginari, denominati Caminalcules, per simulare la costruzione di alberi filogenetici.

I Caminalcules (figure 10.1 e 10.2) sono stati ideati da Joseph H. Camin (Sokal, 1983). L'autore ha disegnato questi organismi partendo da un modello di antenato comune e, modificandolo gradualmente in modo da mimare i cambiamenti evolutivi, ha ottenuto una serie composta da 73 diverse forme. L'intento è stato quello di sviluppare una filogenesi che può essere utilizzata dagli studenti per imparare le tecniche tassonomiche e le analisi cladistiche.

A questo proposito, questi organismi offrono importanti vantaggi (McComas e Alters, 1994). Innanzitutto, poiché essi sono animali artificiali, gli studenti non presentano preconcetti su come possono essere imparentati, e quindi classificati. Questo significa che, quando saranno chiamati a costruire un albero filogenetico, si concentreranno più sul determinare un principio esplicativo piuttosto che basarsi sulle loro conoscenze pregresse. Inoltre, le forme di Caminalcules presentano sia testimonianze fossili che organismi viventi, simulando una vera storia evolutiva. Infine, questo tipo di esperienza illustra l'intima connessione tra la classificazione delle specie viventi e le loro relazioni evolutive.

Principi dell'evoluzione affrontati: sistematica, filogenesi, convergenza adattativa

Materiali occorrenti

- per l'insegnante: lucidi delle 14 forme viventi di Caminalcules;
- per ogni studente: fotocopia delle figure 10.1 e 10.2: Caminalcules fossili e viventi;
- per gruppi da due a quattro studenti: forbici, metro di legno, colla, fogli per cartelloni.

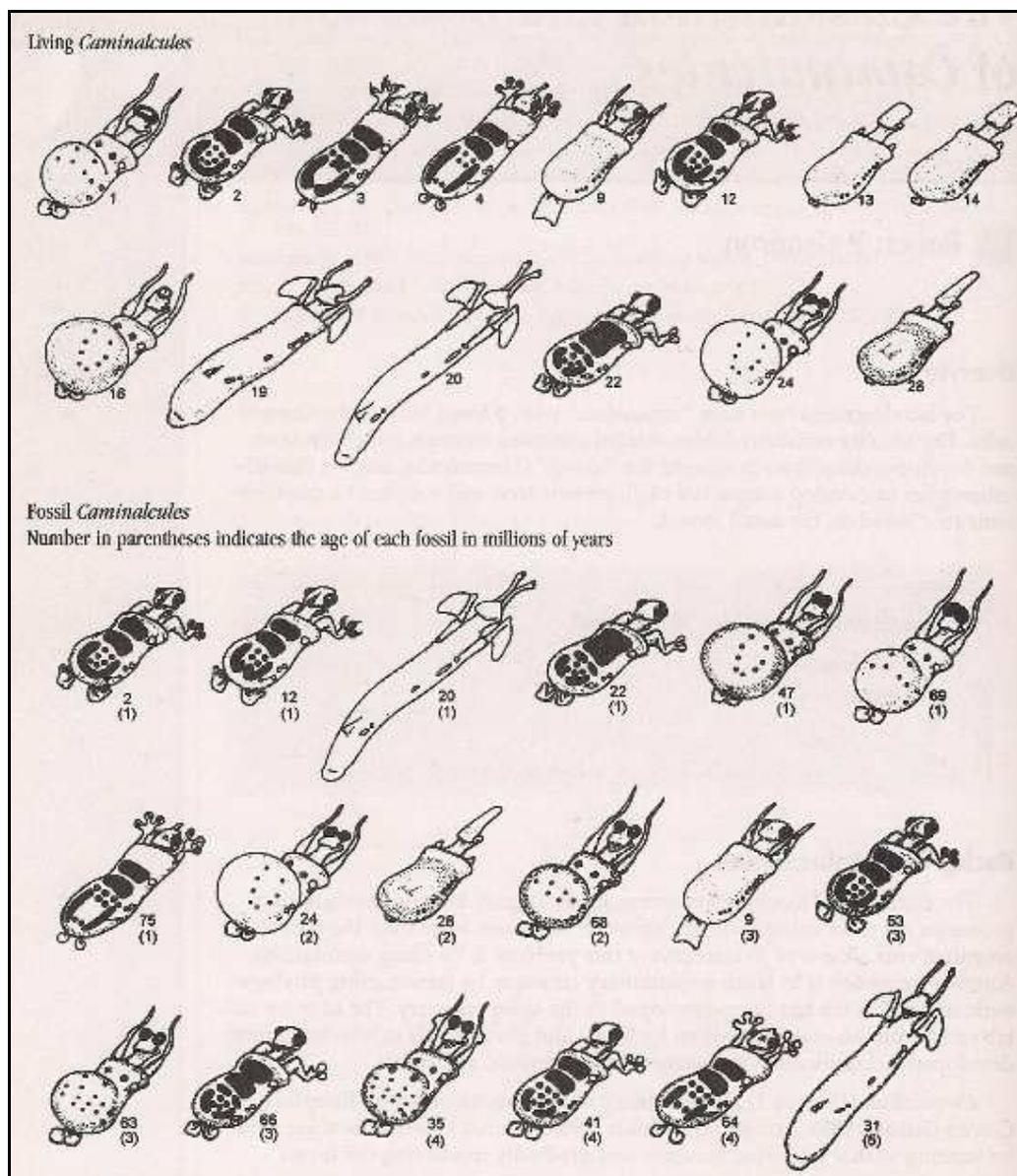


Figura 10.1: Forme attuali e forme fossili di Caminalcules (Sokal, 1983)

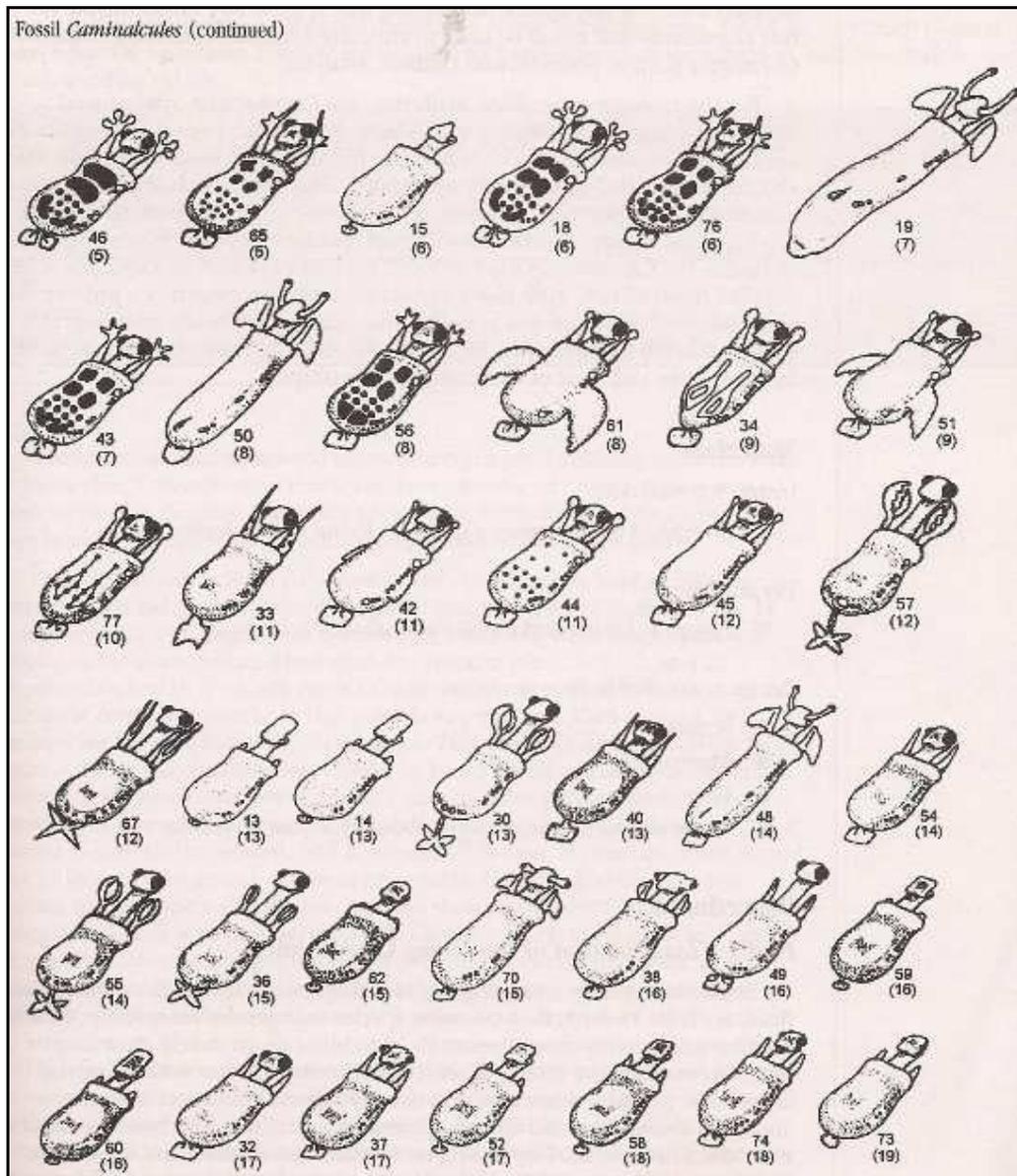


Figura 10.2: Continua da figura 10.1

Procedura:

Parte 1: Classificazione dei Caminalcules viventi

Gli studenti, individualmente, iniziano a sistemare le 14 specie di forme viventi in una classificazione gerarchica. Innanzitutto devono raggruppare le specie in generi usando il criterio della somiglianza fisica. Il presupposto è che nei Caminalcules, come molto spesso succede anche nella realtà, le somiglianze fisiche sono una buona

indicazione della presenza di antenati comuni condivisi. Usando criteri simili, i ragazzi devono poi raggruppare i generi in famiglie, le famiglie in ordini, e così via. A seconda dei dettagli considerati, lo schema di classificazione può fermarsi all'ordine o procedere fino al phylum. Se il tempo a cui dedicare l'attività è breve (per esempio quando non si hanno due ore scolastiche ravvicinate) può essere chiesto agli studenti di costruire a casa la loro preliminare classificazione. Un altro modo con cui può essere condotta l'attività è di far lavorare collegialmente tutta la classe, con l'insegnante che agisce da facilitatore e moderatore.

Una volta che gli studenti hanno completato la loro classificazione, l'insegnante guida la discussione con l'ausilio del proiettore e dei lucidi sulle 14 specie di *Caminalcules* viventi, iniziando con la forma n. 2 e chiedendo quali altre specie sono state incluse nel suo genere di appartenenza. Ad esempio, molti degli studenti avranno raggruppato insieme le forme 2, 3, 4, 12 e 22; se ciò è successo si chiede che le separino in generi meno numerosi. L'errore più comune che si riscontra a questo punto è di mettere le forme 3 e 12 da sole in generi separati, semplicemente per il fatto di possedere gli artigli. Questo offre la possibilità di puntualizzare che la classificazione deve essere basata su tutti i caratteri disponibili. Quando gli studenti considerano caratteri quali la distribuzione del colore, la forma del corpo, la presenza di articolazioni della zampa o di ornamenti sulla testa, normalmente decidono velocemente che le forme 3 e 4 appartengono allo stesso genere, mentre le forme 2, 12 e 22 ad un altro. Qualcuno deciderà di mettere la forma 22 da sola, che è accettabile.

Dopo aver classificato le specie in maniera (per gli studenti) soddisfacente, l'insegnante comincia la discussione sull'evoluzione convergente, usando le forme 3 e 12 come esempi. Se necessario, egli deve anche definire questo concetto.

Normalmente si incoraggia i ragazzi ad essere "separazionisti" piuttosto che "raggruppatori" per ragioni euristiche, cioè perché è più facile introdurre il concetto di convergenza evolutiva così come si può enfatizzare il bisogno di esaminare tutti i caratteri disponibili con attenzione.

Classe	Caminalcule													
Ordine	G1											G2		
Famiglia	F1		F2						F3			F4		
Genere	G1		G2	G3		G4			G5			G6		
Specie	19	20	9	4	3	22	12	2	16	24	1	14	13	28

Tabella 10.2: esempio di classificazione tassonomica dei Caminalcules viventi.

Parte 2: Un albero filogenetico basato sulle specie viventi

Nel secondo esercizio, gli studenti usano la loro classificazione dei Caminalcules viventi per costruire un albero filogenetico. La classificazione mostrata in Tabella 10.2 potrebbe suggerire l'albero della figura 10.3.

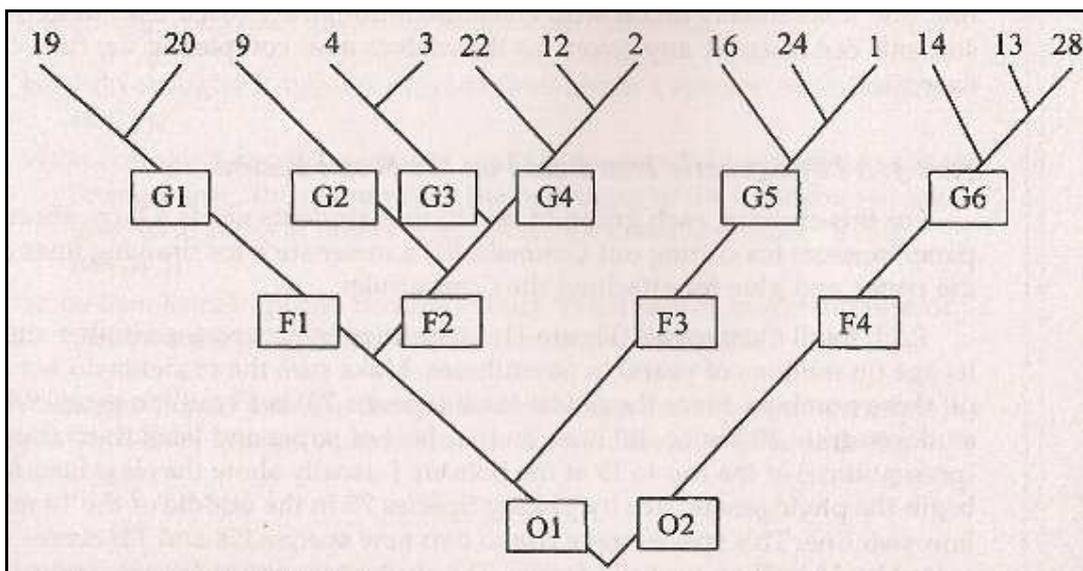


Figura 10.3: Albero filogenetico basato sulla classificazione dei Caminalcules viventi.

Uno dei concetti chiave è quello del comune antenato più recente. Gli studenti imparano che mettendo due specie, per esempio 19 e 20, nello stesso genere, implicano che queste specie condividono un antenato comune non condiviso da altri generi. Quando ci sono tre o più specie in un genere, gli studenti devono decidere quali sono più strettamente imparentate (figura 10.4).

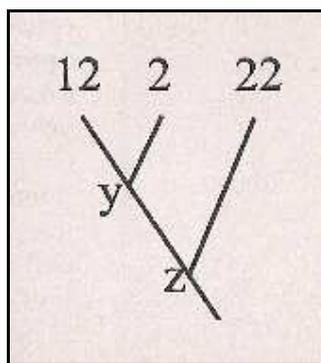


Figura 10.4

La stessa procedura è applicata nella classificazione dei taxa di ordine maggiore. Per esempio, se due generi sembrano assomigliarsi tra loro molto più che non con i rimanenti, questo è probabilmente perché condividono un antenato comune.

Inoltre, gli studenti apprendono che persino in assenza di testimonianze fossili, si può tentare di costruire degli alberi filogenetici che corrispondono allo schema della loro classificazione. Non è necessario che la loro filogenesi corrisponda esattamente a quella originariamente concepita dall'autore, ed è improbabile che lo sia, dato l'approccio intuitivo che gli studenti applicano. Anzi, in questo modo è facilitata la scoperta degli errori da parte degli stessi ragazzi dopo aver completato l'ultima parte dell'esercitazione.

Parte 3: Costruzione di un albero filogenetico basato sulle testimonianze fossili

Ogni specie di Caminalcules fossile, come rappresentato nelle figure 10.1 e 10.2, è identificata mediante un numero e un'età in milioni di anni (cifra tra parentesi); bisogna fare attenzione che gli studenti non taglino queste informazioni. Partendo dal fossile più antico, numero 73 che ha 19 milioni di anni, gli studenti disegnano 20 linee orizzontali sul foglio di carta e le numerano da 0 (tempo attuale) a 19 partendo dalla prima riga in alto. L'insegnante mostra come iniziare l'albero filogenetico mettendo la specie 73 nel mezzo della linea corrispondente ai 19 milioni di anni. Da questa specie si sono originate due nuove specie, forme 58 e 74, rappresentate dalle specie di fossili risalenti a 18 milioni di anni fa. Da qui si lascia che gli studenti proseguano da soli. Per rendere l'esercizio più facile è possibile eliminare alcuni rami, per esempio quelli che si

dipanano a partire dalle forme 14 e 47 (vedi figura 10.5). L'importante è comunque includere sia le specie fossili che le specie attuali.

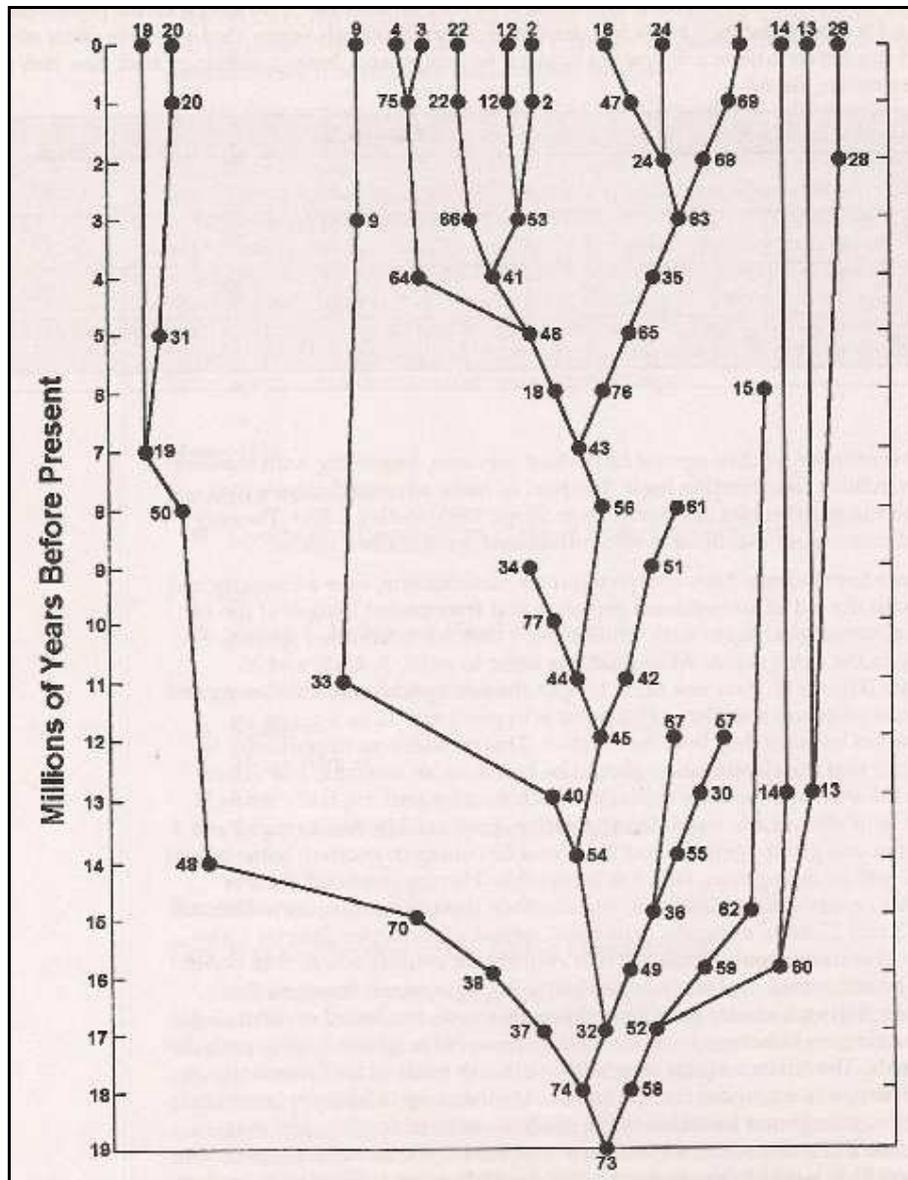


Figura 10.5: Albero filogenetico dei Caminalcules (Sokal, 1983)

Gli studenti gradiscono questa tipologia di attività, e generalmente costruiscono alberi filogenetici abbastanza corretti. Possono incappare comunque in diversi passi falsi, che provvedono un'eccellente opportunità di discutere concetti quali gaps delle testimonianze fossili e periodi di stasi evolutiva (figura 10.5). Per esempio, quando considerano la forma 67 (12 milioni di anni), la maggior parte degli studenti assume che è derivata dalla specie 30 (13 milioni di anni). Questo richiederebbe un improbabile

scenario in cui l'evoluzione che tende verso chela conformato a pinza fa velocemente marcia indietro per originare quelli che sembrano dei tentacoli biforcuti. Una volta puntualizzato questo, gli studenti deducono correttamente che la forma 67 si dirama singolarmente e che c'è un gap nelle testimonianze fossili.

Completato il loro albero evolutivo, gli studenti lo confrontano con quello originale, riconoscendo le eventuali discrepanze. Successivamente si chiede loro di riconoscere, in laboratorio o come compito a casa, quanto segue:

- 1) Il più recente antenato comune di ogni due specie;
- 2) Esempi ulteriori di evoluzione convergente;
- 3) Esempi di strutture vestigiali (es. il dito più interno della specie 66);
- 4) Esempi di stasi evolutive (per es. le specie 13 e 14 rimangono inalterate per 13 milioni di anni);
- 5) Esempi di rapide radiazioni adattative (per es. le molte linee che partono dalla specie 43 a circa 7 milioni di anni);

Queste osservazioni possono facilmente essere applicate al mondo reale e conducono a discussioni interessanti, come per esempio le seguenti:

- Quali indicazioni offrono le strutture vestigiali a proposito della storia evolutiva di una specie?
- Quali condizioni ambientali possono giustificare rapide diversificazioni o lunghe stasi di alcune linee evolutive?
- Alcuni Caminalcules si sono estinti. Quali fattori possono aumentare o diminuire la probabilità di estinzione nel mondo reale?

Gli insegnanti dovrebbero inoltre utilizzare l'albero filogenetico per enfatizzare i cambiamenti che avvengono a carico di strutture preesistenti.

Considerazioni aggiuntive

Una delle ragioni per cui questa esperienza ha successo tra gli studenti è che essi sono generalmente molto propensi a lavorare in gruppo nei problem solving presentati. E' importante tuttavia sottolineare che l'insegnante deve monitorare i progressi di ogni

gruppo per identificare eventuali problemi o difficoltà. Tale attività di facilitazione offre ulteriori possibilità di approfondire con ogni gruppo alcuni aspetti dei concetti affrontati.

10.5 QUESTIONARIO DI ACCETTAZIONE DELLA TEORIA DELL'EVOLUZIONE

Porre una croce sull'atteggiamento condiviso

1. Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

2. L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

3. Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

4. La mia religione fornisce, rispetto alla scienza, una spiegazione migliore per la creazione dell'Universo.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

5. L'evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

6. Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

7. La teoria dell'evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

8. Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

9. L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa ma ora non avviene più.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

10. La Terra ha 4.5 miliardi di anni.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

11. La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

12. La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

13. Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

14. I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

15. Lo scopo dell'evoluzione è la creazione di un organismo perfetto, rappresentato attualmente dall'uomo.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

16. La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

17. L'essere umano è l'organismo che si evolve più velocemente.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

18. Gli esseri umani si sono evoluti e si stanno ancora evolvendo.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

19. La prova che l'evoluzione non è mai potuta avvenire è data dalla legge di Sherwin

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

20. Il Terzo Principio di Bernelli indica che l'evoluzione è vera.

Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
-----------------	-----------	------------------	---------------	---------------------

11. RISULTATI

Per ogni domanda del questionario si sono sommate le risposte ottenute in ognuno dei cinque possibili atteggiamenti, calcolandone la media espressa in forma percentuale.

Le domande sono state accorpate in sezioni secondo lo schema seguente:

1. Rapporto scienza/religione: dalla n. 1 alla n. 4;
2. Comprensione: dalla n. 5 alla n. 9;
3. Fatti scientifici: dalla n. 10 alla n. 14;
4. Evoluzione umana: dalla n. 14 alla n. 18;
5. Domande fallaci: n. 19 e n. 20.

Le domande 19 e 20, denominate “fallaci”, sono items inseriti per una standardizzazione interna del test. Infatti, queste domande palesemente false riguardano due scienziati di fantasia di cui è impossibile riconoscere l’identità, anche se il nome ricorda personalità scientifiche realmente esistite (Sherwin in assonanza con Darwin, Bernelli in assonanza con Bernoulli). Se il test è compilato in maniera casuale, ponendo le croci senza aver letto le domande, ci si aspetta un’equa distribuzione delle risposte per ogni possibile atteggiamento proposto. Viceversa, se il test è compilato dopo la loro lettura, ci si attende una predominanza dell’atteggiamento “non so/incerto” rispetto alle altre alternative.

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi al questionario in ingresso, cioè prima di effettuare i percorsi didattici (tabella 11.1), al questionario in uscita dopo il ciclo di lezioni con metodologia tradizionale (tabella 11.2) e laboratoriale (tabella 11.3).

SEZIONI	Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
Rapporto fra religione e scienza					
01.Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina.	4,8%	32,3%	27,5%	27,1%	8,2%
02.L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore.	3,4%	23,5%	38,9%	27,6%	6,5%
03.Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni.	2,7%	15,0%	18,0%	33,7%	30,6%
04.La mia religione fornisce una migliore spiegazione per la creazione dell'Universo rispetto alla scienza.	6,5%	20,1%	25,9%	34,5%	13,0%
Comprensione					
05.L'evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti.	6,2%	47,9%	37,3%	8,2%	0,3%
06.Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni.	16,3%	41,8%	33,0%	7,8%	1,0%
07.La teoria dell'evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra.	13,0%	54,3%	24,2%	8,2%	0,3%
08.Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo.	12,3%	41,1%	42,8%	3,4%	0,3%
09.L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa ma ora non avviene più.	3,1%	8,2%	18,1%	44,7%	25,9%
Fatti scientifici					
10.La Terra ha 4.5 miliardi di anni.	13,6%	25,5%	44,6%	11,9%	4,4%
11.La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè.	28,0%	50,2%	12,6%	7,2%	2,0%
12.La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa.	2,0%	16,0%	70,3%	7,2%	4,4%
13.Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione.	17,1%	32,8%	45,1%	3,8%	1,4%
14.I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra.	15,3%	54,4%	11,6%	15,6%	3,1%
Evoluzione umana					
15.Lo scopo dell'evoluzione è la creazione di un organismo perfetto, rappresentato attualmente dall'uomo.	5,5%	30,3%	31,4%	24,5%	8,3%
16.La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi.	8,7%	26,6%	30,4%	27,0%	7,3%
17.L'essere umano è l'organismo che si evolve più velocemente.	7,6%	29,8%	42,6%	17,0%	3,1%
18.Gli esseri umani si sono evoluti e si stanno ancora evolvendo.	13,4%	44,5%	29,0%	11,0%	2,1%
Domande fallaci					
19.La prova che l'evoluzione non è mai potuta avvenire è data dalla legge di Sherwin.	0,7%	1,4%	82,5%	8,2%	7,2%
20.Il Terzo Principio di Bernelli indica che l'evoluzione è vera.	4,1%	11,2%	82,7%	1,4%	0,7%

Tabella 11.1: Risultati del questionario al momento dell'ingresso nelle classi.

SEZIONI	Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
Rapporto fra religione e scienza					
01.Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina.	4,0%	18,2%	28,0%	38,2%	11,6%
02.L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore.	2,9%	19,3%	26,2%	40,4%	11,3%
03.Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni.	4,7%	15,3%	10,2%	31,3%	38,5%
04.La mia religione fornisce una migliore spiegazione per la creazione dell'Universo rispetto alla scienza.	6,5%	20,0%	22,9%	39,3%	11,3%
Comprensione					
05.L'evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti.	8,7%	44,7%	38,2%	6,9%	1,5%
06.Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni.	18,9%	56,4%	15,6%	8,4%	0,7%
07.La teoria dell'evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra.	14,9%	61,8%	14,2%	8,7%	0,4%
08.Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo.	22,9%	49,1%	21,0%	6,6%	0,4%
09.L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa ma ora non avviene più.	1,8%	10,5%	15,6%	38,5%	33,5%
Fatti scientifici					
10.La Terra ha 4.5 miliardi di anni.	12,8%	30,7%	42,0%	10,9%	3,6%
11.La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè.	19,3%	48,0%	20,0%	9,1%	3,6%
12.La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa.	1,8%	17,8%	67,6%	9,8%	2,9%
13.Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione.	23,7%	54,7%	11,7%	8,4%	1,5%
14.I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra.	18,2%	46,7%	12,4%	21,2%	1,5%
Evoluzione umana					
15.Lo scopo dell'evoluzione è la creazione di un organismo perfetto, rappresentato attualmente dall'uomo.	4,4%	23,0%	24,5%	36,1%	12,0%
16.La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi	8,8%	36,6%	21,2%	25,6%	7,7%
17.L'essere umano è l'organismo che si evolve più velocemente.	7,3%	21,8%	34,9%	31,3%	4,7%
18.Gli esseri umani si sono evoluti e si stanno ancora evolvendo.	17,8%	42,5%	21,5%	14,9%	3,3%
Domande fallaci					
19.La prova che l'evoluzione non è mai potuta avvenire è data dalla legge di Sherwin.	0,7%	4,4%	77,1%	12,2%	5,5%
20.Il Terzo Principio di Bernelli indica che l'evoluzione è vera.	2,2%	11,1%	79,3%	4,8%	2,6%

Tabella 11.2: Risultati dopo il percorso di insegnamento tradizionale.

SEZIONI	Molto d'accordo	D'accordo	Non so / Incerto	In disaccordo	Molto in disaccordo
Rapporto fra religione e scienza					
01.Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina.	2,0%	10,7%	10,0%	34,8%	42,5%
02.L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore.	1,0%	11,3%	14,3%	33,7%	39,7%
03.Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni.	0,7%	6,1%	6,4%	22,2%	64,6%
04.La mia religione fornisce una migliore spiegazione per la creazione dell'Universo rispetto alla scienza.	3,3%	7,0%	15,3%	42,5%	31,9%
Comprensione					
05.L'evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti.	24,6%	50,2%	19,3%	5,0%	1,0%
06.Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni.	35,3%	51,7%	9,0%	3,3%	0,7%
07.La teoria dell'evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra.	27,8%	61,5%	7,0%	3,7%	0,0%
08.Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo.	29,9%	48,7%	16,8%	4,4%	0,3%
09.L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa ma ora non avviene più.	2,0%	3,3%	6,7%	42,8%	45,2%
Fatti scientifici					
10.La Terra ha 4.5 miliardi di anni.	60,5%	27,9%	3,7%	5,0%	3,0%
11.La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè.	60,5%	28,9%	3,0%	6,6%	1,0%
12.La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa.	48,5%	32,8%	14,0%	3,0%	1,7%
13.Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione.	37,2%	53,4%	3,7%	4,0%	1,7%
14.I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra.	8,0%	26,3%	9,7%	39,7%	16,3%
Evoluzione umana					
15.Lo scopo dell'evoluzione è la creazione di un organismo perfetto, rappresentato attualmente dall'uomo.	1,7%	12,7%	18,7%	34,3%	32,7%
16.La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi.	14,4%	37,2%	20,5%	22,1%	5,7%
17.L'essere umano è l'organismo che si evolve più velocemente.	2,7%	14,6%	20,6%	40,5%	21,6%
18.Gli esseri umani si sono evoluti e si stanno ancora evolvendo.	25,3%	48,0%	18,3%	5,3%	3,0%
Domande fallaci					
19.La prova che l'evoluzione non è mai potuta avvenire è data dalla legge di Sherwin.	1,7%	3,0%	64,1%	15,0%	16,3%
20.Il Terzo Principio di Bernelli indica che l'evoluzione è vera.	5,7%	11,3%	72,7%	2,7%	7,7%

Tabella 11.3: Risultati dopo il percorso di insegnamento laboratoriale.

Comparando le risposte ottenute dalla somministrazione del questionario di accettazione prima e dopo l'intervento didattico si ottengono interessanti cambiamenti in tutte le sezioni di domande. Inoltre le differenze tra le risposte ottenute dalle due tipologie di percorso didattico danno risultati diversi.

In considerazione di una migliore trattazione dei dati, le percentuali relative ad ogni risposta sono state raggruppate rispetto al livello di correttezza, non considerando quindi l'intensità dell'atteggiamento. Per esempio, alla domanda "La Terra ha 4,5 miliardi di anni" si sono considerate corrette sia le risposte "molto d'accordo" sia le "d'accordo", e come scorrette le risposte "in disaccordo" e "molto in disaccordo". L'accorpamento è avvenuto in maniera opposta se le risposte corrette richiedevano un atteggiamento negativo, come per la domanda "L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa e ora non avviene più".

Sono state inoltre calcolate le medie delle risposte per ogni sezione di domande considerate, come illustrato in tabella 11.4.

SEZIONI	PRIMA DEL PERCORSO			DOPO TRADIZIONALE			DOPO LABORATORIALE		
	Corr.	Non so	Scorr.	Corr.	Non so	Scorr.	Corr.	Non so	Scorr.
Rapporto fra religione e scienza									
01.Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina.	35,4%	27,5%	37,1%	49,8%	28,0%	22,2%	77,3%	10,0%	12,7%
02.L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore.	34,1%	38,9%	27,0%	51,6%	26,2%	22,2%	73,3%	14,3%	12,3%
03.Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni.	64,3%	18,0%	17,7%	69,8%	10,2%	20,0%	86,9%	6,4%	6,7%
04.La mia religione fornisce una migliore spiegazione per la creazione dell'Universo rispetto alla scienza.	47,4%	25,9%	26,6%	50,5%	22,9%	26,5%	74,4%	15,3%	10,3%
MEDIA	45,3%	27,6%	27,1%	55,5%	21,8%	22,7%	78,0%	11,5%	10,5%
Comprensione									
05.L'evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti.	54,1%	37,3%	8,6%	53,5%	38,2%	8,4%	74,8%	19,3%	6,0%
06.Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni.	58,2%	33,0%	8,8%	75,3%	15,6%	9,1%	87,0%	9,0%	4,0%
07.La teoria dell'evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra.	67,2%	24,2%	8,5%	76,7%	14,2%	9,1%	89,3%	7,0%	3,7%
08.Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo.	53,4%	42,8%	3,8%	72,0%	21,0%	7,0%	78,5%	16,8%	4,7%
09.L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa ma ora non avviene più.	70,6%	18,1%	11,3%	72,0%	15,6%	12,4%	88,0%	6,7%	5,4%
MEDIA	60,7%	31,1%	8,2%	69,9%	20,9%	9,2%	83,5%	11,8%	4,7%
Fatti scientifici									
10.La Terra ha 4.5 miliardi di anni.	39,1%	44,6%	16,3%	43,4%	42,0%	14,6%	88,4%	3,7%	8,0%
11.La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè.	78,2%	12,6%	9,2%	67,3%	20,0%	12,7%	89,4%	3,0%	7,6%
12.La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa.	18,1%	70,3%	11,6%	19,6%	67,6%	12,7%	81,3%	14,0%	4,7%
13.Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione.	49,8%	45,1%	5,1%	78,5%	11,7%	9,9%	90,6%	3,7%	5,7%
14.I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra.	18,7%	11,6%	69,7%	22,6%	12,4%	65,0%	56,0%	9,7%	34,3%
MEDIA	40,8%	36,8%	22,4%	46,3%	30,7%	23,0%	81,1%	6,8%	12,1%
Evoluzione umana									
15.Lo scopo dell'evoluzione è la creazione di un organismo perfetto, rappresentato attualmente dall'uomo.	32,8%	31,4%	35,9%	48,2%	24,5%	27,4%	67,0%	18,7%	14,3%
16.La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi.	35,3%	30,4%	34,3%	45,4%	21,2%	33,3%	51,7%	20,5%	27,9%
17.L'essere umano è l'organismo che si evolve più velocemente.	20,1%	42,6%	37,4%	36,0%	34,9%	29,1%	62,1%	20,6%	17,3%
18.Gli esseri umani si sono evoluti e si stanno ancora evolvendo.	57,9%	29,0%	13,1%	60,4%	21,5%	18,2%	73,3%	18,3%	8,3%
MEDIA	36,5%	33,3%	30,1%	47,5%	25,5%	27,0%	63,5%	19,5%	16,9%

Tabella 11.4: Risultati complessivi in termini di correttezza delle risposte

Se le lezioni sull'evoluzione fossero state efficaci, ci si aspetterebbe un aumento significativo di risposte corrette nei questionari forniti al termine dei percorsi didattici. Per misurare la significatività di tale incremento, in ogni sezione di domande è stato utilizzato il paired t-test ad una coda; ciò significa che un cambiamento significativo si ha solo quando la probabilità osservata, applicando il t-test al campione, è minore del valore soglia ($\alpha < 5\%$).

Le medie relative a ogni sezione (tabella 11.4) vengono riportate negli istogrammi delle figure 11.1, 11.2, 11.3, 11.4.

Per quanto concerne l'indagine sul rapporto tra scienza e religione (sezione 1, fig. 11.1), la percentuale di risposte corrette passa dal 45,3% prima dei percorsi didattici al 55,5% dopo il percorso tradizionale ($\alpha=3,04\%$) e al 78% dopo il percorso laboratoriale ($\alpha=0,30\%$); come si può riscontrare, in entrambi i casi la variazione è statisticamente significativa. Gli studenti del percorso di laboratorio, considerano quindi maggiormente accettabili le motivazioni scientifiche rispetto a quelle religiose. Ciò si riferisce in particolare alla creazione dell'universo e alla comparsa della vita sulla terra, nonché ai tempi e modi della sua modificazione. Circa la metà (55,5 %) degli studenti del metodo tradizionale rimane ancorato invece ad una concezione creazionista.

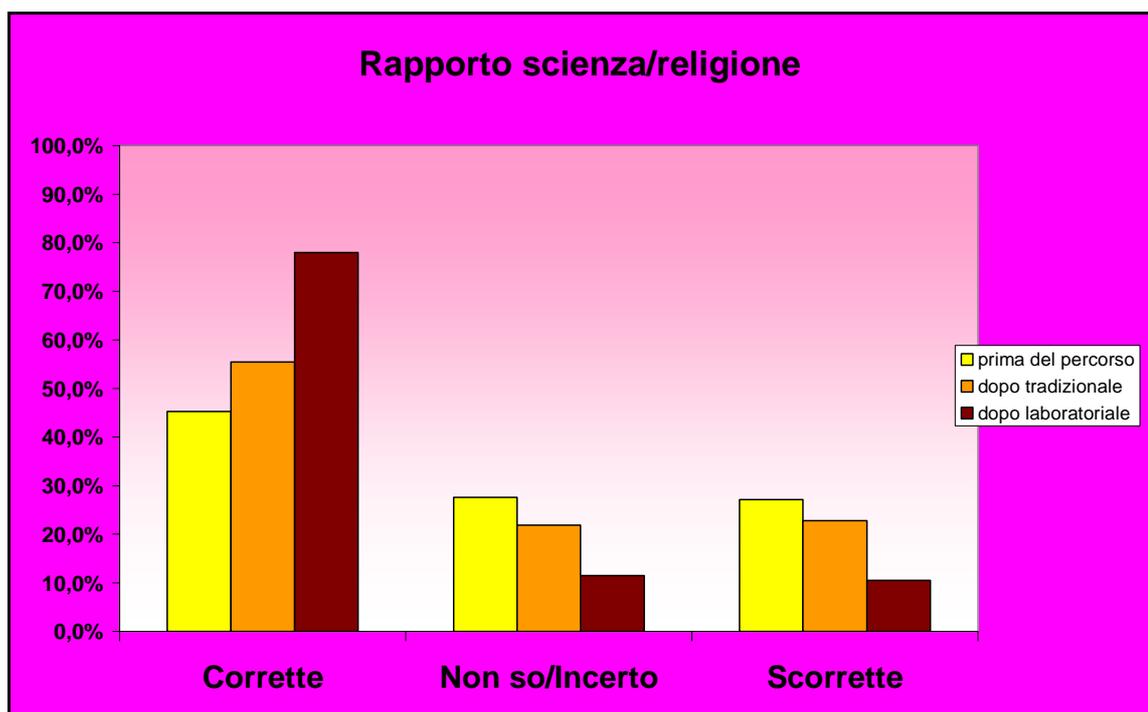


Figura 11.1: Risultati sezione Scienza/Religione.

La percentuale di studenti che dimostra di comprendere i processi fondamentali su cui si basa la teoria dell'evoluzione (sezione 2, fig. 11.2) risulta maggiore tra gli alunni che hanno partecipato a lezioni di laboratorio rispetto a quelli che hanno seguito lezioni con metodologia classica, anche se entrambi i miglioramenti risultano significativi. Tra i primi oltre l'83,5% ($\alpha=0,02\%$) del campione dimostra di capire l'impianto strutturale della teoria dell'evoluzione, dei concetti cardine sui quali poggia, e quali siano i meccanismi alla base del processo di discendenza con modificazione; nel secondo gruppo invece la quota si attesta al 69,9% ($\alpha=3,99\%$), con una percentuale di chi non prende posizione del 20,9 %.

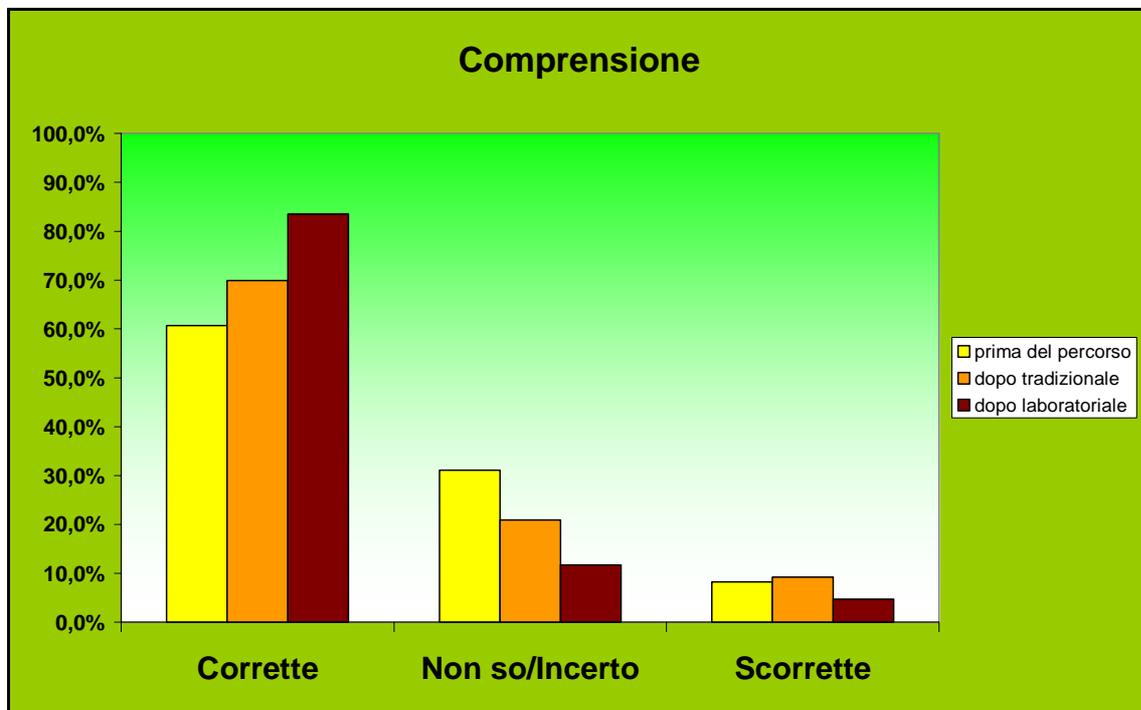


Figura 11.2: Risultati sezione Comprensione.

La disparità sulla conoscenza dei dati scientifici correlati alle dinamiche evolutive (sezione 3, fig. 11.3) è molto netta; se da una parte risulta significativa la discrepanza tra prima e dopo l'intervento didattico nel gruppo di laboratorio (si passa dal 40,8% all'81,1%, $\alpha=0,46\%$), permane quasi invariato l'analogo riferimento per il gruppo tradizionale (che si attesta attorno al 46,3%, $\alpha=21,95\%$, testimonianza di un cambiamento non significativo); inoltre, quasi uno studente su tre di questo gruppo non prende posizione.

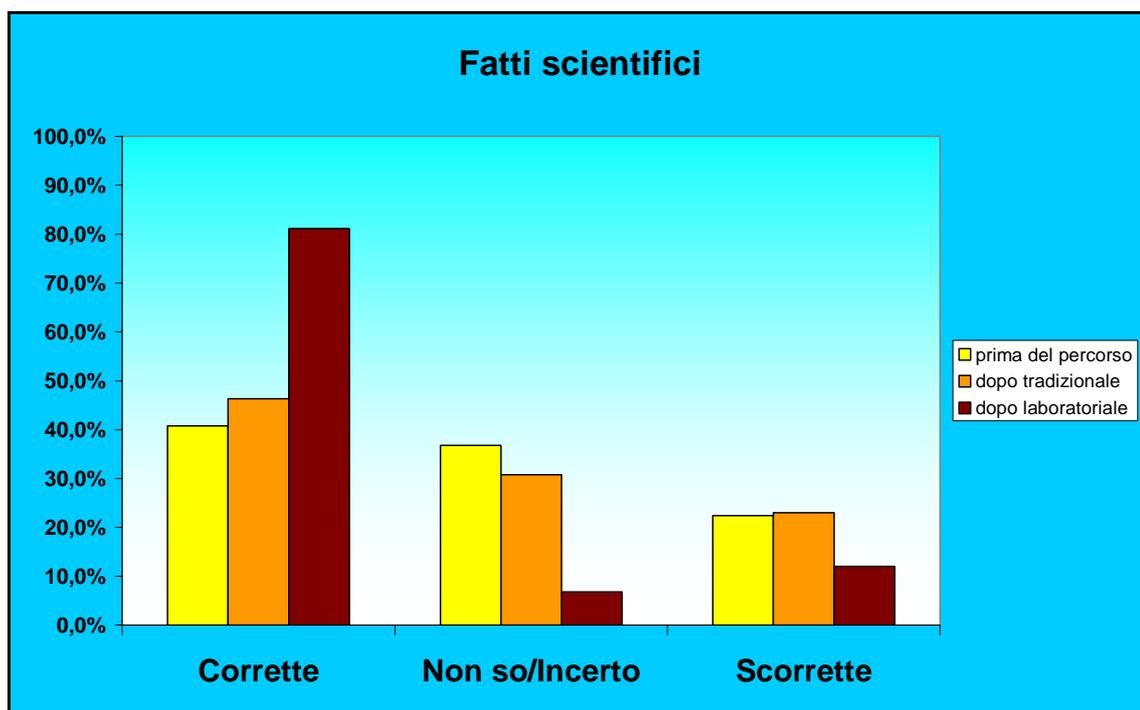


Figura 11.3: Risultati sezione Fatti Scientifici

Pur non avendo trattato approfonditamente l'evoluzione umana per mancanza di tempo, i dati dimostrano che la comprensione dei principi generali della teoria dell'evoluzione si riflette in maniera piuttosto convincente anche nei confronti della specie umana, ottenendo cambiamenti statisticamente significativi (sezione 4, fig. 11.4). In particolare il 63,5% ($\alpha=1,61\%$) del campione di laboratorio fornisce in uscita risposte corrette, contro il 47,5% ($\alpha=1,97\%$) del campione tradizionale. In ogni caso, com'era logico attendersi da una marginale esplorazione dell'argomento, rimane consistente il numero di studenti che non prende posizione o fornisce interpretazioni errate.

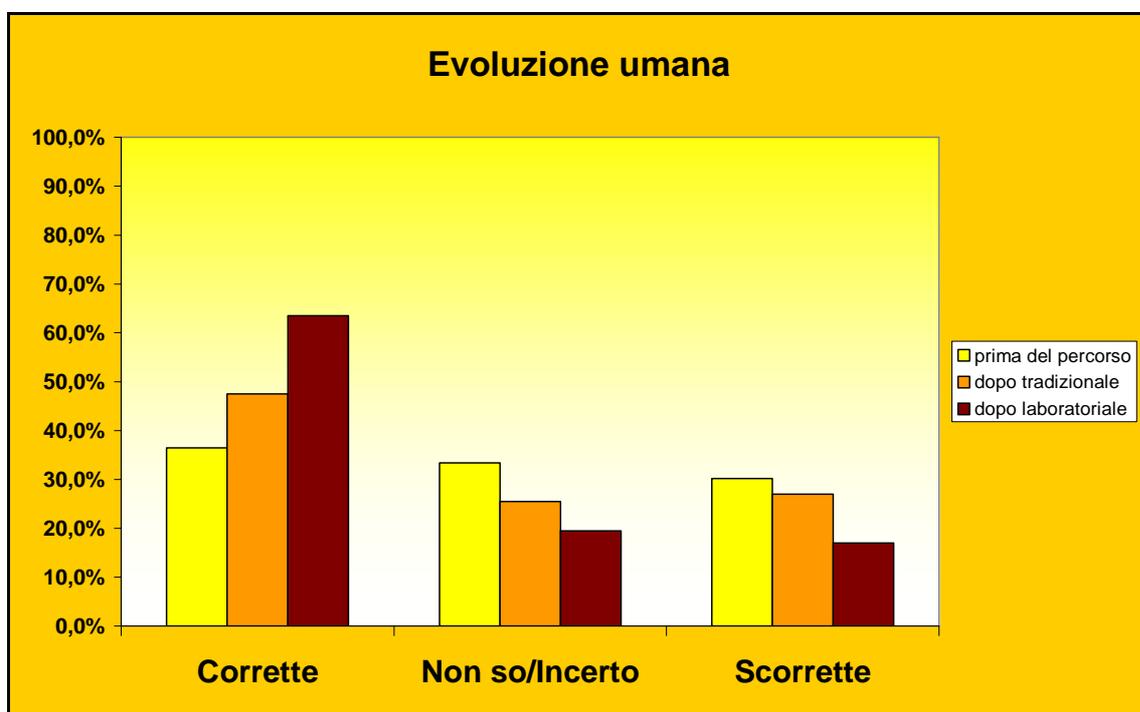


Figura 11.4: risultati sezione Evoluzione umana.

Il paired t-test ad una coda è stato utilizzato anche per valutare se gli incrementi di risposte corrette ottenute dopo aver seguito le lezioni sull'evoluzione fossero significativamente diversi tra i due gruppi (valore soglia $\alpha < 5\%$). I dati dimostrano che per tutte e quattro le sezioni del questionario, l'incremento di risposte corrette dopo il percorso di laboratorio è sempre significativamente maggiore rispetto a quello ottenuto dal metodo tradizionale.

Per quanto riguarda i risultati alle domande 19 e 20 (sezione 5, fig. 11.5 e 11.6), in tutti i tre gruppi di questionari la percentuale delle risposte “non so” è di gran lunga superiore sia alla categorie d’accordo (somma delle percentuali dei “d’accordo” e dei “molto d’accordo”) sia alla categoria in disaccordo (somma delle percentuali dei “in disaccordo” e dei “molto in disaccordo”). Visto che la distribuzione non si presenta suddivisa in parti uguali (tutte equivalenti a 1/3 del totale) si può quindi concludere che il test non è stato compilato in maniera casuale.

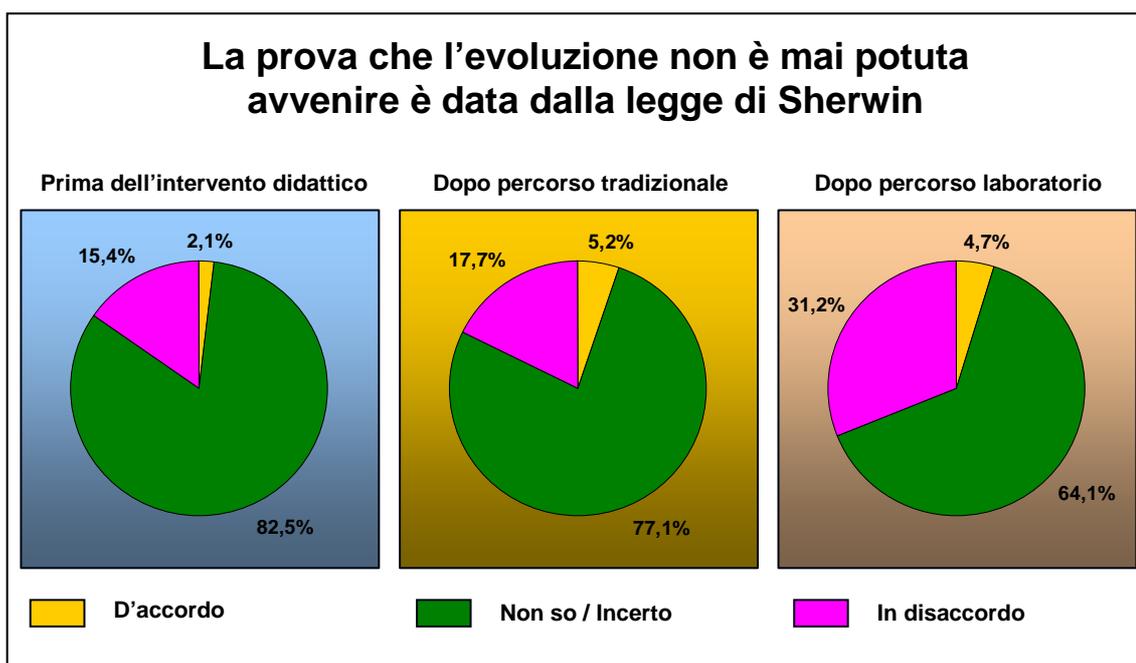


Figura 11.5: Risultati domanda n. 19.

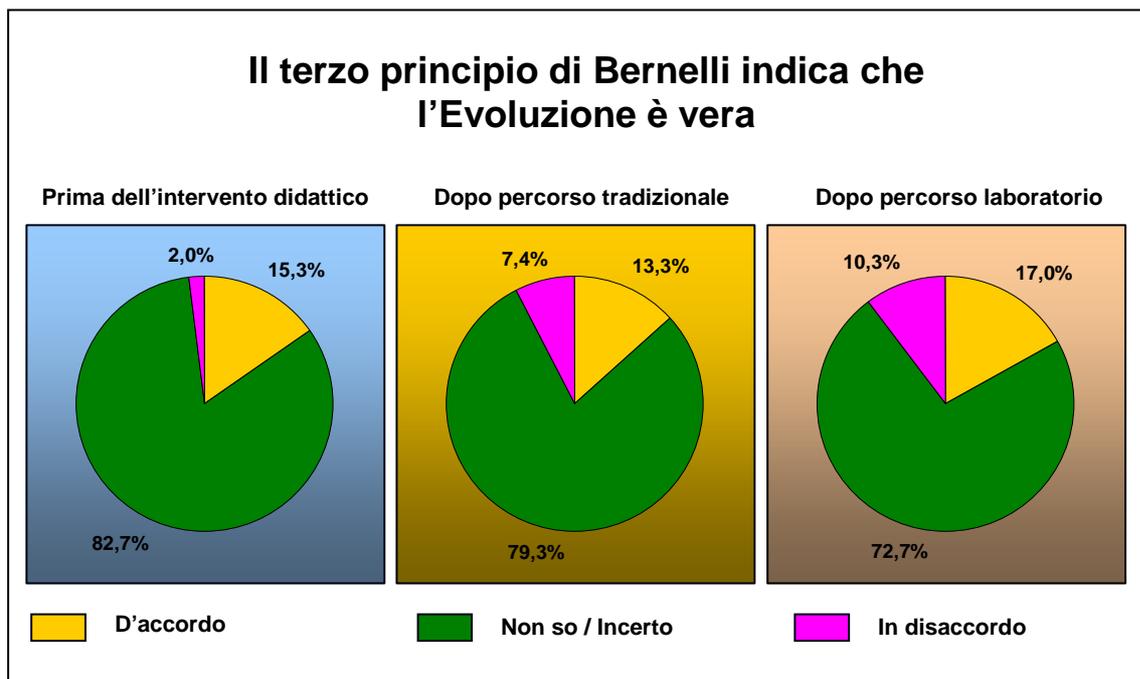


Figura 11.6: Risultati domanda n. 20.

Considerando i campioni effettivamente contati, per ogni singola domanda sono state costruite le tabelle di contingenza in modo da confrontare le frequenze di risposta mediante il test del chi quadrato (procedimento esatto di Fisher). L'analisi statistica è stata condotta per dimostrare se l'aumento di risposte corrette dopo il percorso didattico dipende da quale tipologia di insegnamento si considera (tradizionale/laboratoriale). Siccome tale test prevede il confronto tra due differenti campioni con risposte alternative di tipo binario, le categorie di risposta "non so" e "scorrette" sono state accorpate nella nuova tipologia "non corrette". La soglia di probabilità considerata è stata del 5% (valore critico di chi quadro pari a 3,84).

I risultati di tale test (tabella 11.5) dimostrano che solo nelle domande n°8 e n°16 il valore di chi quadro ottenuto è inferiore a quello soglia, per cui la frequenza delle risposte corrette non dipende dal gruppo di appartenenza. Quindi, per questi due items, aver seguito lezioni col metodo di laboratorio o col metodo tradizionale non ha prodotto alcuna differenza.

SEZIONI	DOPO TRADIZIONALE		DOPO LABORATORIALE		Chi quadrato
	Corrette	Non corrette	Corrette	Non corrette	
Rapporto fra religione e scienza					
01.Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina.	137	138	231	68	46,88
02.L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore.	142	133	220	80	28,96
03.Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni.	192	83	258	39	24,74
04.La mia religione fornisce una migliore spiegazione per la creazione dell'Universo rispetto alla scienza.	139	136	224	77	35,14
Comprensione					
05.L'evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti.	147	128	225	76	28,49
06.Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni.	207	68	261	39	13,03
07.La teoria dell'evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra.	211	64	267	32	16,25
08.Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo.	195	76	234	64	3,30
09.L'evoluzione è avvenuta milioni di anni fa ma ora non avviene più.	198	77	263	36	23,08
Fatti scientifici					
10.La Terra ha 4.5 miliardi di anni.	119	155	266	35	130,94
11.La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè.	185	90	269	32	42,03
12.La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa.	54	221	243	56	217,94
13.Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione.	215	59	270	28	16,30
14.I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra.	62	212	168	132	66,42
Evoluzione umana					
15.Lo scopo dell'evoluzione è la creazione di un organismo perfetto, rappresentato attualmente dall'uomo.	132	142	201	99	20,83
16.La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi.	124	149	154	144	2,23
17.L'essere umano è l'organismo che si evolve più velocemente.	99	176	187	114	39,24
18.Gli esseri umani si sono evoluti e si stanno ancora evolvendo.	166	109	220	80	10,94

Tabella 11.5: Risultati di significatività col metodo del chi quadrato

12. DISCUSSIONE

I dati riportati sono in linea con quanto già riscontrato in studi analoghi (par. 5.3): quando i percorsi di insegnamento sono specifici sulla teoria dell'evoluzione, si riscontrano dei cambiamenti nella percezione degli studenti nei confronti della teoria stessa. In effetti, i risultati della mia ricerca sottolineano che, in tutte le sezioni di domande, si ottiene un miglioramento nelle percentuali di risposte corrette, indipendentemente dalla metodologia considerata. Insegnare la teoria dell'evoluzione è quindi cruciale per interpretare le modificazioni degli organismi del tempo come testimonianze del processo della selezione naturale, permettendo un collegamento diretto tra i fatti evolutivi e i meccanismi che ne giustificano la presenza. Inoltre, la comprensione della teoria è direttamente correlata alla sua accettazione, visto che gli studenti che accolgono le motivazioni scientifiche (rispetto a quelle religiose) a spiegazione dei cambiamenti delle specie viventi aumentano significativamente dopo entrambi i percorsi di istruzione. Questo dimostra che ragazzi di 13/14 anni possono comprendere temi ritenuti complessi e quindi risulta legittimo inserire la teoria dell'evoluzione nel curriculum di scienze della Scuola Secondaria di Primo Grado.

L'analisi statistica condotta con il metodo del paired t-test dimostra che, per tutte e quattro le sezioni del questionario, l'incremento di risposte corrette dopo il percorso di laboratorio è sempre significativamente maggiore rispetto a quello ottenuto dal metodo tradizionale. Questo consente di affermare che si dimostrano più efficaci le lezioni che affrontano l'evoluzione in modo sperimentale rispetto a quelle in cui la spiegazione segue una metodologia frontale supportata unicamente dal libro di testo. Favorire una didattica basata sul metodo investigativo, che consenta allo studente di essere soggetto attivo del proprio apprendimento mediante un approccio a carattere esperienziale diretto, appare quindi da considerarsi una strategia vincente.

A conferma di queste considerazioni, i dati dell'analisi statistica con il metodo del chi quadro, applicato ad ogni singola domanda del test (tabella 11.5) mostrano che, tranne in 2 domande su 18, gli esiti (più favorevoli nel metodo di laboratorio) dipendono dalla tipologia di insegnamento adottata.

Gli items che non hanno mostrato una differenza significativa sono:

- n. 8 "Variazione e selezione naturale sono i meccanismi alla base del processo evolutivo". Le risposte corrette sono passate dal 53,4% del momento d'ingresso

al 72,0% dopo il percorso tradizionale e al 78,5% dopo il percorso laboratoriale. A riprova del buon miglioramento ottenuto anche nel primo gruppo è da sottolineare che in tutti i libri di testo utilizzati era chiaramente riportato che l'evoluzione si basa su questi due meccanismi;

- n. 16 “La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi”. Qui i risultati passano dal 35,3% del momento d'ingresso al 45,4 % dopo il percorso tradizionale e al 51,7% dopo il percorso laboratoriale. Come si osserva, i risultati non indicano un considerevole cambiamento, probabilmente sia perché la sezione dell'evoluzione umana non è stata molto approfondita, sia perché una delle misconcezioni più radicate è la convinzione che l'uomo rappresenti una specie vivente peculiare, e per certi versi migliore.

Sebbene i risultati fin qui discussi, per alcuni aspetti confortanti, diano dei chiari segnali sulle posizioni assunte dagli studenti prima e dopo i percorsi didattici presentati, un'analisi più accurata e critica delle singole risposte offre degli spunti per una discussione critica (tabella 11.4).

Nel segmento di questionario riguardante il rapporto tra scienza e religione si osservano questi risultati:

- n. 1 “Gli adattamenti degli organismi viventi sembrano incredibilmente ben progettati. Questa è la prova che devono essere stati creati da un'intelligenza divina”; risposte corrette: 49,8% per il gruppo tradizionale e 77,3% per il gruppo laboratoriale;
- n. 2 “L'evoluzione è il metodo di creazione del creatore”; risposte corrette: 51,6% per il gruppo tradizionale e 73,3% per il gruppo laboratoriale;
- n. 3 “Tutta la vita sulla Terra è stata creata nello stesso momento o in pochi giorni”; risposte corrette: 69,8% per il gruppo tradizionale e 86,9% per il gruppo laboratoriale;

La spiegazione più plausibile è che i ragazzi credano poco ad un unico originante evento temporale (domanda n. 3), riflettendo sull'impossibilità di costruire materialmente la varietà di forme complesse che hanno popolato e popolano il pianeta in un brevissimo lasso di tempo. L'interpretazione che attribuiscono più un valore

simbolico che di verità oggettiva agli eventi di creazione di stampo religioso sembra quindi essere consistente. Tale logica di pensiero però non si estende anche ad una mente o soggetto creante (domande n. 1 e n. 2). Il rimando è ovviamente alla corrente di pensiero denominata “disegno intelligente”, la quale ammette il cambiamento delle specie, ma la subordina all’azione di una forza soprannaturale che dirige il processo verso uno scopo predeterminato; secondo i suoi sostenitori, questo intervento divino avviene da sempre e si ripete tutti i giorni, divenendo responsabile di tutte quelle trasformazioni riconducibili all’evoluzione di una specie. Un’altra interpretazione potrebbe coinvolgere il carattere più generalmente controintuitivo della teoria dell’evoluzione e le seguenti difficoltà di accettazione dovute non solo alla religione ma più estesamente ai vincoli cognitivi sottesi ai nostri sistemi di credenze (Pievani et al, 2008). Resta quindi aperto un nuovo filone su cui la ricerca potrebbe essere estesa, in grado forse di dipanare i dubbi sulle motivazioni fino ad ora citate.

Per quanto riguarda il secondo gruppo di domande, correlate alla comprensione dei processi evolutivi, gli studenti rispondono in maniera soddisfacente; dimostrano di conoscere i meccanismi della variabilità e della selezione naturale, nonché gli adattamenti della vita sulla Terra, estendendo queste dinamiche a tutte le forme di vita. Gli aspetti più interessanti di questa sezione si riscontrano dal confronto tra le domande:

- n. 5 “L’evoluzione è dimostrata oltre ogni ragionevole dubbio da prove convergenti” (risposte corrette: 53,5% nel tradizionale e 74,8% nel laboratoriale);
- n. 7 “La teoria dell’evoluzione è un programma di ricerca scientifico che spiega la diversità e gli adattamenti della vita sulla Terra” (risposte corrette: 76,7% nel gruppo tradizionale e 89,3% nel gruppo di laboratorio).

Il confronto tra i dati ottenuti rileva perciò una incongruenza: se da una parte molti studenti attribuiscono all’evoluzione una validità scientifica, non altrettanti invece la connotano come spiegazione sostenuta da prove. Ciò avvalorava la misconcezione sul termine “teoria” mutuato dal linguaggio comune (par. 6.1.1), lasciando evidenti dubbi sulla concezione degli studenti nei suoi confronti. Non è comunque da trascurare il fatto che i risultati meno soddisfacenti della domanda n. 5 potrebbero essere imputabili sia al

carattere assoluto dell'affermazione, sia al termine "convergenti" di cui, in diverse occasioni, è stato chiesto il significato.

Anche all'interno della sezione "fatti scientifici" si osserva una disomogeneità delle risposte fornite alle seguenti domande:

- n. 10 "La Terra ha 4.5 miliardi di anni" (risposte corrette: 43,4% nel tradizionale e 88,4% nel laboratoriale);
- n. 11 "La specie animale più strettamente imparentata con l'uomo è lo scimpanzè" (risposte corrette: 67,3% nel tradizionale e 89,4% nel laboratoriale);
- n. 12 "La prima forma di vita sulla Terra risale a 3.7 miliardi di anni fa" (risposte corrette: 19,6% nel tradizionale e 81,3% nel laboratoriale).
- n. 13 "Charles Darwin è ricordato per aver proposto un meccanismo attraverso il quale avviene l'evoluzione" (risposte corrette: 78,5% nel tradizionale e 90,6% nel laboratoriale);

Come si osserva, nel gruppo tradizionale si ha un soddisfacente risultato quando si indaga sul rapporto di parentela tra uomo e scimpanzè e sull'attribuzione a Charles Darwin dei meccanismi attraverso i quali avviene l'evoluzione, ma le percentuali di risposta corrette fornite alle rimanenti domande sono poco incoraggianti, con un'altissima componente di astenuti. Questi dati hanno suggerito di effettuare un'analisi dei libri di testo su cui ci si basava per il percorso a didattica frontale, e si è effettivamente riscontrato che nel capitolo (in certi casi ridotto addirittura a paragrafo) dedicato all'evoluzione, non si faceva praticamente riferimento alle dinamiche temporali. Il fattore "tempo" normalmente era relegato alla sezione del testo riguardante le scienze della terra, argomento che per consuetudine molti insegnanti trattano dopo aver completato quello delle scienze della vita o comunque negli ultimi mesi del terzo anno di studi. E' risultata quindi appropriata la scelta di includerlo come uno dei nodi concettuali del percorso di laboratorio, la cui esplorazione e comprensione, imprescindibili per una trattazione esauriente della teoria dell'evoluzione, sembrano ben confermata dai dati.

Un aspetto singolare, sempre all'interno della sezione "fatti scientifici", riguarda la domanda n. 14 "I reperti fossili documentano tutta la vita vissuta sulla Terra": la

percentuale delle risposte corrette è decisamente bassa, con valori del 22,6% per il gruppo tradizionale e del 56% in quello di laboratorio. Sembra che con le loro risposte gli studenti vogliano indicare come le testimonianze degli organismi viventi vissuti nel passato siano totalmente riscontrabili oggi, ignorando che, se così fosse, le critiche e le obiezioni che da sempre sono mosse alle intuizioni darwiniane perderebbero completamente di consistenza. Si potrebbe imputare questa bassa percentuale ad una errata interpretazione o ad un indebita considerazione del termine “tutta” inserito nella frase, o alla poca familiarità nei confronti dei processi di fossilizzazione e delle successive fasi di ritrovamento, riconoscimento e classificazione dei reperti. Sicuramente resta un interrogativo aperto, da indagare in maniera più approfondita attraverso attività, anche a carattere sperimentale o di laboratorio, che migliorino le conoscenze su questo argomento.

Come già detto, la discussione sui dati ottenuti dal segmento di domande sull'evoluzione umana ha una valenza relativa, in quanto l'argomento non è stato trattato in maniera esauriente durante l'esiguo numero di ore destinate al progetto per ogni classe, rendendo di fatto poco significative le considerazioni riguardanti eventuale attribuzione di scopi e/o processi di perfezionamento associati all'uomo come fine ultimo. Tuttavia emerge chiaramente quale sia la diversa considerazione che hanno gli studenti nei confronti della loro specie quando la si relaziona con la rimanente parte degli organismi viventi. Alle domande

- n. 6 “Tutta la vita sulla Terra si è evoluta attraverso un processo di discendenza comune con modificazioni” risponde correttamente il 75,3% del gruppo tradizionale e l'87% del gruppo di laboratorio;
- n. 16 “La specie umana ha subito nel tempo gli stessi meccanismi evolutivi degli altri esseri viventi” si nota come le percentuali si abbassino drasticamente, attestandosi al 45,4% e al 51,7%.

Quindi, pur ammettendo una trasformazione nel tempo anche degli organismi appartenenti alla propria specie, gli alunni considerano l'uomo un soggetto evolutivo a sé stante, sottoposto a meccanismi peculiari di modificazione. Sarebbe interessante investigare quale sia, secondo i ragazzi, la natura di tali processi e quale importanza venga attribuita all'evoluzione culturale.

Concludendo, quello che emerge chiaramente dalla mia ricerca è che l'evoluzione dovrebbe essere insegnata ad ogni livello e in un modo più efficace, tenendo in considerazione le conoscenze pregresse e provvedendo a opportunità di istruzione che coinvolgano gli studenti in modo attivo. Posso quindi affermare che una scelta attenta degli esercizi di laboratorio da proporre agli studenti può rendere l'evoluzione un'esperienza dinamica, passando dalla lettura passiva all'indagine sperimentale per aiutarli a scoprire l'affascinante storia dell'evoluzione biologica.

BIBLIOGRAFIA

Abraham, L.M. (2002). What do high school science students gain from research apprenticeship programs? *The Clearing House*, 75: 229-232.

Alters, B.J., Nelson, C.E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56:1891–1901.

Bardell, D. (1994). Some ancient Greek ideas on evolution. *American Biology Teacher*, 56(4): 198-200.

Bishop, B.A., Anderson, C.W. (1990). Students conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27: 415-427.

Brumby, M.N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68(4): 493-503.

Chinsamy, A., Plaganyi, E. (2008). Accepting evolution. *Evolution*, 62(1): 248-254.

Clough, E.E., Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19(2): 125-130.

Continenza, B. (1998). Darwin: una vita per un'idea, la teoria dell'evoluzione. Supplemento a *Le Scienze* n. 362.

Cooper, R.A. (2001). The goal of evolution instruction: Should we aim for belief or literacy? *Reports of the National Center for Science Education*, 21(1-2): 14-18.

Darwin, C.R. (1839). *Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited by the H.M.S. Beagle under the command of Captain Robert Fitzroy, R.N. from 1832 to 1836.* London: Henry Colborne. (Note, this is the first edition of the *Voyage of the Beagle*.)

Darwin, C.R. (1845). *Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited by the H.M.S. Beagle Round the World, under the command of Captain Robert Fitzroy, R.N. from 1832 to 1836.* London: John Murray. (Note, this is the second edition of the *Voyage of the Beagle*.)

Darwin, C.R. (1859/1968). *Origin of species.* London: Penguin Books.

Darwin, C.R. (1960/1961). Darwin's notebooks on transmutation of species. Edited by Gavin de Beer. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Historical Series*, 2(2-6): 23-183.

Dawkins, R.C. (1986/2006). *L'orologiaio cieco.* Milano: Mondadori.

De Bartolomeis, F. (1978). *Sistema dei laboratori.* Milano: Feltrinelli.

Demastes, S.S., Settlage, J., Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role on evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5): 535-550.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35: 125-129.

Einstein, A. (May, 1949). Why socialism? *Monthly Review* 1(1), Reprinted in May 1998, *Monthly Review* 50(1).

Eldredge, N., Gould, S.J. (1972). Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. In T.J. Schopf, (Ed.), *Models in paleobiology* (pp. 82-115). San Francisco: Freeman, Cooper.

Evans, E.M. (2000, April). The emergence of beliefs about the origins of species in school-age children. *Merrill-Palmer Quarterly*, 46(2): 221-254.

Eve, R.A., Dunn, D. (1990). Psychic powers, astrology & creationism in the classroom? *The American Biology Teacher*, 52: 10-21.

Ferrari, M., Chi, M. (1998). The nature of naïve explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10): 1231-1256.

Futuyma, D.J. (2005). *Evolution*. Bologna: Zanichelli.

Gould, S.J. (1983). Evolution as a fact and theory. *Discover*, 8(1): 64-70.

Gould, S.J. (1987). Darwinism defined: the difference between fact and theory. In *Hen's teeth and horses toes*. (pp. 253-262) New York: W.W. Norton.

Gould, S.J. (1989). *Wonderful life*. New York: W.W. Norton.

Gregg, T.G., Janssen, G.R., Bhattacharjee, J.K. (2003). A teaching guide to evolution. *The Science Teacher*, 70(8): 24-31.

Hoffmann, J.R., Weber, B.H. (2003). The fact of evolution: Implications for science education. *Science and Education*, 12(8): 729-760.

Huxley, T.H. (1902). *Man's place in nature and other anthropological essays* (p. 77). New York: Appleton and Company.

Jensen, M.S., Finley, F.N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79: 147-166.

Keil, F.C. (1989). *Concepts, kinds and cognitive development*. Cambridge, MA: MIT Press.

Lack, D. (1947). *Darwin's finches: An essay on the general biological theory of evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Lack, D. (1953, April).** Darwin's finches. *Scientific American*, 66-72.
- Larson, E.J. (1997).** *Summer for the gods*. The Scope's trial and America's continuing debate over science and religion. New York: Basic Books.
- Lawson, A.E., Weser, J. (1990).** The rejection of nonscientific beliefs about life: effects of instruction and reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 27: 589-606.
- Lewis, R.W. (1986).** Teaching the theories of evolution. *The American Biology Teacher*, 48(6): 344-347.
- Lord, T., Marino, S. (1993).** How university students view the theory of evolution. *Journal of College Science Teaching*, 22: 353-357.
- Lucas, A.M. (1971).** The teaching of "adaptation". *The Journal of Biological Education*, 5(2): 89-90.
- Mayr, E. (1991).** *One long argument*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mayr, E. (2001).** *What evolution is*. New York: Basic Books.
- McComas, W.F., Alters, B.J. (1994).** Modeling modes of evolution: Comparing phyletic gradualism and punctuated equilibrium. *The American Biology Teacher*, 56(6): 354-360.
- McComas, W.F. (1998).** The principle elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W.F. McComas, (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Dordrecht, Netherlands. Kluwer Academic Publisher.
- Miller, J.D., Pardo, R., Niwa, F. (1997).** *Public Perceptions of Science and Technology: A Comparative Study of the European Union, the United States, Japan, and Canada*. BBV Foundation Press, Madrid.
- Miller, J.D., Kimmel, L.G. (2001).** *Biomedical Communications*. Academic Press, New York.
- Miller, J.D. (2001).** *Sci. Commun.* 22(3): 256.
- Miller, J.D. (2001).** *Free-Choice Science Education*, J. H. Falk, Ed. (Teachers College Press, New York), pp.93-114.
- Miller, J.D., Scott, E.C., Okamoto, S. (2006).** Public acceptance of evolution. *Science*, 313: 765-766.
- Miller, K.R. (1999).** *Finding Darwin's God*. New York: Cliff Street Books/Harper Collins.

Moore, R. (2002). Do standards matter? How the quality of state standards related to evolution instruction. *The Science Teacher*, 69: 49-51.

Munari, A. (1994). Un laboratorio per l'apprendimento. *Animazione Sociale*, 3.

National Academy of Sciences, Working Group on Teaching Evolution. (1998). *Teaching about Evolution and the Nature of Science*. Washington DC: American Association for the Advancement of Science.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Passmore, C., Steward, J. (2002). A modelling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3): 185-204.

Paterson, F.R.A., Rossow, L.F (1999). *The American Biology Teacher* 61(5): 358.

Pievani, T., Giroto, V., Vallortigara, G. (2008). *Nati per credere*. Torino: Codice Edizioni.

Rudolph, J.L., Steward, J. (2002). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implication for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35: 1069-1089.

Salvin, O. (1876). On the avifauna of the Galapagos archipelago. *Transactions of the Zoological Society of London*, 9: 373-418.

Samarapungavan, A., Reinout, W.W. (1997). Children's thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, 21(2): 147-177.

Schraer, W.D., Stoltze, H.J. (1995). *Biology: The study of life*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Settlage, J. (1994). Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 20: 449-457.

Short, R.V. (1994). Darwin, have I failed you? *Trends Ecol. Evol.* 9: 275.

Sinclair, A., Pendavis, M.P., Baldwin, B. (1997). The relationship between college zoology students' beliefs about evolutionary theory and religion. *Journal of Research and Development in Education*, 30(2): 118-125.

Skehan, J.W., Nelson, C.E. (2000). *The Creation controversy and the science classroom*. Arlington, VA: NSTA Press.

Sokal, R.R. (1983). A phylogenetic analysis of the Caminalcules. I. The data base. *Systematic Zoology*, 32: 159-184.

- Solomon, J., Scott, L., Duncan, J. (1996).** Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80: 493-508.
- Sulloway, F.J. (1982).** Darwin and his finches: The evolution of a legend. *Journal of the History of Biology*, 15: 1-33.
- Sulloway, F.J. (1984).** Darwin and the Galapagos. *Biological Journal of the Linnean Society*, 21: 29-59.
- Sundberg, M.D. (2003).** Strategies to help students change naïve alternative conceptions about evolution and the natural selection. *Reports of the National Center for Science Education*, 23(2): 23-26.
- Tessaro, F. (2002).** *Metodologia e didattica dell'insegnamento secondario*. Roma: Armando Editore.
- Wallace, A.R. (1855).** On the law which has regulated the introduction of new species. *Annals and Magazine of Natural History*, 2nd series 16: 184-196.
- Wallace, A.R. (1855).** On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society: Zoology* 3: 53-62.
- Weld, J., McNew, J.C. (1999).** Attitudes toward evolution. *The Science Teacher*, 66(9): 27-31.
- Withfield, P. (1993).** *From so Simple a Beginning: An Illustrated Exploration of the 4-Billion-Year Development of Life on Earth*. New York: Macmillan.