



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI FILOSOFIA, SOCIOLOGIA,**  
**PEDAGOGIA E PSICOLOGIA APPLICATA**

**CORSO DI LAUREA IN**  
**CULTURE FORMAZIONE E SOCIETÀ GLOBALE**

**L'INSEGNAMENTO DELL'EVOLUZIONE IN III ELEMENTARE:**  
**UN'INDAGINE SU ALCUNI INSEGNANTI DELLA PROVINCIA DI VICENZA.**

**TEACHING EVOLUTION TO THIRD GRADE CHILDREN:**  
**AN INVESTIGATION OF SOME TEACHERS IN PROVINCE OF VICENZA.**

Relatore  
Ch.ma Prof.ssa Anna Emilia Berti

Laureando  
Chiara Zordan  
Matricola: 1111342

Anno Accademico 2021/2022



# INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	4
<b>CAPITOLO PRIMO</b> .....	6
1. Le teorie che spiegano la storia della vita sulla terra .....	6
1.1. La teoria trasformazionale di Lamarck .....	6
1.2. Charles Darwin e la teoria variazionale dell'evoluzione .....	9
2. Gli sviluppi della teoria dell'evoluzione .....	17
2.1. Epigenetica: i più recenti risvolti della teoria evoluzionistica .....	19
<b>CAPITOLO SECONDO</b> .....	25
1. L'insegnamento dell'evoluzione nella scuola dell'obbligo .....	25
2. Le misconcezioni dell'evoluzione .....	28
3. I fattori che ostacolano la comprensione dell'evoluzione .....	30
3.1. Ostacoli cognitivi .....	31
3.2. Ambiguità delle fonti d'informazione .....	34
4. Ostacoli emotivi all'accettazione della teoria dell'evoluzione .....	35
<b>CAPITOLO TERZO</b> .....	39
1. Insegnamento e cambiamento concettuale .....	39
2. Le concezioni dei bambini delle elementari sull'origine delle specie .....	42
2.1. Teorie ingenuie dei bambini: alcune ricerche svolte negli USA .....	43
2.2. Teorie ingenuie dei bambini: una ricerca italiana .....	48
3. La comprensione dell'evoluzione e dei suoi meccanismi da parte degli insegnanti .....	49

<b>CAPITOLO QUARTO .....</b>	<b>53</b>
1. Metodo.....	53
2. Risultati.....	56
2.1. Prima Sezione: Metodologia didattica e alunni .....	56
2.2. Seconda sezione: la comprensione della selezione naturale.....	60
3. Discussione.....	72
4. Limiti della mia ricerca e possibili sviluppi futuri .....	75
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>76</b>
<b>RIFERIMENTI SITOGRAFICI.....</b>	<b>81</b>



## RIASSUNTO

La teoria dell'evoluzione proposta da Charles Darwin oltre 150 anni fa influenza ancora profondamente la scienza moderna: la sua conoscenza è necessaria per comprendere non solo biologia, medicina e scienze naturali, ma anche la cultura e la storia del nostro tempo (Berti, Toneatti, 2011/2014). La scuola ha un ruolo essenziale nel far sì che gli studenti possano godere di informazioni corrette e soprattutto il più complete possibili sull'evoluzione e i suoi meccanismi, fornendo strumenti e conoscenze idonee alla comprensione di un tema così rilevante. Infatti, la teoria dell'evoluzione è riconosciuta come parte della conoscenza comune che deve essere acquisita nella scuola dell'obbligo. Questo argomento è esplicitamente previsto nei programmi della scuola secondaria di primo grado ma non in quella primaria, dove, tuttavia, continua ad essere tradizionalmente insegnato.

La letteratura ha messo in evidenza molti fraintendimenti riguardanti i processi attraverso cui ha luogo l'evoluzione in coloro che sono privi di conoscenza specialistica e riscontrabili in ogni età. Il termine "misconcezioni", coniato negli anni '80 nell'ambito della fisica e dell'economia (Di Sessa, 1993 citato in Berti, Toneatti, 2011/2014), si riferisce proprio a queste idee e concezioni errate su nozioni importanti e centrali delle varie discipline. Ciò che rende difficile il compito degli insegnanti è che gli studenti possiedono una serie di preconcetti o modelli alternativi, idee personali circa una determinata nozione, che risultano resistenti all'insegnamento (Carey, 1985). Individuare queste concezioni errate e indagare le cause della loro resistenza per potervi intervenire è una sfida di cui sempre più studiosi comprendono l'importanza.

Da alcune ricerche (per esempio Jiménez- Aleixandre, 1994), è emerso come il fenomeno coinvolge anche gli insegnanti, portatori essi stessi di concetti errati trasmissibili ai discenti. Anche la ricerca condotta nel veneziano dal collega De Grandis (2019/2020) per la sua tesi di laurea, incentrata su come l'evoluzione venga trattata in aula e compresa dagli insegnanti di scuola primaria, ha messo in evidenza la presenza di alcune misconcezioni.

La mia tesi si propone di proseguire questo lavoro, con l'obiettivo di indagare il grado di conoscenza e comprensione dell'evoluzione e della selezione naturale di alcuni

docenti della provincia di Vicenza che insegnano, o hanno insegnato, in classe III delle scuole elementari, classe in cui di solito è introdotto l'argomento.

I primi tre capitoli presentano una panoramica della teoria dell'evoluzione e dei suoi recenti sviluppi, per poi proseguire esaminando alcuni studi e ricerche sulle concezioni errate degli studenti. Il quarto capitolo presenta la mia ricerca, condotta su un campione di 24 insegnanti. Il progetto iniziale prevedeva di condurre delle interviste faccia a faccia. Date le limitazioni imposte dall'emergenza Covid-19, ho dovuto tradurre il protocollo di intervista in un questionario somministrato on-line. Ho chiesto agli insegnanti quali argomenti connessi all'evoluzione trattano o hanno trattato in classe, con quali modalità, strumenti e metodologie erano solite introdurre in aula i concetti di *adattamento* ed *evoluzione* (in particolare il passaggio dai pesci agli anfibi e la conquista della stazione eretta dell'uomo) e di definirne i termini.

Le risposte ottenute mostrano che un numero consistente dei docenti partecipanti ha delle concezioni errate dei concetti chiave della teoria dell'evoluzione, in particolare in merito ai costrutti di *evoluzione* e *adattamento*. L'ipotesi di partenza è così confermata: le misconcezioni, di tipo prevalentemente lamarckiano e teleologico, si trovano anche in alcuni insegnanti delle scuole elementari vicentine.

# CAPITOLO PRIMO

## 1. Le teorie che spiegano la storia della vita sulla terra

Nel corso del tempo sono state elaborate numerose teorie circa l'origine delle specie. La teoria nota come fissismo, che fin dall'antichità dominò per secoli nell'Occidente, ha origine dalla visione biblica degli esseri viventi, creati da Dio ed immutati nel tempo. Già nel 700 però, in antitesi con il fissismo sostenuto da Linneo, iniziò a farsi strada una nuova corrente: il trasformismo. La teoria trasformistica, basata su studi geologici e biologici, sosteneva la derivazione delle specie attualmente esistenti da un numero limitato di specie primitive attraverso un processo di variazione nel corso del tempo (Berti, Volpi, 2007, p 154).

Propongo ora una breve rassegna delle correnti di pensiero che si sono succedute nel panorama scientifico e culturale, da Lamarck ai nostri giorni.

### 1.1. La teoria trasformazionale di Lamarck

Un importante sostenitore delle posizioni trasformista è stato Jean Baptiste Lamarck (1744- 1829), che attraverso la sua Teoria dell'evoluzione ha cercato di dimostrare che le specie sono dotate di "adattività". Ossia, come argomenta nella sua opera *Philosophie Zoologique* (1809), sono in grado di evolvere ad una complessità maggiore, perfezionandosi, aumentando la probabilità di sopravvivenza e mutando così da una generazione all'altra. Gli esseri viventi attuali sono il risultato di una continua trasformazione degli individui precedenti che da semplici sono diventati complessi. Egli sostenne che gli esseri viventi con un sistema nervoso sufficientemente sviluppato si trasformano per l'influenza dell'ambiente e i loro stessi organi si potenziano per effetto di abitudini acquisite in relazione al loro uso (o deteriorano per effetto del disuso). È il cambiamento delle circostanze esterne che li costringe a fare i conti con nuovi bisogni da soddisfare, che a loro volta spingono a adottare nuovi comportamenti che "impongono una diversa utilizzazione del corpo", con un maggior o minor utilizzo di un dato organo (Lamarck, 1809, trad. it 2020, p. 21). Queste modifiche osservabili ottenute

gradualmente dai singoli individui diventano permanenti e si trasmettono per ereditarietà accumulandosi nel corso delle generazioni. Ad esempio, Lamarck spiegò il collo lungo delle giraffe come un cambiamento dovuto ad un allungamento della colonna vertebrale nello sforzo di raggiungere le foglie degli alberi per mangiarle. Uno sforzo che però non va attribuito a “volontà”, “desiderio” o “passione” dell’animale, quanto ad una rigida necessità imposta dai nuovi bisogni dovuti alle condizioni esterne (p. 24). Le popolazioni animali, a forza di modifiche graduali attuate per necessità derivate da circostanze esterne, potrebbero così arrivare a diversificarsi tanto dalle originali da creare nuove specie. Interessante è la prospettiva interazionale tra organismo ed ambiente che viene introdotta:

una modificazione ambientale ne provoca (via percezione di nuovi bisogni vitali) una comportamentale che ne determina una funzionale che ne produce una anatomica (la quale viene ereditata, causando la trasformazione della specie), che a sua volta provoca una modificazione funzionale che ne determina una comportamentale che ne produce (via soddisfacimento di nuovi bisogni indotti) una ambientale. (p. 38)

Poi, che Lamarck faccia riferimento ad una sorta di pulsione interna, ad un “potere della vita” insito in ogni essere vivente, responsabile del cambiamento evolutivo quanto ed indipendentemente dall’ambiente esterno è opinione diffusa. Tuttavia, alcuni autori (per esempio Kampourakis e Zogza in Smith, 2009, Barsanti in *Ibidem*) puntualizzano che sia una convinzione tanto popolare quanto errata. Spiega Giulio Barsanti:

con “potere della vita” Lamarck intende solo ciò che costituisce la necessaria preconditione della “trasformazione” per cause ambientali, ossia la plasticità del vivente, che è grande e permane tale fino al termine dello sviluppo individuale. La “trasformazione” avviene solo su pressione esterna: se l’ambiente non si modificasse, le specie permanerebbero inalterate. (Barsanti 2020, in *Ibidem*, p. 26).

Ricapitolando, Lamarck si cimenta per primo nell’elaborazione di una teoria sistematica e coerente che tenta di spiegare su base scientifica come sia avvenuta l’evoluzione e il nucleo della sua teoria si basa sui due sopra citati meccanismi distinti: la “legge dell’uso e disuso” e la “legge dell’ereditarietà dei caratteri acquisiti”. Lamarck esprime in questi termini la prima legge:

In ogni animale che non abbia raggiunto il termine del suo sviluppo, l'impiego più frequente e prolungato di un qualsiasi suo organo rafforza a poco a poco quell'organo, lo sviluppa, lo ingrandisce e gli conferisce un potere proporzionale alla durata dell'uso: mentre la mancanza costante di uso lo indebolisce a poco a poco, lo deteriora, diminuisce gradualmente le sue facoltà, e finisce per farlo scomparire. (Lamarck, ed. 2020 p. 214).

Per la seconda legge:

Tutto ciò che la natura ha fatto acquisire o perdere agli individui mediante l'influenza delle circostanze cui la popolazione si è trovata per lungo tempo esposta, e conseguentemente per effetto dell'uso predominante di quel tal organo o per la mancanza costante di uso di quel tal altro, essa lo conserva attraverso la riproduzione nei loro discendenti, purché i cambiamenti acquisiti siano comuni ai due sessi o almeno a coloro che generano i nuovi individui. (*Ibidem*)

Per quanto la sua fama e i suoi meriti non vennero a suo tempo pianamente compresi, e fino ad ora abbiano goduto di alti e bassi, oscillando tra fraintendimenti e riabilitazioni, bisogna riconoscere l'importanza storica di questa figura a cavallo di due secoli. Così si esprime Barsanti in merito a Lamarck nell'introduzione alla nuova edizione di *Filosofia zoologica e altri naturalia*:

è certamente l'uomo che apre l'Ottocento, in modo innovativo, quello che crea la nuova scienza unificata del vivente (Lamarck è fra i primi a usare "biologia"), quello che dispone diversamente l'insieme degli animali (il sistematico che per la prima volta li distingue in Vertebrati ed Invertebrati), quello che li colloca in una nuova dimensione (il naturalista che formula il nuovo concetto di ambiente), quello che nella loro dimensione li vede svolgere un altro ruolo (il Lamarck che fra organismi e ambiente vede una dialettica di rapporti interattivi) e quello che finalmente archivia la biologia fissista- il naturalista che per primo elabora la prima teoria scientifica dell'evoluzione. Ma, nello stesso tempo, egli è anche, d'altra parte, l'uomo che nel migliore dei modi corona il Settecento. (Bersanti 2020, in *Ibidem*, p. 30)

La sua teoria è, infatti, continua Barsanti, un insieme di dati ereditati dalla tradizione, di idee già note, eppure la novità rivoluzionaria di Lamarck sta nel come quest'insieme è stato integrato sistematicamente e originalmente, combinando pezzi di un puzzle a disposizione di tutti fino a far emergere un quadro completo in grado di darvi nuova luce, di risignificare il noto.

È a Lamarck che va riconosciuto, per ammissione dello stesso Darwin, il primo tentativo di allontanarsi significativamente dalla teologia naturale al tempo imperante,

capovolgendo la prospettiva a favore di una concezione scientifica della storia della vita e delle specie in cui il ruolo della Provvidenza divina non è né contemplato né necessario (Darwin, 1859).

L'ingegnosa proposta di Lamarck forse non ebbe la fortuna che meritava, ma comunque contribuì ad alimentare il dibattito scientifico europeo, in un susseguirsi di scontri dialettici con altri due noti naturalisti e zoologi suoi contemporanei, Georges Cuvier (1769- 1832) e Geoffroy Saint- Hillaire (1772- 1844), che si conclusero alla loro morte.

Ma intanto era nato in Inghilterra, lo stesso anno della pubblicazione della *Filosofia zoologica e altri naturalia*, Charles Darwin, dai posteri considerato il vero fondatore dell'evoluzionismo.

## **1.2. Charles Darwin e la teoria variazionale dell'evoluzione**

La teoria evolutiva di Lamarck venne ben presto soppiantata dalle tesi proposte da Charles Darwin (1809- 1882), destinato a influenzare in profondità il pensiero scientifico e non solo. Il naturalista arrivò ad elaborare i nuclei concettuali della sua teoria in decenni di studi teorici ed empirici: il suo impianto teorico è frutto di un "lungo ragionamento", espressione da lui stesso usata in molti scritti, e supportato dalla raccolta di numerose prove e meticolosi esempi. La pubblicazione delle sue opere "Viaggio di un naturalista intorno al Mondo" (1839), "L'origine delle specie per selezione naturale" (1859) e "L'origine dell'uomo" (1871) e di numerosi saggi e scambi epistolari innescò una vera e propria rivoluzione scientifica, paragonabile a quella copernicana in campo astronomico. "Con Copernico e Darwin cambia la teoria concernente il posto dell'uomo nella natura": l'ordine spaziale nel primo, con la rivoluzione astronomica, e l'ordine temporale con la rivoluzione biologica (Reale, Antiseri 1983, p. 284).

Riprendendo l'opera principale di Darwin "L'origine delle specie" e gli studi del biologo e genetista Ernst Mayr (1904- 2005), si possono identificare i cinque punti focali della teoria di Darwin:

**L'evoluzione in sé**, detta anche “teoria della non costanza”, non è altro che l'affermazione che il mondo è in continuo cambiamento e quindi non è sottoposto ad una eterna ciclicità.

**La discendenza comune** afferma la provenienza di tutti gli esseri viventi da un unico lontanissimo antenato. Darwin si discosta da Lamarck che sosteneva che le linee genealogiche diverse derivavano da progenitori distinti.

**La proliferazione della specie**: con il continuo ripetersi di piccoli cambiamenti da una generazione all'altra si possono ottenere differenze sostanziali tra subpopolazioni isolate e ciò può portare alla nascita di nuove specie distinte a partire da quella d'origine. Il fenomeno della speciazione si realizza attraverso la formazione di una barriera riproduttiva tra due popolazioni di una stessa specie (Palmieri, Parotto, Saraceni, Strumia, 2010), spesso (ma non necessariamente) in seguito all'isolamento geografico. Con Darwin assistiamo a un cambio di prospettiva: l'evoluzione non è più un processo lineare e l'insieme degli esseri viventi non è più metaforicamente disposto in una scala gerarchica, immagine che viene sostituita dall'albero della vita. Alla base dell'albero vi sono le specie più antiche che si ramificano nel tempo geologico formando nuove specie ad ogni biforcazione:

Come i ramoscelli producono, sviluppandosi, nuovi ramoscelli che, se vigorosi, si ramificano e sovrastano ovunque i molti rami più deboli, così io penso che, col tempo, la stessa cosa sia accaduta con il grande albero della vita che riempie la crosta terrestre di rami morti e spezzati, mentre ne copre la superficie con i bei rami in continua suddivisione. (Darwin, 1859 ed. 2019, p. 140)

**La selezione naturale**: un processo che favorisce alcuni individui invece di altri nella “lotta per l'esistenza”, meglio equipaggiati nella competizione per le risorse necessarie alla sopravvivenza e per garantirsi il successo riproduttivo. La natura opera come una sorta di setaccio, vagliando gli individui con le caratteristiche più idonee nel qui ed ora, che hanno maggiore possibilità di perdurare e riprodursi. Stante che ci sono differenze individuali ereditabili, alcune di queste possono essere una facilitazione per l'organismo che ne è portatore per affrontare i compiti principali della vita. La selezione naturale non è il diretto agente modificante della variazione tra individui dato che non provoca né impedisce la comparsa delle variazioni, tuttavia, con la sua azione cumulativa e continuativa, “determina la conservazione di quelle favorevoli e

l'eliminazione di quelle nocive o meno utili" (Darwin, 1859 ed. 2019, cap. IV). Quindi, con l'introduzione delle variazioni casuali, fortuite, non è più la sola azione dell'ambiente esterno, ad essere deterministicamente causa del cambiamento evolutivo come in Lamarck. Ecco che i ruoli cambiano: "l'ambiente non è il primo attore a entrare in scena, innescando l'evoluzione, ma l'ultimo, portandola a conclusione- selezionando variazioni comparse precedentemente alla sua azione, e indipendentemente da essa" (Barsanti in Lamarck, 2020, p. 58). Sono proprio le variazioni, quindi, ad essere ora il motore primo dell'evoluzione.

Una forza che per Darwin agisce complementariamente alla selezione naturale è la selezione sessuale, che "non dipende da una lotta per l'esistenza, bensì da una lotta fra maschi per il possesso delle femmine, il cui risultato non è la morte del contendente sfortunato, ma il fatto che questo avrà pochi o nessun successore" (Darwin, 1859 ed. 2019, p. 110).

**La gradualità dell'evoluzione:** l'evoluzione di una specie è generata da un accumulo di cambiamenti che si verificano pian piano nel corso delle generazioni precedenti (Berti, Toneatti, 2014). Ricorrendo alle parole di Darwin stesso: "La selezione naturale opera esclusivamente accumulando leggere variazioni favorevoli (...) per cui non può provocare all'improvviso grandi modificazioni, mentre può operare esclusivamente a passi molto brevi e lenti" (Darwin, 1859 ed. 2019, p. 450). Difficilmente una variazione dell'individuo eccessivamente marcata (quello che Dawkins chiamerà "un grande salto causale nello spazio genetico" - Dawkins, 2020 p. 110) risulterebbe vantaggiosa in natura, che si mostra "prodiga di varietà, ma avara nelle innovazioni" (*Ibidem*).

La spiegazione darwiniana si basa su alcune constatazioni. La prima riguarda la sovrapproduzione di prole (Berti, Toneatti, 2014), che consiste nella produzione di una quantità di figli superiore a quella che l'ambiente può sostenere. Ciò implica che di ogni generazione sopravvive solo una parte e spiega la lotta per l'esistenza nella competizione per le risorse limitate. La seconda riguarda la variabilità individuale: gli individui di una stessa specie e di una stessa generazione, per quanto simili, non sono identici ma differiscono tra loro per caratteristiche fisiche, (e, nel caso di animali) mentali e comportamentali. La terza considera i caratteri ereditabili: gli organismi

generano organismi simili, trasmettendo il patrimonio genetico alla prole. Per Darwin gran parte delle variazioni sono ereditabili.

A partire da questi dati di fatto, Darwin ha elaborato la teoria della selezione naturale principi del meccanismo evolutivo darwiniano. In primo luogo, come sopra detto, a causa della selezione naturale è più probabile che sopravvivano e si riproducano gli organismi con le variazioni più favorevoli. In secondo luogo, ad ogni generazione aumenta gradualmente la proporzione di individui che presentano variazioni favorevoli e diminuisce quella portatrice di variazioni sfavorevoli. Queste piccole differenze accumulate nel corso delle generazioni nei tempi geologici danno luce a specie diverse derivate da un progenitore comune.

Circa l'origine delle differenze individuali, Darwin accettò le tesi di Lamarck (peraltro all'epoca largamente condivise) che a provocarle fossero “uso e il disuso” e vari fattori ambientali, e cercò, senza riuscirci, di identificare i meccanismi attraverso cui i cambiamenti da questi indotti venivano trasmessi alla prole. Questa impresa cominciò ad essere realizzata alcuni decenni dopo la sua morte con l'integrazione delle leggi della genetica mendeliana e le scoperte della genetica moderna, rivelatorie della natura delle mutazioni genetiche o cromosomiche e del loro ruolo nel generare quel che oggi chiamiamo biodiversità.

Uno spazio a sé merita il concetto di adattamento e i suoi diversi significati. Anche oggi, si ricorre a questo termine con due accezioni: può indicare il processo dell'evoluzione in sé, che opera per selezione naturale, oppure il prodotto, “l'esito del processo (i biologi evolutivisti chiamano ‘adattamenti’ tutti i caratteri, o ‘tratti’, di un organismo che ritengono derivare dalla selezione naturale, esempio il colore del mantello in un animale o una strategia per raggiungere meglio la luce di una pianta)” (Pievani, 2010, p. 15). Questi tratti adattativi adempiono ad una specifica “funzione adattativa”, ovvero sono funzionali alla risoluzione di sfide poste dal proprio ambiente di vita, e permettono di mantenere uno “stato di adattamento”, o *fitness*, compatibile con la sopravvivenza e il successo riproduttivo (Berti, 2006).

Lamarck concepisce l'adattamento come un processo che opera nei singoli individui e consiste nell'uso o il disuso degli organi in base alle caratteristiche dell'ambiente, che, come primo motore, produce variazioni e abitudini ereditarie nel singolo. Invece, Darwin lo descrive come un processo che opera “sulle popolazioni,

modificando, ad ogni generazione, le frequenze relative in cui si trovano individui che presentano diverse caratteristiche anatomiche, fisiologiche, o comportamentali e i geni di cui esse sono espressione" (Berti, 2006, p. 13).

L'adattamento, poi, comporta un miglioramento assoluta della specie, finalizzata ad uno standard ottimale? Può venire spontanea l'idea che vi sia nell'evoluzione una tensione necessaria verso il perfezionamento, verso la complessità, che è stata attribuita a Lamarck anche da Darwin stesso. Per quest'ultimo, Lamarck "credeva nella legge di sviluppo progressivo" per cui "tutte le forme tendono ad evolversi" (Darwin, 1859 ed. 2019, p. 36). In effetti, nella principale opera lamarckiana le parole "evidente progressione" e "perfezione" compaiono spesso (Lamarck, ed. 2020). Tuttavia, non si deve trarne conclusioni frettolose: il mancato uso di un organo porta ad un impoverimento organico che può essere la migliore strategia adattativa in quel contesto; ne deriva che l'evoluzione per Lamarck non possa essere incondizionatamente e necessariamente direzionata dal semplice al complesso. Abbiamo visto come anche la "pulsione interna" concepita come la tendenza universale del vivente verso il progresso rischia di essere fuorviante: lo scienziato francese si rifà al "potere della vita" come propensione o "plasticità" degli organismi a modificarsi ma sempre in base alle pressioni dell'ambiente. Comunque, Lamarck delinea un quadro in cui gli esseri viventi appaiono in fin dei conti plasmabili a piacimento. Questo perché, per quanto vi sia anche una forma d'azione che muove dall'organismo all'ambiente in risposta ai bisogni indotti, l'individuo è dall'ambiente, unico e primo motore dell'evoluzione, rigidamente determinato. Tornando a Darwin, egli si discosta in ogni caso da questa visione e dall'idea dell'evoluzione come progresso necessariamente direzionato.

È utile operare, con Telmo Pievani (2010), un distinguo sul termine *progresso*: da un lato il esso può essere inteso come tendenza intrinseca all'evoluzione e dall'altro il progresso evolutivo concepito come fatto (l'evoluzione è a lungo andare progressiva nel senso che produce un aumento costante della complessità adattativa a partire da forme più semplici). Mentre questa seconda accezione è sostenuta da Darwin e ampiamente riconosciuta dalla comunità scientifica, la tensione intrinseca che spingerebbe tutti gli esseri, indipendentemente dagli altri fattori evolutivi, a migliorarsi è opinione presto smentita. Questo presunto standard ottimale da raggiungere veicola con sé anche l'idea di una finalità stabilita e pianificata dell'evoluzione ad opera di

un'entità di qualsivoglia natura, idea da cui gli esperti si distanziano. Infatti, l'azione della selezione naturale porta a risultati adattativi che sono il frutto di cambiamenti graduali, di piccoli incrementi di funzionalità accumulati perché validi o "tollerati" nel qui ed ora, con esiti imprevedibili e casuali nel lungo termine. L'adattamento è sempre contingente, locale e incompiuto in quanto condizionato da pressioni ambientali che sono mutevoli e multiple. Peraltro, esso dipende dalle soluzioni adattative ottenute dalle specie (entro i vincoli strutturali e di sviluppo) che per quanto si mostrino in determinate circostanze strategie ottimali, non lo sono in senso assoluto e richiedono spesso uno scotto da pagare. Per esempio, la coda del pavone si è evoluta nel gioco della selezione sessuale come tratto vantaggioso, ma la stessa appariscenza che tanto attrae le femmine della specie li espone facilmente ai predatori. Una miglioria adattativa dell'organismo spesso causa effetti collaterali indesiderati tali da comprometterlo: una specie di mela viene selezionata artificialmente per incrementare la sua dolcezza ma questo comporta una maggior vulnerabilità alle malattie (Pievani, 2010). In sostanza, "l'evoluzione naturale è un gioco di pesi e contrappesi, di costi e benefici, un equilibrio di adattamenti che spesso offrono soltanto un vantaggio maggiore rispetto agli effetti indesiderati" (Pievani, 2010, p. 75).

L'imperfezione degli esseri viventi è sottolineata da un meccanismo evolutivo che secondo Darwin va ad integrare il lavoro incessante della selezione naturale: il "preadattamento". Oggi sostituito con l'espressione *exaptation* del biologo S. J. Gould, il "preadattamento" comporta che un tratto sviluppatosi per una certa ragione adattativa possa essere "cooptato" o convertito per una funzione anche del tutto indipendente dalla precedente. Questo è permesso, ricorda Pievani (2010), dalla ridondanza e flessibilità delle strutture organiche: un organo può assolvere più funzioni, aggiungendone di nuove, e una funzione può essere assolta da più organi, cosicché uno di questi possa essere direzionato verso nuove funzionalità. Spiega Pievani:

Il fenomeno dell'*exaptation* ci mostra come nell'evoluzione difficilmente un adattamento è stato fin dall'inizio costruito per assolvere alla funzione corrente – l'origine storica e l'utilità attuale non sempre coincidono - e come l'adattamento sia spesso un compromesso con i vincoli strutturali degli organismi e con la loro storia pregressa. Inoltre, ci dà l'idea che i rimaneggiamenti adattativi degli organismi siano sempre un po' subottimali, ma non per questo meno efficaci. (Pievani, 2010, p. 79).

Una *subottimalità* che ricorda come gli organismi non siano frutto di un piano stabilito a-priori. Darwin, infatti, era ben conscio dell'opera di bricoleur dell'evoluzione, che non prende l'avvio da un foglio bianco ma da un foglio già scritto, per usare l'espressione di Richard Dawkins (1986), e “assembla opportunisticamente ciò di cui dispone per far fronte a nuove necessità oppure cambia parti preesistenti per svolgere nuove funzioni” (Pievani, 2010, p. 76). Ecco che, per quanto possano sembrare miracolosi, anche gli strumenti più complessi e ingegnosi degli organismi sono molto lontani dalla perfezione assoluta. Se viene facile pensare che siano il risultato perfetto e pianificato a tavolino da un'entità naturale o divina, a una disamina attenta alcune “scelte” nella loro organizzazione strutturale appaiono meno funzionali di altre, quasi illogiche. Prendiamo come esempio l'occhio umano, usato dal teologo William Paley (1785) per sostenere come uno strumento di tale complessità e perfezione debba essere frutto di un disegno intelligente: un ingranaggio talmente sofisticato da essere paragonato ad un orologio creato ad arte da un “abile mastro orologiaio”. Attualmente, sappiamo che il segnale luminoso viene registrato nella retina dalle fotorecettori e arriva al nervo ottico percorrendo le miriadi di fibre nervose, paragonabili a fili di un circuito elettrico, che confluiscono nel nervo ottico in un unico fascio:

Qualsiasi ingegnere sarebbe naturalmente indotto a supporre che le fotorecettori fossero rivolte verso la luce, con i fili di rete all'indietro verso il cervello. Egli si farebbe beffe di chi li dicesse che le fotorecettori potrebbero essere puntate in direzione opposta alla luce, e che i fili potrebbero dipartirsi dal lato più vicino alla luce. Eppure (...) ogni fotorecettore è orientata in realtà in direzione opposta a quella ottimale, con i fili che ne escono dal lato più vicino alla luce. Il filo deve percorrere la superficie della retina sino a un punto in cui si immerge in essa attraverso un foro (la cosiddetta “macchia cieca”) per andare a unirsi al nervo ottico. Ciò significa che la luce, anziché poter pervenire indisturbata alle fotorecettori, deve attraversare una foresta di fili di connessione, soffrendo presumibilmente almeno di una certa attenuazione e distorsione (in realtà forse non molto, ma è soprattutto il principio che urterebbe un ingegnere rigoroso!). (Dawkins, 1986, ed 2020, p. 136).

L'attuale occhio umano non è altro che un prodotto di una lunga serie di aggiustamenti, di passaggi intermedi a partire da un organo rudimentale, di variazioni dell'organo rivelatesi vantaggiose per l'individuo nel qui ed ora e accumulate nel tempo nella popolazione, in un processo costato trecento milioni di anni di evoluzione. Quindi,

ribatte Dawkins a Paley, lungi dall'essere l'artefatto perfetto di un progettista ecco che l'evoluzione si rivela il prodotto di un orologiaio cieco, che non progetta per il futuro. Chiudo questa digressione con le parole di S. J. Gould: "L'evoluzione potrebbe essere supportata in modo più convincente dalle prove di evidenti imperfezioni che non dalla prova della perfezione" (Gould, 1980, in Dawkins, 1986, p. 133), imperfezioni che testimoniano una storia di mutamento graduale, affascinante quanto intrinsecamente imperfetto.

Ad oggi, per quanto la teoria dell'evoluzione sia andata incontro a vari cambiamenti e tutt'ora sia terreno fertile di ricerca, i tre motori individuati da Darwin, ovvero le sorgenti di variazione, ereditarietà e selezione naturale, rappresentano ancora solidamente il nocciolo dell'evoluzione.

Per la comunità scientifica non esiste alcuna spiegazione evolucionistica che possa prescindere da tale meccanismo demografico, automatico e cumulativo né che sia in grado di dar conto degli stessi fenomeni attraverso modalità alternative: questo, e non altri, è il motivo pragmatico per cui ancora oggi definiamo *darwiniana* la teoria dell'evoluzione (Pievani, 2010, p. 9).

Concludendo, la forza teorica della proposta di Darwin ha indubbiamente innescato un fenomeno di tale portata da avere importanti ripercussioni nel piano biologico, scientifico quanto culturale, capace di spaziare in molti campi di ricerca:

la fecondità della teoria darwiniana è così grande da riunire, a più di un secolo e mezzo dalla sua enunciazione, competenze disciplinari diversissime: l'evoluzione può essere vista all'opera dai geologi e dai paleontologi che studiano i fossili e stratigrafie su larga scala; dagli ecologi che studiano la biodiversità negli ecosistemi; da zoologi, botanici, etologi e naturalisti di ogni estrazione; ma anche da biologi molecolari che studiano in laboratorio i geni e le componenti macroscopiche della vita (*Ibidem*, p. 8).

## 2. Gli sviluppi della teoria dell'evoluzione

Come già anticipato, negli oltre 150 trascorsi dalla pubblicazione de “L’origine della specie” il darwinismo è andato incontro a molte trasformazioni; la teoria dell’evoluzione si è essa stessa evoluta in un dibattito che è perdurato per tutto il Novecento e ancora oggi è fertile e vivace (Ianniciello, 2020).

Un dibattito che sia acceso già alla pubblicazione dell’opera di Darwin “L’origine dell’uomo e la selezione sessuale” (1871) e che continuò ad animare la comunità scientifica all’indomani della morte del naturalista. Tanto che, a fine Ottocento e primi decenni del Novecento, Europa e America furono terreno fertile per la nascita di due scuole post-darwiniane: il *neolamarckismo* e il *neodarwinismo*. In gioco era l’incidenza di un fattore rispetto all’altro nel processo evolutivo: mentre i sostenitori del lamarckismo affidavano maggior importanza agli effetti ereditati dall’uso e disuso o all’influenza diretta dell’ambiente, i neodarwinisti delegarono esclusivamente alla selezione naturale il ruolo di motore del cambiamento. In particolare, i primi:

sostenevano che le modificazioni del corpo degli organismi adulti, sia anatomiche che fisiologiche, potessero essere trasmesse alle cellule germinali e da queste alla discendenza. Il neolamarckismo voleva quindi “risolvere” il problema dell’apparente improbabilità dell’origine degli adattamenti altamente “sviluppati” da variazioni (mutazioni) casuali. Poiché le variazioni sarebbero state prodotte come risposta diretta alle reali condizioni ambientali alle quali l’organismo si sarebbe dovuto adattare, nella visione neo-lamarckiana tali processi non avrebbe dovuto attendere le variazioni casuali per aver luogo. Le mutazioni venivano inoltre viste come eventi necessariamente dannosi e in grado di alterare lo sviluppo armonico di un organismo e non si poteva certo affidare a tali disarmonie il successo evolutivo delle varie specie!” (Mandrioli, 2020).

Invece, i neodarwinisti, di cui August Weismann (1834- 1914) era principale esponente, si consideravano diretti discendenti dell’eredità darwiniana e negavano e cercavano di confutare l’eredità dei caratteri acquisiti, tacciando chi sostenesse l’uso e il disuso o qualsiasi altro fattore cooperante alla selezione naturale come “antidarwiniani” o “lamarckiani”. Un antagonismo con la dottrina evolutiva neolamarckista che però si fondava su un travisamento del pensiero di Darwin che, in realtà, non aveva mai negato la possibile esistenza ed incidenza dei “fattori lamarckiani” nel processo evolutivo. George John Romanes (1890), discepolo e amico di Darwin, si oppose ai neodarwinisti,

riportando tutti i punti in cui Darwin citava questi fattori. Ad esempio, nella prima versione de “L’origine delle specie” Darwin stesso disse espressamente: “sono convinto che la selezione naturale è stata la causa principale, ma non l’unica, delle modificazioni” (Darwin 1859 ed. 2019, p. 47) per poi asserire nella sesta versione che questa precisazione “è stata fatica sprecata”, dato che “la persistenza delle interpretazioni erranee è grande e potente” (*Ibidem*, p.466).

I sostenitori della cosiddetta “eredità debole” di matrice lamarckiana erano però comunque destinati ad assistere alla smentita delle loro tesi, sgomberate dai ricercatori neodarwinisti e dai nuovi esperimenti genetici.

Con l’apporto delle ricerche sui geni di Gregor Mendel (1822- 1884), il Neodarwinismo ha dominato lo scenario dal 1930 fino all’età contemporanea. Conosciuta anche come *Sintesi moderna*, la teoria sintetica dell’evoluzione propose un’integrazione della teoria darwiniana con la genetica mendeliana e la nascente genetica delle popolazioni, attingendo da altre discipline quali la biogeografia e la paleontologia. Essa riuscì così a dare risposta ad uno dei grandi quesiti di Darwin rimasti fino a quel momento insoluti: l’origine della variabilità e i meccanismi di trasmissione ereditaria. La Sintesi moderna continuò a ritenere la selezione naturale motore primo dell’evoluzione accanto alle mutazioni, ma aggiunse altre forze fondamentali: “flusso genico” e “deriva genetica”, che concorrono ai cambiamenti della frequenza degli alleli tra una generazione e l’altra. Il flusso genico consiste nella diffusione di nuovi geni nella popolazione tramite le migrazioni, alimentando la variabilità nel *pool genico* della popolazione ricevente. Sul versante opposto, a bilanciare la comparsa delle nuove variazioni, opera la deriva genetica. Le mutazioni neutrali, varianti casuali che non apportano vantaggi o svantaggi, passano inosservate nel fenotipo e oscillano nel flusso genico della popolazione, potenzialmente estinguendosi o diffondendosi nell’intera generazione (pensiamo, ad esempio, ai gruppi sanguigni). Così, l’azione lenta e discreta della deriva genetica “influisce sostanzialmente sulla composizione genetica di qualsiasi popolazione” (Pievani, 2010, p. 103).

Verso la fine del Novecento la teoria darwiniana così integrata godeva di un appoggio ormai unanime nella comunità scientifica e si arricchì con le ricerche nel campo della genetica e della biologia molecolare.

L'oggetto del dibattito si è poi spostato sui tempi dell'evoluzione, nel confronto tra gradualisti, sostenitori di un'evoluzione lenta e cumulativa, e i teorici degli equilibri punteggiati, secondo i quali l'evoluzione procede invece a strappi, tramite improvvise e profonde riconfigurazioni (Ianniciello, 2020). Secondo quest'ultima tesi, una specie rimane sostanzialmente invariata nella maggior parte della sua esistenza, per un lungo periodo chiamato "di stasi", e incorre in grandi cambiamenti (sotto pressione ambientale) in un periodo di tempo limitato, detto "punteggiatura". Specifico che un punto è considerato breve per i parametri del tempo geologico: non si riferisce a qualche generazione ma ammonta a migliaia di anni.

Infine, più recentemente sembrano essere gli sviluppi dell'epigenetica ad aver canalizzato le attenzioni del dibattito sull'evoluzione.

## **2.1. Epigenetica: i più recenti risvolti della teoria evoluzionistica**

La portata delle scoperte nell'epigenetica e le prospettive di ricerca aperte sono di indiscusso interesse per la scienza e smuovono alcuni tasselli della teoria evoluzionistica così com'era stata precedentemente formulata.

L'epigenetica, termine coniato dal biologo britannico Conrad Waddington nel 1942, è una branca della biologia che "studia i meccanismi che portano all'instaurarsi di un determinato fenotipo (l'insieme delle caratteristiche osservabili di una cellula e/o, in generale, di un organismo) senza che vi siano variazioni a livello della sequenza del DNA" (Levi A. in Enciclopedia Treccani, 2015). Queste modifiche fenotipiche, che influenzano forma, funzionalità e salute dell'organismo, sono indotte dall'ambiente, sono reversibili e in alcuni casi si trasmettono per un certo numero di generazioni successive.

Per introdurre l'argomento, seppur in modo sintetico, ciascun individuo è portatore di uno specifico corredo cromosomico, il genoma, che conserva le informazioni genetiche del DNA nel nucleo di tutte le cellule del corpo. L'epigenetica (*Epi*, dal greco, ciò che sta sopra) include tutti quei meccanismi di regolazione e controllo dell'espressione genica, che consentono a una cellula di leggere le porzioni di DNA utili a svolgere le specifiche funzioni cui essa è preposta (Suman, 2008). A questi

meccanismi epigenetici che interpretano l'informazione genetica sono attribuite le funzioni fondamentali di riproduzione e differenziazione cellulare, attraverso la quale si originano cellule diverse (per esempio neuroni, cellule ossee, muscolari, ghiandolari, epiteliali). Tutte le cellule del corpo hanno infatti lo stesso genoma ma differiscono l'una dall'altra perché possono avere epigenomi diversi, ovvero i geni in esse contenuti possono subire diverse possibili modifiche nella loro espressione, e quindi assumere differenti caratteristiche morfologiche e funzionali che daranno forma al fenotipo nell'interazione con l'ambiente. Come spieghiamo questa differenziazione? Riprendendo una metafora tratta dal documentario "Epigenetica – come il nostro corpo memorizza il mondo":

il DNA è un manuale di istruzioni che, per costruire diversi tipi di cellule, viene letto in modi diversi. Si possono leggere alcuni capitoli e non altri, il testo si può sottolineare, cancellare e sovrascrivere. I meccanismi di regolazione epigenetica fanno esattamente questo: se il genoma è un libro intonso, l'epigenoma è l'insieme di appunti, etichette e sottolineature che servono a ricordare i punti salienti da andare a recuperare (Suman, 2008).

Quindi, se il genoma è come un manuale di istruzioni che dirige lo sviluppo e il funzionamento dell'organismo, l'epigenoma è il lettore che ha la possibilità di esprimere o silenziare determinati geni, interpretando l'informazione genetica senza alterare il gene in sé, ovvero senza intaccare le istruzioni contenute nel DNA. Le modifiche epigenetiche, che nel loro insieme costituiscono l'epigenoma di una cellula, sono dei segnali chimici che agiscono sull'espressione genica, selezionando i geni localizzati in specifiche regioni cromosomiche da accendere o spegnere.

Un altro processo in cui interviene l'epigenetica è la già citata riproduzione cellulare: il meccanismo epigenetico di memoria cellulare permette alla cellula madre di tramandare alle cellule figlie non solo il DNA ma anche alcune modificazioni epigenetiche contenute sopra di esso. È così che da una cellula muscolare nasce un'altra cellula muscolare e non una cellula neuronale o una cellula indifferenziata (*Ibidem*).

Infine, le marcature epigenetiche possono essere influenzate dall'ambiente sociale e fisico: permane una memoria epigenetica anche delle situazioni ambientali in cui la cellula si va a trovare. Le variabili dell'esperienza possono modificare il normale pattern genetico e intervenire anche sulle normali modificazioni che quella cellula avrebbe avuto dal punto di vista epigenetico; possono influire sui processi epigenetici,

per esempio accendendo o silenziando determinati geni, alterando così l'espressione genica. Questo processo si verifica lungo il corso della vita dell'individuo ed è cumulativo e sempre reversibile.

Lo stress ambientale, derivato da cattiva alimentazione e stile di vita, inquinamento, stati di forte deprivazione sociale e affettiva, etc., può portare l'individuo a sviluppare "contromisure adattative che vengono registrate nelle etichette epigenetiche e alcune di queste riescono ad essere trasmesse alle generazioni successive" (*Ibidem*).

Ecco, dunque, come la dicotomia natura e cultura sembri venir meno: non solo gli effetti dei geni variano a seconda dell'ambiente ma anche gli effetti dell'ambiente variano a seconda dei geni. In altre parole, individui con geni diversi reagiscono in modi diversi allo stesso ambiente e l'ambiente ha effetti diversi a seconda dei geni presenti nella persona. L'ambiente sociale e fisico può innescare, inasprire o sopprimere gli effetti, positivi o negativi, di un certo gene o gruppo di geni, tra cui i geni di suscettibilità di vari disturbi fisici e mentali. Per esempio, la predisposizione genetica al comportamento aggressivo di un bambino viene accentuata da un ambiente violento e abusivo mentre viene inibita, attenuata, se cresce in un ambiente accudente ed equilibrato. Questi studi, incentrati sull'uomo, sono oggetto d'indagine specifica della genetica del comportamento, interessata all'interazione tra fattori genetici e ambientali e alla loro azione sulle differenze dello sviluppo.

Senza dilungarmi oltre, si può considerare come l'abbandono dell'idea di determinismo genetico a favore di una maggior consapevolezza della relazione reciproca tra geni e sviluppo abbia notevoli ripercussioni e apra nuovi interrogativi nel campo della scienza in generale, della medicina (per esempio nello studio delle malattie mentali) così come nella psicologia generale, in particolare dello sviluppo e nelle scienze dell'educazione.

In sede di questa tesi, tuttavia, è di interesse sottolineare la portata della scoperta dell'ereditarietà epigenetica alla luce della teoria dell'evoluzione darwiniana. Se infatti le ripercussioni dell'epigenetica non sono ancora chiare, essendo ancora una novità nel panorama scientifico, ciò che possiamo asserire con sicurezza è che questo fertile campo di studi potrà riconfigurare alcuni cardini del paradigma evoluzionista, a partire proprio dalla scoperta che l'organismo "non è solo un contenitore passivo dei propri

geni, un mero tramite tra questi ultimi e l'ambiente che li seleziona" (Ianicciello, 2020, p.16).

Infatti, se l'epigenoma di un individuo è flessibile, ovvero è in grado di modificarsi in reazione ai diversi fattori ambientali, si può asserire che il genoma si adatta alle variazioni dell'ambiente (*Ibidem*). La selezione naturale agisce così non solo sulle mutazioni casuali, che tra l'altro nella maggior parte sono neutre o svantaggiose, ma setaccia inesorabilmente anche le variazioni introdotte dai meccanismi epigenetici su spinta dell'ambiente stesso, stabilizzandole. Oggi sappiamo quindi che l'adattamento all'ambiente dipende da due fattori: il primo è la selezione naturale che agisce nel lungo periodo e opera sulle varianti geniche sull'intera popolazione, nel corso delle generazioni; il secondo è "la cosiddetta plasticità fenotipica, ovvero la capacità che un organismo ha di adattarsi all'ambiente nel corso della propria vita, senza andare a modificare il proprio corredo genetico, ma solo modificando i pattern di espressione genica, il proprio epigenoma" (Suman, 2008). La plasticità fenotipica agisce appunto nel breve periodo sulle caratteristiche fenotipiche degli individui. E sappiamo che alcune di queste modifiche al sistema di regolazione del DNA sviluppate nel corso della vita dell'individuo possono trasmettersi alla generazione successiva.

Proprio queste marcature epigenetiche permanenti, influenzate dall'ambiente e trasmissibili dai genitori ai figli e dai figli ai nipoti, riportano alla luce della ribalta la teoria dell'eredità dei tratti acquisiti di matrice lamarckiana, mai in realtà smentita da Darwin. Sappiamo che il neodarwinismo e le ricerche di Weismann ebbero la pretesa di confutare la tesi di Lamarck agli occhi della comunità scientifica: i caratteri acquisiti nel corso dell'esistenza non sono iscritti nel patrimonio genetico e quindi non sono ereditabili. Certo, le modifiche del fenotipo dovute a fattori epigenetici non dipendono dal principio di uso e disuso (la segregazione precoce di cellule somatiche e germinali ne impedisce la trasmissibilità generazionale) ma la teoria di Lamarck potrebbe essere in parte riabilitata. E questo perché, in effetti, qualcosa di acquisito nello sviluppo ontogenetico del singolo è potenzialmente ereditabile. Le pressioni ambientali, come un certo stile di vita o alimentare, possono quindi intervenire nel silenziare o meno determinati geni e sortire degli effetti nei caratteri quantitativi ereditabili, influenzando per esempio la suscettibilità alle malattie o la durata della vita della generazione successiva.

Ritornando a Darwin, scopriamo come di fatto egli sia rimasto vicino nelle sue considerazioni alla concezione dell'eredità dei caratteri acquisiti di Lamarck, solo ancora non capiva come funzionassero i meccanismi ereditari in atto in natura poiché al tempo nulla si sapeva del DNA, dei geni, men che meno dei marcatori epigenetici. Questo è richiamato in particolare nel V capitolo de "L'origine delle specie", nel paragrafo dall'emblematico titolo "gli effetti dell'aumentato uso e del non uso" di cui riporto alcuni passi:

dai fatti citati nel primo capitolo, penso che non si possa dubitare che l'uso rafforzi e ingrandisca determinate parti nei nostri animali domestici e il non uso le riduca; tali modificazioni siano ereditarie (Darwin, 1859 ed. 2019, p. 153).

Penso che, in complesso, si possa concludere che l'abitudine, l'uso e il disuso in alcuni casi abbiano notevole importanza nel determinare modificazioni costituzionali e di struttura nei vari organi, ma anche che gli effetti dell'uso e disuso spesse volte siano combinati in larga misura con la selezione naturale delle differenze costituzionali, e talvolta siano passati in seconda linea di fronte a quest'ultima (p. 159).

Al di là della posizione di Darwin, rimane da chiedersi quali conseguenze avrà l'epigenetica negli sviluppi della teoria dell'evoluzione. C'è chi invoca come necessaria una nuova sintesi, la Sintesi estesa o Inclusiva, capace di integrare il rivisitato concetto di ereditarietà nella teoria evolutiva. Ed è proprio il motore primo del meccanismo evolutivo darwiniano, la selezione naturale, ad essere oggetto del dibattito: ci si chiede infatti "se l'epigenetica possa incrinare la centralità della selezione naturale nel processo evolutivo o se, piuttosto, anche i risultati della conservazione dei caratteri acquisiti siano soggetti al vaglio cieco e spesso spietato della selezione naturale" (Ianniciello, 2020, p. 17). Per ora la comunità scientifica sembra propendere per quest'ultima opzione e per mantenere come base la teoria dell'evoluzione proposta da Darwin, cosicché "l'epigenetica non farebbe altro che ampliare, oltre i soli geni, il bacino di variazione su cui possono agire la selezione naturale e gli altri processi neo-darwiniani (deriva, migrazione, mutazione)" (Suman, 2008).

Ciò che è certo è che anche grazie a questa incipiente frontiera di ricerca il dibattito nella comunità scientifica si mantiene vivace e la teoria evolutiva, sempre rivedibile ed integrabile, aggiunge nuovi tasselli alla sua storia.



## CAPITOLO SECONDO

### 1. L'insegnamento dell'evoluzione nella scuola dell'obbligo

Nei programmi didattici per la scuola primaria in vigore dal 1985 al 2004/2005 non era nominata l'evoluzione. In Scienze i contenuti proposti vertevano in particolare sulle classificazioni, rinviando a un'immagine di una natura complessa ma statica; in Storia l'attenzione era rivolta ai momenti di trasformazione delle civiltà, senza accennare alle origini dell'uomo.

Invece, il Decreto ministeriale del 1979 introduceva l'evoluzione alle scuole medie, trattandola in scienze in questi tre temi e relativi contenuti:

- “La terra nel sistema solare” con “l'evoluzione della terra”, presentando in classe la comparsa della vita, fossili, tempo geologico etc.
- “struttura, funzione ed evoluzione dei viventi”: “ecosistema e livelli di organizzazione della vita”, per es. cellule organismi comunità vegetale e animale classificazione.
- “L'uomo e l'ambiente”: “origini ed evoluzione biologica e culturale della specie umana”.

(Decreto Ministeriale 9-2-1979 dal Ministero Pubblica Istruzione)

Nel 2004 furono le Indicazioni Nazionali per la Scuola Secondaria di Primo Grado, la cosiddetta riforma Moratti, a scuotere le acque: delle teorie di Darwin non v'era più traccia nella scuola media dove prima era presente. Non mancarono le polemiche: la comunità scientifica reagì prontamente e scattò il “caso Darwin”. In risposta, il ministro Moratti istituì una Commissione formata dal fisico (premio Nobel) Carlo Rubbia, il genetista Roberto Colombo e Vittorio Sgaramella, e presieduta da Rita Levi Montalcini, per dare “indicazioni su come modificare e integrare l'aspetto della teoria evoluzionistica”, “indicazioni che costituiranno la base di tutti i percorsi educativi” (Moratti in Pievani, 2007, p. 11). Un gruppo di noti esperti, fra cui anche Nobel, tutti specializzati in materie scientifiche, biologia e fisica: Berti e Toneatti (2014/2015) evidenziano come la presenza di pedagogisti, educatori e psicologi non siano state contemplate. In merito, la Commissione stessa riconoscerà che indicare che cosa insegnare delle scienze sia responsabilità non solo degli scienziati ma anche dei pedagogisti. Comunque, la posizione della Commissione apparve subito chiara:

è innegabile che lo studio dei fenomeni evolutivi nel campo delle scienze della vita debba avere un'importanza notevole nella cultura scientifica dell'uomo (...) La scuola dell'obbligo deve permettere agli alunni della scuola primaria, sino al completamento del secondo ciclo, di comprendere il concetto di evoluzione biologica. Gli studenti dovrebbero concludere il primo ciclo avendo acquisito una comprensione non soltanto dei concetti base dell'evoluzione, ma anche del metodo scientifico e del suo rigore (Commissione Darwin 2005).

Il Ministro Moratti dichiarò così che “la discussione delle teorie darwiniane, fondamento della moderna scienza biologica, sarà assicurata nella formazione di tutti i ragazzi dai 6 ai 18 anni, secondo criteri didattici gradualisti” (Pievani, 2005), finendo per chiamare espressamente in causa la scuola elementare nell'insegnamento della teoria dell'evoluzione in un Documento Ufficiale. Il tema in realtà era stato introdotto nelle Indicazioni Nazionali per la Scuola Primaria senza che i partecipanti a questo dibattito (e probabilmente lo stesso Ministro) se ne accorgessero: l'evoluzione comparve implicitamente nei programmi “Moratti” (D.L 19-02-2004) nelle diciture “la terra prima dell'uomo” e “la comparsa dell'uomo”, inserite tra gli obiettivi d'apprendimento per l'insegnamento della storia in II-III.

Nei programmi di scienze per le secondarie di primo grado, invece, l'evoluzione si ridusse alla dicitura “Interazioni reciproche tra geosfera e biosfera, loro coevoluzione”. Una sola voce, ritenuta “criptica” da Pievani (2007), contro le tre sul tema presenti nei programmi antecedenti. E se lo scontro politico, acceso con la prima uscita delle Indicazioni Nazionali del 2004, si placò, fu solo in apparenza: l'insegnamento si è dimostrato terreno fertile anche in Italia nella contesa tra antidarwinisti e darwinisti.

Con le Indicazioni per il curriculum per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo d'istruzione del 2007, le Direttive Fioroni, l'inizio della storia alle elementari viene però riportato alle società umane preistoriche, cancellando il riferimento alla terra prima dell'uomo: “si inizierà focalizzando l'attenzione degli alunni sugli aspetti della vita sociale, culturale e materiale delle società preistoriche, protostoriche e del mondo antico, e si passerà, man mano che le capacità degli allievi crescono, allo studio di processi più complessi” (D. L. 31-07-2007, Gazzetta Ufficiale N. 228, p. 51).

Questo permane con la riforma del 2012, nelle “Indicazioni nazionali curriculum scuola infanzia e primo ciclo”, dove: “alla scuola primaria sono assegnate le conoscenze

storiche che riguardano il periodo compreso dalla comparsa dell'uomo alla tarda antichità" (D. L. 16-11-2012, Gazzetta Ufficiale N. 254, p. 44). Se in storia era richiamato il processo di ominazione, in scienze l'attenzione si cristallizzava ancora una volta sul sistema di classificazione dei viventi.

Nei traguardi di competenze in scienze leggiamo: "riconosce le principali caratteristiche e i modi di vivere di organismi animali e vegetali". In particolare, come obiettivo al termine della classe terza: "individuare somiglianze e differenze nei percorsi di sviluppo di animali e vegetali", e al termine della quinta: "elaborare i primi elementi di classificazione animale e vegetale sulla base di osservazioni personali".

L'insegnamento dell'evoluzione, non previsto nelle scuole elementari, compare nei traguardi per le competenze al termine della scuola secondaria di I grado: "Ha una visione della complessità del sistema dei viventi e della loro evoluzione nel tempo; riconosce nella loro diversità i bisogni fondamentali di animali e piante, e i modi di soddisfarli negli specifici contesti ambientali." (D. L. 254, 2012, p. 76).

È interessante il fatto che, in Italia, l'evoluzione è stata solitamente trattata nella scuola elementare prima della "riforma Moratti" e continua ad esserlo tuttora anche se non prevista da programmi o linee guida. Una ricerca di Berti e Toneatti (2011/2014) sui testi per la terza elementare pre e post-riforma Moratti ha messo in evidenza che "la terra prima dell'uomo" era trattato in più della metà dei libri pubblicati prima della riforma Moratti. Dal confronto dei contenuti è emerso che "i libri sembrano richiamarsi a un comune modello relativamente impermeabile al susseguirsi delle riforme, e che con ogni probabilità continua a improntare i libri pubblicati anche dopo le ultime riforme dei programmi" (Berti, Toneatti, 2011/2014, p. 37).

## 2. Le misconcezioni dell'evoluzione

Dagli anni '90 del Novecento la ricerca sull'apprendimento scolastico ha mostrato un grande interesse per la costruzione della conoscenza focalizzandosi su un tema caro ai cognitivisti: l'influenza delle acquisizioni precedenti sulle nuove conoscenze. In particolare, per quanto concerne le conoscenze scientifiche, essa indaga le conseguenze negative che le teorie ingenuie, o concezioni alternative basate sul senso comune, esercitano sulla comprensione e acquisizione di concetti scientificamente fondati (Boscolo, 1997). Le "misconcezioni" riguardano proprio la presenza di errori di comprensione in nozioni importanti e centrali delle varie discipline (Berti, Toneatti, 2011/2014). L'aspetto problematico messo in evidenza sta nel fatto che questi preconetti, queste idee personali circa una determinata nozione, di cui lo studente è portatore, risultano resistenti all'insegnamento. Ne consegue che individuare queste concezioni errate e indagare le cause della loro resistenza per potervi intervenire è una sfida di cui sempre più studiosi comprendono l'importanza. La presente tesi si colloca proprio in questa tendenza attuale della ricerca psicopedagogica.

Per quanto riguarda l'evoluzione, le misconcezioni che le ricerche hanno riscontrato in bambini e adulti privi di formazione specialistica riconducono i cambiamenti che avvengono nelle specie a:

- 1) un bisogno o necessità;
- 2) uso e disuso;
- 3) la capacità dell'organismo di "adattarsi" ovvero modificarsi in corrispondenza a cambiamenti nell'ambiente.

"L'evoluzione viene in questo modo rappresentata come un processo che opera sui singoli individui attraverso dei cambiamenti che ciascuno di essi subisce o provoca attivamente nel corso della propria vita individuale e che trasmette ai propri figli; ogni generazione sarebbe dunque omogenea al proprio interno e diversa da quella che l'ha preceduta, costituendo rispetto ad essa un passo in avanti verso un progressivo perfezionamento o *adattamento*" (*Ibidem*, p. 30).

In sostanza, le più frequenti misconcezioni sembrano rispecchiare la visione di evoluzione proposta da Lamarck (o perlomeno a lui attribuita come ho accennato nel precedente capitolo):

1) volontà del singolo individuo in relazione ad una necessità sorta dall'ambiente;

2) eredità dei caratteri acquisiti, comportamentali quanto fisici;

3) cambiamento direzionato al miglioramento, per cui la successiva generazione è necessariamente migliore della precedente.

Poi, rimane da chiarire il seguente interrogativo: perché si formano queste misconcezioni, così refrattarie al cambiamento? Nel tentativo di classificarle in base alla loro origine, riprendo la proposta di categorizzazione di Alters e Nelson (2002):

- Misconcezioni derivate dall'esperienza quotidiana, più o meno consapevolmente. Si caratterizzano per essere un'applicazione di concezioni valide ma calate in contesti in cui non sono efficaci; in questo caso la spiegazione di un fenomeno può essere simile o analoga a quella di un altro risultando errata ed inadeguata.
- Misconcezioni apprese tramite insegnamento in ambito formale o non formale.
- Misconcezioni costruite dall'integrazione di una nuova informazione in un *pattern* concettuale pregresso già contenente malintesi.
- Misconcezioni legate al linguaggio: riguardano l'uso improprio di definizioni lessicali per descrivere e veicolare concetti scientifici. Ad esempio, utilizzare una metafora antropomorfa per indicare oggetti inanimati può comportare un'attribuzione di intenzionalità, oppure, la traduzione non pertinente di un termine dalla sua lingua originale che ne può stravolgere il senso. Ancora, il fraintendimento può essere dovuto al fatto che alcuni termini assumono diversa accezione in campo specialistico/ scientifico rispetto all'uso comune (per esempio *adaptation*, *fitness*, oppure il fatto stesso di definire la spiegazione evolutivista come *theory* e non *law*, che per il buon senso rimanda al mondo delle ipotesi confutabili fra le altre e non al mondo dei fatti provati, supportati dalle evidenze).
- Misconcezioni dovute a credenze non scientifiche, ovvero pseudo – scientifiche. Sono incluse in questa categoria le leggende metropolitane o le credenze a valore predittivo, ritenute fedelmente attendibili e supportate da presunte evidenze, che non sono sostenute da alcun procedimento scientifico.

Gli autori includono in quest'ultima categoria anche le credenze riconducibili alle religioni e miti, secondo le quali gli organismi non hanno una comune discendenza e la terra è troppo giovane perché si sia verificata l'evoluzione e la maggior parte dei processi geologici.

Tuttavia, non sono dello stesso parere: la religione non è una misconcezione quanto una concezione alternativa. Molte persone adulte rifiutano la teoria dell'evoluzione perché è in contrasto con la visione religiosa dell'origine non solo degli esseri viventi ma di tutto il mondo. Nel caso dell'evoluzione, a differenza di altre nozioni scientifiche, troviamo quindi non solo fraintendimenti su come sia avvenuta ma il rifiuto dovuto ad una visione alternativa che contempla l'origine divina degli esseri viventi. Puntualizzo che in questa sede intendo per misconcezioni dell'evoluzione solo le idee sbagliate sulla modalità in cui avvengono i cambiamenti delle specie.

### **3. I fattori che ostacolano la comprensione dell'evoluzione**

Molti studiosi si sono interrogati sulle sorgenti di queste concezioni errate, imputandone l'origine e la persistenza a fattori cognitivi, emotivi e contestuali. Le spiegazioni proposte sottolineano il ruolo preponderante di alcuni fattori rispetto ad altri e offrono così una chiave di lettura che veicola diverse implicazioni pedagogiche.

Alcuni autori ritengono la teoria dell'evoluzione sia di per sé semplice: le cause dei fraintendimenti risalgono alle implicazioni a livello emotivo e morale dell'accettazione della teoria, le quali attivano dei meccanismi di rifiuto, e ad alcune tendenze cognitive, innate o di precoce formazione, della mente umana (Evans, 2008; Girotto, Pievani, Vallortigara, 2008; Gould, 1996; Dawkins, 1986 in Berti, Toneatti, 2011/2014). Altri, invece, pur riconoscendo l'esistenza e l'incidenza di questi vincoli psicologici, sostengono con altri l'idea che la teoria dell'evoluzione e, in particolare, il concetto di selezione naturale, siano intrinsecamente difficili da comprendere (Berti e Toneatti, 2011/2014; Ferrari, Chi, 1998; Mayr, 1982).

### 3.1. Ostacoli cognitivi

#### Difficoltà intrinseca dei costrutti

La selezione naturale, pur semplice in apparenza, può richiedere a volte un grande sforzo per essere compresa, e questo per via dei meccanismi che sono alla base dell'evoluzione nella "sintesi moderna" più che al concetto di evoluzione in sé. Desta difficoltà, infatti, il carattere complesso ed astratto di alcuni suoi costrutti: per esempio *popolazione*, *proporzione* e *adattamento* (Fisher, Yang, 2002; Herernurm, 1992; Ohlsson, 1991 citati in Ferrari, Chi, 1998) o *gene*, *individuo*, *specie*, *popolazione*, *famiglia*, *genere*, *phylum* (Mayr, 1982 in Berti, Toneatti, 2011/2014) che si riferiscono a diversi livelli di realtà. Inoltre, l'evoluzione avviene su una scala temporale che si misura in migliaia di anni, ben diversa da quella quotidiana, e questo ostacola la comprensione del processo. Alcune ricerche in merito hanno evidenziato la "difficoltà, presente in tutte le persone, a rappresentare grandezze numeriche di cui è impossibile avere una raffigurazione concreta" (Catley, Novick, 2009 in Berti, 2014, p. 69).

Altre ricerche, come quelle di Calvani (1988 in *Ibidem*), hanno mostrato come bambini e adulti condividono una tendenza, detta *personalizzazione*, a ricorrere a schemi analogici nell'interpretare processi storici di lunga durata, traendo modelli dalla vita quotidiana. Per esempio, il concetto di *adattamento* è indubbiamente più facile da capire nella sua accezione del linguaggio comune (sforzo di adeguarsi ad una situazione nuova o acquisizione di nuove abitudini con intenzionalità), ovvero quando riferito a singoli individui nel corso della loro vita, rispetto ai significati che assume nella terminologia scientifica. In virtù di ciò, le insegnanti anche per spiegare l'adattamento riferito alle specie finiscono per ricorrere ad esempi familiari ai bambini, di scala temporale breve e riferiti al cambiamento del singolo, pensando di agevolare la comprensione degli alunni. Rischiano invece, in questo modo, di favorire e radicare misconcezioni.

Ancora, molte ricerche rivelano come il concetto di *evoluzione* delle specie sia spesso concepito come risultato di cambiamenti del singolo organismo durante la sua vita, ereditabili ai figli. Ciò corrisponde a quello che Michelene Chi (2008 in *Ibidem*) chiama *processo sequenziale*: un processo che ha una sequenza temporale definita, un inizio e una fine, in cui gli agenti svolgono ruoli e azioni distinti e sono mossi da

intenzionalità. Sempre ricorrendo alla terminologia di Chi, la teoria dell'evoluzione è invece un *processo emergente*, di cui “non è possibile identificare un inizio e una fine né una sequenza temporale; ci sono molte azioni compiute simultaneamente con molteplici agenti con ruoli simili. Il risultato complessivo non è intenzionalmente prodotto dagli agenti coinvolti” (Berti, 2014, p. 70).

Secondo la studiosa americana, molte misconcezioni di concetti centrali nelle discipline scientifiche derivano proprio dal fatto “che molti studenti non possiedono il concetto di processo emergente, e interpretano tutti i processi come se fossero invece sequenziali” (Chi, 2008, Chi et al., 2009 in *Ibidem*). Un ostacolo a cui anche gli adulti non sono estranei, insegnanti compresi.

### **Tendenze innate della mente umana**

Altri autori (Evans, 2000 in Berti, Toneatti, 2011-2014) (Giroto, Pievani, Vallortigara, 2016) sottolineano il ruolo di predisposizioni o *bias* connaturati alla mente umana fin dalla nascita o emergenti nella prima fanciullezza e che permangono anche nel pensiero adulto. Gli autori sostengono che questi *bias* da un lato favoriscono la formazione di misconcezioni sui meccanismi dell'evoluzione, dall'altro rendono più facile accettare e comprendere le teorie creazioniste.

### **Intenzionalità e Tendenza teleologica.**

Una di queste tendenze, la tendenza teleologica o “teleologia promiscua” (Kelemen, 1991, in Giroto, Pievani, Vallortigara, 2016) era stata osservata nei bambini già da Piaget nel 1926, che con il nome di “finalismo” descriveva l'inclinazione a vedere il mondo per scopi e progetti. Infatti, “i bambini sembrano propensi ad attribuire finalità non solo gli artefatti umani (le forbici sono per tagliare) e alle parti di esseri viventi (l'occhio è per vedere), ma anche a fenomeni ed oggetti naturali non viventi (le nuvole sono per la pioggia)” (Giroto, 2008, p 59). Vedere le cose come frutto di uno scopo o di un bisogno ben si concilia con le spiegazioni lamarckiane dell'evoluzione per cui l'organismo si trasforma per rispondere ai bisogni indotti dall'ambiente, rendendo così plausibili ed intuitive alcune misconcezioni (ad esempio, le giraffe hanno sviluppato un collo lungo per raggiungere le foglie sugli alberi più alti).

Inoltre, la mente umana tenderebbe ad un'iper-attribuzione delle caratteristiche di agente e questo induce a pensare “che gli eventi non solo abbiano uno scopo ma

siano causati da un agente intenzionale” (Smith, 2009, p. 548). Se a queste dotazioni cognitive aggiungiamo che i bambini appaiono “teisti intuitivi” (espressione di Kelemen, 2004, in Girotto, Pievani, Vallortigara, 2008), ovvero tendono ad attribuire il ruolo di questo progettista ad un’entità non umana o comunque simil-umana, anche la forza del potere persuasivo della spiegazione creazionista appare comprensibile. Siamo portati a credere che al meccanismo intricato, magnifico e perfetto del mondo sia insita la stessa intenzionalità progettuale di un mastro orologiaio alle prese con i suoi artefatti di pregiata fattura, se vogliamo riprendere la metafora di Wiliam Paley (1785). Progettata per prevedere intenzioni, per associare la complessità di un sistema all’esistenza di un progetto e la funzione di un organo ad un fine, la nostra mente fatica credere che la vita, così complessa ed improbabile, si sia evoluta naturalmente attraverso il cieco meccanismo automatico della sopravvivenza differenziale delle varianti casualmente emerse all’interno di una popolazione di individui (Dawkins, 1986).

### **Essenzialismo**

Secondo numerose ricerche di psicologia cognitiva, fa parte del nostro retaggio biologico anche l’essenzialismo psicologico. Il pensiero *essenzialista*, consiste nell’assumere che ogni categoria di esseri viventi abbia una propria “essenza”, una caratteristica invisibile che accumuna i membri e che ne spiega le somiglianze. Una sorta di natura interna che definisce l’identità del singolo ente nella e dalla categoria di appartenenza, nonostante i cambiamenti cui è soggetto nel corso della sua vita (ad esempio dal seme all’albero maestoso, dall’infante alla persona adulta).

Alcune manifestazioni innocue dell’essenzialismo le ritroviamo nel compratore che paga a caro prezzo un oggetto appartenuto ad un personaggio importante come se fosse imbevuto della sua essenza (Gelman, 2004), o nel bambino che costretto a scegliere tra il suo orsacchiotto di peluche e la sua copia perfettamente identica pretenderà sempre l’originale, sempre in virtù della sua essenza. È una tendenza sicuramente utile nel guidare la conoscenza del mondo biologico. Ma se trasferito al mondo umano, può prendere derive insidiose e sorreggere l’idea dell’esistenza di “tipi umani”, di “razze” che differiscono l’una dall’altra in modo cospicuo, portando al razzismo.

L'essenzialismo in biologia induce a pensare che le specie siano costanti e le variazioni marginali, accidentali (*Ibidem*). E l'idea che le specie abbiano caratteristiche essenziali ed immutabili nel tempo ben si concilia con l'origine delle specie del paradigma creazionista, secondo il quale ognuna di esse è comparsa separatamente dalle altre ed è rimasta uguale dai tempi della creazione. L'essenzialismo alimenta inoltre alcune delle misconcezioni dell'evoluzione: essa porta gli studenti a credere che l'evoluzione operi sull'essenza dell'intera specie e non nei singoli membri per effetto di meccanismi casuali (Thagard, Findlay, 2009) e limita la comprensione dell'origine di nuove specie da specie preesistenti. Inoltre, favorisce la visione che ci siano dei cambiamenti che sono indotti dall'ambiente e che si presentano in maniera uguale in un certo momento del tempo in tutti gli individui che fanno parte di una specie.

In conclusione, prendere atto dell'esistenza di queste predisposizioni biologiche e di come si siano evolute può aiutare gli insegnanti dei vari gradi scolastici a trattare in classe l'evoluzione con maggior consapevolezza ed efficacia.

### **3.2 Ambiguità delle fonti d'informazione**

Anche i fattori contestuali rientrano a pieno titolo nelle cause delle diffuse misconcezioni dell'evoluzione. Come avrò modo di approfondire nel paragrafo successivo, i bambini possono ricevere informazioni fuorvianti in materia di evoluzione dalla famiglia ai mass media e da libri divulgativi (Zohar, Ginossart, 1998 in Berti, Toneatti, 2011/2014), ma anche dagli insegnanti e dai libri di testo.

Riguardo a quest'ultimi, una ricerca sui testi scolastici italiani delle scuole elementari ha mostrato che essi parlano di evoluzione e adattamento fornendo esempi con linguaggio teleologico e antropomorfo senza darne una definizione completa o senza esplicitare i vari passaggi del cambiamento, il che può dare adito a fraintendimenti. In sostanza: “una trattazione breve, superficiale e soprattutto descrittiva, non consente di introdurre teorie e spiegazioni, e può facilmente trasmettere in modo esplicito o suggerire implicitamente alcune misconcezioni” (Berti, Toneatti, 2011/2014, p. 33). Alcune affermazioni presenti in questi testi testimoniano la presenza di misconcezioni nei loro stessi autori. Per esempio, suggeriscono che il passaggio dai

pesci agli anfibi sia dovuto a “un cambiamento di comportamento, cioè l’abbandono dell’acqua per la terra e ai processi psicologici ad esso concomitanti”, e che “le caratteristiche morfologiche che hanno reso possibili questi nuovi comportamenti e i processi da cui sono state a propria volta prodotte siano una conseguenza della vita in terraferma” (*Ibidem*, p. 36).

#### **4. Ostacoli emotivi all’accettazione della teoria dell’evoluzione**

La teoria dell’evoluzione non è solo controintuitiva e difficile da comprendere, ma è anche meno consolante da accettare (cioè da ritenere vera) rispetto alla visione creazionista.

Le spiegazioni sull’origine delle specie affini al buon senso e alla religione sono infatti non solo più familiari ma anche più attraenti dal punto di vista emotivo, risultando più facili da abbracciare: “le persone sono inclini ad accettare le credenze che si adattano ai loro obiettivi, e a rifiutare le credenze che sono in conflitto con i loro obiettivi” (Thagard, Findlay, 2009, p. 628). Ci sarebbero quindi anche profonde motivazioni alla radice del rifiuto: “la gente non pensa semplicemente che l’evoluzione per selezione naturale sia falsa: vuole che sia falsa” (*Ibidem*). La teoria dell’evoluzione suscita reazioni accese, le convinzioni errate più ancorate e ostinate, tanto da fomentare vere ostilità a livello personale e crociate a livello sociale (pensiamo ai movimenti antievoluzionistici).

Perché le persone indietreggiano davanti alle spiegazioni evolucionistiche, soprattutto quando riguardano la specie umana? Secondo Thagard e Findlay, esse si sentono minacciate da una concezione della specie umana svestita della sua posizione privilegiata, ontologicamente superiore a quella di tutto il resto del mondo animale. Inoltre, devono fare i conti una prospettiva della morte meno consolante e con una concezione del libero arbitrio che deve scendere a patti con le forze biologiche che ci muovono generate dall’evoluzione. Per gli autori, le persone temono una potenziale compromissione della sfera della spiritualità e moralità con la conseguente percezione di perdita di senso dell’esistenza stessa.

Se le questioni sollevate dalla teoria darwiniana sono talmente profonde da dare uno scossone alle fondamenta del senso stesso della nostra esistenza e del nostro posto nel mondo, ne capiamo le ripercussioni che ancora oggi, dopo quasi duecento anni, esercitano nella storia del pensiero, nel confronto tra uomo e natura, creazionismo e naturalismo. Thagard e Findlay considerano nel loro articolo che: "gli studenti possono non solo vedersi di fronte a una scelta cognitiva tra due teorie concorrenti dell'origine delle specie, ma anche di fronte a una scelta emotiva tra due sistemi di valori concorrenti" (p. 637).

Lo scetticismo di alcuni studenti sull'evoluzione umana avrebbe le sue radici secondo Allchin (1991) in questioni relative al comportamento e alla moralità, o meglio in quello che Thagard e Findlay chiamano *appealing package*: credenze in Dio, anima, morale, libero arbitrio. Darwin stesso (1871) provò ad indagare l'argomento dedicandovi degli scritti, ma le sue considerazioni certo non concorrono a definirlo un darwinista sociale, né la sua teoria comporta il nichilismo etico temuto da alcuni.

Non mi addentro ulteriormente nel problema dei rapporti tra scienza e morale, o tra scienza e fede. Riporto invece il focus del discorso sulle credenze personali, da cui derivano anche i giudizi morali, e a come esse possano fraporsi all'accettazione di una teoria scientifica.

Ci possiamo chiedere se questi fattori emotivi possano contribuire non solo alla mancata accettazione ma anche all'errata comprensione della teoria dell'evoluzione. Negli USA alcune ricerche su questo tema indicano che le credenze religiose professate, in particolare il fondamentalismo evangelico, incidono negativamente nella comprensione ed accettazione della teoria evolutiva. In generale, per quanto riguarda la relazione tra comprensione e accettazione, le numerose ricerche svolte hanno dato risultati contraddittori (Smith, 2010).

In mancanza di una reale comprensione, cosa spinge ad abbracciare la teoria dell'evoluzione? Secondo Girotto la credibilità della fonte dell'informazione: è più facile crederci se proposta da una figura di cui si ha fiducia, che ricopre un ruolo riconosciuto come può esserlo l'insegnante. Non solo gli adulti, "anche i bambini sono condizionati da chi dà quell'informazione nel valutarne l'attendibilità o meno e per esempio manifestano la tendenza a fidarsi delle persone che sembrano avere maggiori conoscenze oppure a preferire una fonte che si mostri sicura rispetto a una titubante"

(Giroto, 2008, p 61). La difficoltà può insorgere quando le persone considerate fonti autorevoli di conoscenza veicolano idee diverse: da un lato una visione scientifica, la teoria dell'evoluzione, proposta dall'autorità scolastica, dall'altro una visione alternativa e diffusa, quella religiosa, che poniamo ad esempio sia sostenuta dai genitori. Di fronte a questo conflitto è probabile che l'autorità prevalente sia proprio quella primaria della famiglia, le cui idee sono tra l'altro percepite come più naturali ed intuitive.

Gli studenti come possono risolvere il conflitto tra ciò che sentono dire a casa e a scuola o a catechismo? Se l'argomento è particolarmente caldo in USA (Frazzetto, 2004), in Italia la questione appare ridimensionata, in quanto la chiesa cattolica si è esposta accettando l'evoluzione, ad eccezione dell'anima umana che resta opera di Dio (Papa Pio XII, 1950 in Berti, 2015).

Ci possiamo chiedere qual è il ruolo in tutto questo delle scienze dell'educazione e se e in che modo gli insegnanti possano intervenire in classe. Thagard e Findlay (2009) hanno elencato diverse strategie d'intervento per conciliare i due punti di vista, scientifico darwiniano e religioso creazionistico. La prima è la posizione relativista dell'approccio postmoderno, secondo la quale scienza e religione, entrambe costruzioni sociali, convivono una accanto all'altra veicolando due visioni del mondo non concorrenziali. Una seconda possibilità è quella di assegnare scienza e religione a regni separati: la scienza governa nel regno dei fatti e delle prove, la religione in quello della moralità e del significato. *L'evoluzione teistica*, l'approccio di riconciliazione che va per la maggiore, mantiene il disegno divino limitandolo alla creazione dell'universo da cui poi le specie sono derivate secondo l'evoluzione. Secondo Thagard e Findlay quest'ultimo può essere un metodo valido per arginare il conflitto diretto e per mettere gli studenti in posizione meno difensiva. Infine, il confronto fra scienza e religione porterebbe la prima a sostituire la seconda. Thagard propone un sistema morale alternativo a quello offerto dalla religione, ritenendo quest'ultima non indispensabile nel dare senso alla vita.

Alcuni autori (Alters, Nelson, 2002; Smith, 2010) ritengono invece che la scienza non possa o non debba prendere posizione su ciò che concerne la visione del mondo soprannaturale, non potendola smentire in modo decisivo. La comprensione della teoria dell'evoluzione è un obiettivo d'istruzione riconosciuto e da perseguire, ma Smith (2010) mette in dubbio che in un'aula scolastica di una società democratica

l'insegnante debba mirare al cambiamento delle convinzioni personali non scientifiche e farne criterio di valutazione. Il suo compito non dovrebbe essere quello di sminuire la religione ma di fornire agli studenti gli strumenti per trovare un terreno comune nella dicotomia. Infatti, se l'obiettivo è ottimizzare la comprensione e l'accettazione della spiegazione evoluzionistica, cadere nello scientismo e predicare la visione scientifica in modo dogmatico potrebbe essere controproducente, inasprando le resistenze, in particolare nelle aule con studenti che hanno visioni del mondo religiosamente conservatrici.

La posizione di Smith appare vicina a quella che Thagard e Findlay chiamano strategia della riconciliazione:

forse la cosa più importante è convincere gli studenti che la scienza, religione, filosofia, arte, ecc. sono modi diversi di conoscere. Uno non è superiore all'altro in tutte le situazioni e se una persona ne accetta una non deve necessariamente rifiutare le altre (Smith, 2010, p.561).

Ecco che per l'insegnante diventa utile affrontare direttamente in classe le visioni del mondo e le concezioni precedenti degli studenti in merito all'evoluzione, incoraggiandoli a considerare le loro posizioni personali in merito al rapporto tra scienza e concezioni alternative e aiutandoli a capire cosa ha da dire la scienza sul mondo naturale e le prove che la supportano.

## CAPITOLO TERZO

### 1. Insegnamento e cambiamento concettuale

Secondo la visione di Piaget le abilità cognitive e di ragionamento del bambino procedono secondo una sequenza di stadi di sviluppo dell'intelligenza universale e invariante. Le differenze individuali che emergono riguardano la velocità con la quale viene percorsa questa sequenza, influenzata dal contesto sociale più o meno favorevole. Nell'adattamento all'ambiente circostante, la teoria stadiale di Piaget prevede due processi cognitivi elementari: *assimilazione* e *accomodamento*. Il primo avviene quando usiamo i nostri schemi esistenti per comprendere gli eventi del mondo, in altri termini quando inseriamo la nuova informazione nel contesto che già sappiamo. Per accomodamento, invece, si intende il processo per cui, per rispondere ad una nuova informazione, siamo costretti ad alterare lo schema preesistente o a crearne di nuovi (Woolfolk, 2016). Questo avviene quando una persona avverte che i suoi processi di pensiero sono inadeguati per comprendere una situazione o risolvere un problema.

La teoria del cambiamento concettuale da una parte possiede elementi di continuità con la visione piagetiana, in quanto sostiene che l'intervento didattico deve essere calibrato alle strutture mentali degli alunni, dall'altra se ne distacca considerando le strutture cognitive come "reticoli di concetti e credenze interrelati, ponendo l'accento sui contenuti di pensiero anziché sulla forma" (Berti, 2002, p. 33), ovvero su sistemi di credenze e concetti in essi compresi anziché sulle operazioni intellettuali.

Il *cambiamento concettuale*, espressione usata per prima da Susan Carey (1985 in Berti, 2002), è un processo di abbandono di antiche credenze a seguito di nuove rivoluzionarie acquisizioni (così come avviene nel contesto scientifico rispetto alle scoperte innovative). Similare all'accomodamento piagetiano, è quindi una revisione e riformulazione di credenze e concetti attuata dalle persone quando incontrano profonde divergenze tra le informazioni già in loro possesso e le nuove, scientifiche.

L'approccio introdotto dalla Susan inaugurò un fertile filone di ricerche; in ambito educativo e della psicologia evolutiva "è nato, in modo indipendente, un approccio simile a questo, ad opera di studiosi interessanti all'insegnamento delle scienze" (*Ibidem*, p. 21). I ricercatori, pedagogisti e psicologi dello sviluppo, hanno perlopiù indagato le concezioni spontanee pregresse degli studenti, o *teorie ingenue, alternative, del senso comune*, e la loro relazione con le teorie scientifiche, introdotte in contesto formale. Hanno quindi condotto le loro indagini sulle credenze e conoscenze in possesso degli studenti, in modo da appurare quali nozioni sono mancanti o scarsamente organizzate e quali sono errate, deformate o in opposizione alla conoscenza scientifica, al fine di calibrare e organizzare il materiale e l'intervento didattico. Se il senso comune e le sue strategie consentono la risoluzione di problemi quotidiani, il pensiero scientifico comporta l'apertura verso ulteriori interrogativi e controversie da risolvere stimolando, di fatto, il processo di cambiamento concettuale. Strike e Posner (1982, in *Ibidem*) sottolineano come affinché il cambiamento concettuale si compia è importante si creino alcune condizioni:

- stimolare nel discente un senso d'insoddisfazione per le credenze preesistenti;
- facilitare connessioni e collegamenti tra teorie nuove e conoscenze pregresse per facilitare la comprensione;
- garantire la plausibilità delle nuove informazioni alternative per favorirne l'accettazione oltre che la comprensione;
- far capire che la nuova concezione è un arricchimento che facilita e migliora la comprensione della realtà.

Partendo da questi presupposti, i due autori sottolineano che la comprensione di una nuova informazione è fortemente influenzata dall'ecologia mentale, ovvero l'ambiente mentale della persona. Questo include non solo le nozioni attinenti all'ambito dei fenomeni che si vogliono insegnare (per esempio, l'origine delle specie), ma tutte le conoscenze, incluse le credenze, che possono essere pertinenti (per esempio, i numeri che aiutano a rappresentare i grandi intervalli di tempo). Da questa prospettiva, è fondamentale che l'insegnante conosca le concezioni già presenti negli alunni, ad esempio facendole emergere attraverso la discussione nella classe, per poter stabilire modalità e tempi adeguati all'acquisizione di nuove conoscenze. L'influenza del sistema di conoscenze ingenuo sui processi di acquisizione e apprendimento è, quindi, alla base

del processo didattico e caratterizza il contesto educativo nel quale si muove lo scambio di sapere tra allievi ed insegnante (Martini, 2002).

Ma cosa accade quando lo studente di trova di fronte a dati e informazioni che si discostano molto dalla sua credenza di base? Chinn e Brewer (1993 in *Ibidem*) hanno classificato sette reazioni possibili degli studenti quando incontrano informazioni che discordano dalle loro concezioni (“dati anomali”):

- ignorare e non considerare, anche inconsapevolmente, i “dati anomali”;
- considerare i “dati anomali” ma ritenerli non validi e dunque rifiutarli;
- riconoscere la validità del “dato anomalo” ma considerarlo non pertinente alla teoria di cui si sta discutendo;
- riconoscere la validità del “dato anomalo” ma isolarlo e sospenderlo in attesa di poterlo integrare nelle proprie concezioni;
- reinterpretare il “dato anomalo” in modo da renderlo integrabile e coerente con la propria concezione;
- accettare il “dato anomalo” come valido ma apportare limitate modifiche alle proprie concezioni;
- trasformare sostanzialmente e totalmente la propria concezione.

Quest’ultima possibile risposta dello studente, posto di fronte ad un dato incoerente con il suo sistema di convinzioni, è quella che lo assimila nel funzionamento di pensiero allo scienziato; l’uomo di scienza è pronto, posto di fronte ad argomentazioni valide e comprovate, a mettere anche radicalmente in discussione le proprie convinzioni teoriche. Per consentire all’alunno di compiere tale rivoluzionario cambiamento è fondamentale la gradualità e il rispetto della propedeuticità delle informazioni trasmesse didatticamente; fornire una cornice teorica e uno sfondo concettuale costituisce la premessa affinché informazioni nuove vengano integrate e vissute come attendibili. Al contrario, possono presentarsi fenomeni di *compartimentalizzazione* delle informazioni, cioè separazione tra quello che si apprende a scuola e concezioni che guidano la vita quotidiana. È stato altresì rilevato come gli studenti abbiano la tendenza a tenere fuori dall’ambiente scolastico le loro misconcezioni e come questo abbia come risultato la creazione di concetti *ibridi* e confusi (Donovan, Bransford, 2005).

Ricapitolando, le misconcezioni hanno spesso origine dall’integrazione di una nuova informazione, per quanto corretta, in un pattern concettuale contenente malintesi (Alters, Nelson, 2002). In altri termini, la difficoltà di insegnare concetti nuovi ai

bambini non risiede tanto nelle informazioni che non possiedono quanto in quelle che hanno precedentemente acquisito, ovvero nei loro schemi concettuali spontanei e alternativi. Tali preconcezioni sono spesso rigidi e impermeabili ai processi tradizionali di insegnamento e ostacolano l'acquisizione di informazioni nuove e corrette: proprio lo studio di queste misconcezioni è oggetto di interesse del filone del cambiamento concettuale.

## **2. Le concezioni dei bambini delle elementari sull'origine delle specie**

Numerosi studi, in più Paesi, hanno esaminato le idee dei bambini sull'origine delle specie e la possibilità di insegnare loro la teoria dell'evoluzione. Margaret Evans (2000), sostiene che i *bias* di precoce formazione (essenzialismo e pensiero teleologico) e i limiti cognitivi determinati dalla fase di sviluppo del bambino abbiano un ruolo importante nella comprensione o meno dell'evoluzione.

Altri studiosi (Kelemen et al, 2014, Nadelson et al, 2009) ritengono che i bambini della scuola primaria possano già affrontare lo studio dell'evoluzione se adeguatamente istruiti.

La ricerca di Kelemen (2014) evince che i bambini dai 6 ai 10 anni arrivano in classe già in possesso di teorie spontanee, costruite seguendo la loro naturale predisposizione a spiegarsi i fenomeni naturali. Già alla scuola dell'infanzia, i bambini conoscono alcuni fatti biologici "isolati" che potrebbero sostenere l'apprendimento dell'evoluzione, "per esempio, sanno che le parti del corpo svolgono funzioni per la sopravvivenza, [...] che gli animali hanno bisogno di cibo per rimanere sani e vivi [...], e che i figli tendono ad assomigliare ai loro genitori naturali" (p. 894). "Ciò che non possiedono è un'alternativa ai modi comuni di combinarli" (*Ibidem*), ovvero una teoria scientifica alternativa in grado di integrare le loro informazioni frammentarie in una cornice coerente e di prevenire lo sviluppo e il radicamento di idee sbagliate. Inoltre, insegnare già alle elementari la teoria dell'evoluzione darebbe agli alunni "maggiore probabilità di sviluppare concetti accurati su cui costruire una comprensione più profonda man mano che progrediscono nella loro educazione" (Nadelson, 2009, p. 470).

Non mi addentro nella questione se sia conveniente o meno introdurre l'insegnamento della teoria dell'evoluzione alla scuola primaria. Presento invece alcune ricerche che hanno indagato le idee dei bambini sull'origine delle specie prima, dopo o in assenza di un esplicito insegnamento.

## **2.1. Teorie ingenuie dei bambini: alcune ricerche svolte negli USA**

La psicologa statunitense Margaret Evans (2000 in Berti, Toneatti, 2011/2014) ha indagato le concezioni sull'origine delle specie in un gruppo di bambini, ottenendo risposte diverse in base all'età. Seguendo come parallelismo la sequenza del pensiero artificialista piagetiano, i bambini più piccoli non si pongono ancora il problema dell'origine e di fatto sembrano confondere l'origine di una specie con la nascita individuale. A 5-7 anni sono le risposte di "generazionismo spontaneo" a prevalere, ovvero "l'idea che gli esseri viventi possono nascere dalla materia non vivente" (Roger, in Evans, 2001, p. 221). Il bambino, per pensiero analogico, tende a credere che gli esseri viventi e gli oggetti semplicemente compaiono e scompaiono: come il manto erboso che riappare spontaneamente dalla neve sciolta, così le specie non esistono da sempre, ma sono comparse all'improvviso.

A 8-10 anni prevalgono le risposte creazioniste che attribuiscono l'origine delle specie alla creazione divina. Secondo la Evans esse sono in sintonia con il pensiero dei bambini, in cui l'essentialismo e il *bias* teleologico sono dominanti. Con l'accumulo di conoscenze di scienze naturali, in particolare con la conoscenza della metamorfosi, i bambini divengono verso i 10-12 anni più disponibili ad accettare le spiegazioni evoluzioniste. Le risposte evoluzioniste date dai bambini intervistati contenevano misconcezioni lamarckiane, per esempio nominavano tratti morfologici acquisiti nel corso della vita del singolo ereditabili alla progenie. Va precisato, inoltre, che per risposte evoluzionistiche la Evans non intende la comprensione della selezione naturale, quanto dell'origine della specie e del suo possibile cambiamento, l'affermazione che un animale può derivare da un altro ad esso diverso. Evans sostiene che i bambini attraversano una sequenza tipica di cambiamenti dello sviluppo cognitivo che limita, di fatto, la capacità di comprendere l'evoluzione, vincolata fortemente dai *bias* cognitivi. Le risposte evoluzioniste sono sì rese possibili dall'accumulo di conoscenze, ma solo

quando le strutture cognitive sono maturate al punto da permettere il superamento dell'essenzialismo.

In questa ricerca, tuttavia, ai bambini non era stato dato alcun insegnamento dell'argomento in contesto formale. "Non è chiaro, quindi, se le concezioni sbagliate dell'origine delle specie siano derivate da un'incomprensione delle nozioni evolutive dovute all'essenzialismo, alla teleologia e all'intenzionalità o da una mancanza di informazioni rilevanti" (Berti, Toneatti, Barbetta, 2017, p. 230). Inoltre, la Evans non ha chiesto ai bambini in che modo una nuova specie si fosse formata a partire da una diversa.

Un'altra ricerca è stata svolta da Louis Nadelson e collaboratori (2009) con l'obiettivo di analizzare la capacità dei bambini delle elementari di apprendere concetti complessi quali la speciazione e l'adattamento, se proposti in modo semplificato e calibrato al livello di sviluppo. Essi hanno sperimentato un intervento che prevedeva l'esplorazione delle somiglianze e delle differenze negli organismi, comparando l'anatomia di un uccello attuale e l'*Hesperornis*, un uccello estinto vissuto nel tardo Cretaceo.

Le lezioni erano così strutturate: attività di apertura con domande rivolte all'intera classe per indagare le conoscenze che i bambini possedevano sugli uccelli, argomento a cui era dedicato l'intervento; divisioni dei bambini in piccoli gruppi per costruire un modello che riproducesse l'animale richiesto; riproduzione grafica individuale del modello. La discussione riguardava gli uccelli odierni. I bambini avevano studiato da poco l'argomento a scuola; quindi, disponevano di una conoscenza di base tale da includere non solo parti anatomiche come le ali, i piedi, becchi, occhi e piume ma anche "ossa cave" e "sacchi d'aria". Nominarono anche comportamenti come "volare", "nuotare", "mangiare" e "fare nidi" (*Ibidem*, p. 467). Una volta appurate le conoscenze già in possesso dei bambini si chiedeva di integrarle con le nuove informazioni ricavate dalle lezioni e di utilizzarle in una situazione nuova, ovvero nella costruzione di un modello di un uccello con i materiali di riciclo a disposizione. I prodotti dei bambini mostravano la maggior parte delle caratteristiche principali associate agli uccelli volanti. I ricercatori hanno osservato che "i bambini erano più attenti ad alcune caratteristiche, come becchi, ali e code, rispetto ad altre, come occhi, zampe e collo" (p. 467). Ipotizzarono, dunque, che gli studenti fossero più propensi a

riconoscere le somiglianze e le differenze proprio tra queste strutture anatomiche esterne. Infine, ai bambini fu chiesto di disegnare l'animale nel suo habitat naturale.

Le stesse attività furono riproposte avendo come oggetto di studio gli uccelli acquatici, iniziando la lezione con una discussione di gruppo in cui furono vagliate differenze e somiglianze con gli uccelli non acquatici analizzati in precedenza. Nella fase di costruzione del modello, si è chiesto ai bambini di modificare il modello di uccello volante realizzato nelle lezioni precedenti in modo che assumesse le fattezze di un uccello acquatico. Dall'analisi dei modelli e dei disegni individuali emersero delle differenze, riguardanti in particolare il becco e le zampe palmate. Inoltre, "circa la metà degli studenti è stata in grado di comunicare che gli uccelli acquatici hanno un aspetto diverso ma mantengono molte delle stesse caratteristiche degli uccelli non acquatici" (p. 468).

Infine, i ricercatori e l'insegnante mostrarono un'illustrazione e un modello del cranio fossilizzato dell'*Hesperornis*, uccello ormai estinto, e chiesero agli alunni di identificare somiglianze e differenze rispetto agli uccelli odierni, volatili e acquatici. Nel confronto di gruppo vengono nominate caratteristiche anatomiche come "i piedi palmati, destinati ad essere usati per remare invece di camminare o appollaiarsi, e le ali vestigiali, inutilizzabili per il volo" (p. 468). Hanno discusso inoltre alcuni tratti o comportamenti, come la limitata mobilità terrestre o la possibilità di nascere vivi invece di nidificare e deporre le uova, chiedendosi come possano essere cambiati nel tempo. Dopo la creazione dei modelli e le attività di disegno, agli studenti fu proposto un esercizio finale: selezionare da un elenco le caratteristiche simili o diverse tra gli uccelli antichi e quelli viventi. La lista includeva le caratteristiche sopra citate, "come l'avere becchi, piume e ali e comportamenti come camminare, fare il nido e deporre le uova" (p. 468). L'attività fu completata correttamente dalla gran parte degli studenti.

Nadelson e collaboratori considerano la ricerca un successo: dall'analisi dei prodotti dei bambini evincono che "la maggioranza ha raggiunto gli obiettivi delle lezioni e, attraverso l'espressione di somiglianze e differenze, ha comunicato una certa comprensione fondamentale della speciazione e dell'adattamento" (p. 469).

Anche la ricerca di Deborah Keleman (2014), svolta a Boston, mirava ad indagare la comprensione della selezione naturale nei bambini dai 5 agli 8 anni una volta insegnata loro in termini semplici ma sufficientemente completi. I partecipanti

della ricerca furono divisi in due gruppi in base all'età, un gruppo di bambini di 5-6 anni e l'altro di 7-8 anni; riporterò lo svolgimento e i risultati dell'indagine di quest'ultima fascia d'età, in quanto corrisponde alla classe III delle scuole elementari italiane, che è l'oggetto della mia tesi. La ricerca era articolata in due interventi, proponendo due narrazioni differenti riguardanti l'evoluzione allo stesso campione di partecipanti. Nel primo intervento, con l'ausilio di un albo illustrato, la ricercatrice proponeva il caso di una rapida selezione naturale in un ordine di mammiferi, i Pilosa, che subì un'improvvisa estinzione a causa di un estremo cambiamento climatico e della conseguente difficoltà nel reperire insetti, la loro unica fonte di cibo. La narrazione si focalizzava sul cambiamento anatomico del tronco della popolazione Pilosa: nel corso delle generazioni, attraverso il fenomeno della riproduzione differenziale, i tronchi sottili divennero predominanti rispetto a quelli spessi. Nella spiegazione data ai bambini furono introdotti i concetti della selezione naturale: “variazione dei tratti all'interno di una popolazione, cambiamento dell'habitat e delle fonti di cibo in risposta a bruschi cambiamenti climatici, sopravvivenza a causa dell'accesso differenziale al cibo, riproduzione differenziale dovuta alla salute differenziale, eredità dei tratti, e il cambiamento della frequenza dei tratti su più generazioni” (Keleman, 2014, p. 3). In questa prima parte della ricerca, la maggior parte del libretto era dedicata alla descrizione dell'adattamento della popolazione iniziale e nella sua immediata progenie. Si raccontò ai bambini che, a causa del repentino cambiamento climatico e della conseguente difficoltà di reperire il cibo, i Pilosa portatori di tratti svantaggiosi erano morti ed era avvenuta una selezione naturale rapida. Questo in risposta alla preoccupazione della ricercatrice che una scala temporale più estesa sarebbe stata maggiormente ostica da concepire per i bambini. Nel secondo intervento condotto con gli stessi bambini, la storia era più dettagliata e richiedeva maggior sforzo di comprensione: si spiegò che gli animali con il tratto più svantaggioso diminuirono gradualmente nel corso di molte generazioni. Inoltre, il libro esplicitava che i tratti ereditati mostrati dalla prole alla nascita non cambiavano durante la vita di un individuo in risposta all'emergere di nuovi bisogni.

Le risposte date dai bambini alle domande, chiuse e aperte, poste dalla ricercatrice furono valutate in una scala di quattro livelli:

Livello 0: "Nessun fatto isolato", quando i bambini non avevano compreso l'evoluzione e i suoi meccanismi.

Livello 1: "Fatti isolati ma nessuna comprensione della selezione naturale", assegnato quando i bambini dimostravano una conoscenza sufficiente di fatti isolati ma nessuna teoria della selezione naturale basata sulla popolazione.

Livello 2: "Base per la comprensione della selezione naturale", assegnato quando le risposte aperte descrivevano accuratamente l'adattamento che si verifica come risultato della sopravvivenza differenziale causata dall'accessibilità o meno del cibo (ad esempio, "quelli con il tronco largo sono morti perché non potevano raggiungere il cibo").

Livello 3: "Comprensione della selezione naturale in una generazione", assegnato quando i bambini dicevano che gli animali con tratti vantaggiosi avevano avuto più figli di quelli con tratti svantaggiosi (ad esempio, "i tronchi più sottili erano abbastanza sani per avere figli") o che gli animali con tratti svantaggiosi avevano meno figli di quelli con tratti vantaggiosi. Si limitavano, però, ad una sola generazione.

Livello 4: "Comprensione della selezione naturale in più generazioni", era assegnato ai bambini che dicevano che animali con caratteristiche vantaggiose riuscivano ad arrivare all'età adulta e ad avere dei figli (ad esempio, "i loro figli hanno avuto figli") o, al contrario, che i figli di animali con tratti svantaggiosi avrebbero avuto nulla o scarsa progenie. La riproduzione differenziale si verificava dunque su più generazioni (p. 4).

Alle domande che chiedevano di spiegare il cambiamento della specie, i bambini spesso rispondevano in modo laconico o ricorrevano a termini come "evolvere" e "adattarsi" senza dilungarsi. Gli sperimentatori in questi casi li incoraggiavano ad approfondire l'argomentazione, così da svelare eventuali concezioni errate oppure una maggior competenza. Le misconcezioni emerse, catalogate nel livello 0 o 1, affermavano perlopiù che gli individui della specie Pilosa avevano acquisito tratti vantaggiosi, come la larghezza ridotta del tronco, nel corso della loro vita in risposta al bisogno sollecitato dall'ambiente.

L'indagine ottenne risultati incoraggianti: i bambini mostrarono di aver una maggior comprensione della selezione naturale rispetto al pre-test, riuscendo ad integrare le conoscenze che già disponevano dell'argomento in una teoria coerente

riguardante una popolazione. La percentuale di bambini con una conoscenza sufficiente dei fatti isolati (livello 1 e superiore) aumentò dal 57% al 93%; quella dei bambini che con comprensione associabile al livello 3 e 4 salì dal 9% al 48% (p. 6). Confrontati con il gruppo di 5-6 anni, “i bambini di 7-8 anni mostrarono abilità particolarmente robuste nel sopprimere qualsiasi idea alternativa di senso comune e nel padroneggiare il compito richiesto, in modo tale da poter astrarre e trasferire il meccanismo evolutivo a specie marcatamente diverse” (p. 9).

## **2.2. Teorie ingenuie dei bambini: una ricerca italiana**

Sebbene non presente nel curriculum dalle Indicazioni nazionali per il curriculum, l'evoluzione degli animali è tradizionalmente trattata nelle scuole elementari italiane a partire dalla classe III, che si mostra quindi terreno fertile per sperimentare gli effetti dell'istruzione esplicita. Berti, Barbeta e Toneatti (2017) hanno condotto un'indagine per esplorare non solo la possibilità di comprensione nei bambini dell'evoluzione in sé ma anche della selezione naturale. Con la collaborazione dell'insegnante di classe e di una dottoranda in biologia evolutiva, le ricercatrici hanno proposto ai bambini un curriculum che introduceva nuovi contenuti rispetto a quelli solitamente insegnati (per esempio il DNA nelle cellule e il ruolo delle mutazioni nella variazione individuale), e trattando l'evoluzione anche nei suoi meccanismi, ritenuti i più difficili da afferrare cognitivamente e sede delle più frequenti misconcezioni. La scelta di proporre le nozioni di DNA e di mutazione si basava dagli studi che mostrano che i bambini già in età prescolare “assumono che gli esseri viventi hanno proprietà invisibili che determinano la loro identità individuale e la categoria a cui appartengono, anche se non ne conoscono il contenuto” e “hanno concezioni su entità e processi non visibili, come germi, ossigeno e contaminazione” (p. 223). Queste concezioni secondo le ricercatrici aiuterebbero i bambini a porre le basi per una sempre più corretta comprensione dell'evoluzione e dei meccanismi con cui opera, arginando le misconcezioni lamarckiane.

Dalle interviste del pre-test, emerse che i bambini avevano sull'evoluzione informazioni frammentarie riguardanti diversi animali, non generalizzabili e non sostenuti da una teoria coerente. Inoltre, i bambini spesso dimostrarono di avere

concezioni erronee dell'argomento, affermando che i cambiamenti avvenivano nel singolo individuo nel corso della sua vita. Tuttavia, furono rilevate nel pre-test misconcezioni lamarckiane, che sembrerebbero quindi “non derivare direttamente da un pregiudizio teleologico che emerge nella prima fanciullezza” (p. 218), come invece sostiene Evans.

Il post-test, effettuato dopo dieci lezioni, mostrò un netto aumento di risposte evoluzionistiche e la riduzione di quelle creazionistiche (in realtà rare sia al pre che al post-test). I bambini sono quindi disposti a cambiare le loro idee in un processo formale di apprendimento e questo “suggerisce che gli ostacoli cognitivi non rendono i bambini così poco ricettivi al concetto di evoluzione e non li orientano verso la costruzione di spiegazioni teleologiche” (p. 231), o almeno che non sono così vincolanti da non poter essere superati. Tuttavia, le ricercatrici constatarono che i bambini avevano imparato l'evoluzione in modo frammentario anche dopo l'insegnamento formale, per esempio commettendo errori nell'esercizio di collocazione degli animali sulla linea del tempo. Essi non menzionarono la selezione naturale nelle interviste, ma un terzo di loro parlò esplicitamente di mutazioni, descrivendole come “cambiamenti che causano differenze tra genitori e figli” (p. 228). In particolare, le ricercatrici riportano l'esempio di un bambino che seppe spiegare la differenza tra mutazione ed evoluzione (nominando anche le cellule): la prima riguarda i cambiamenti tra genitori e figli, la seconda i cambiamenti tra generazioni.

### **3. La comprensione dell'evoluzione e dei suoi meccanismi da parte degli insegnanti**

Una corretta trasmissione dei contenuti didattici può avvenire solo se gli insegnanti per primi li comprendono (Nadelson, 2009). Per questo, numerose ricerche hanno esaminato la comprensione da parte dei docenti di ogni grado scolastico degli argomenti da loro insegnati in aula. I risultati di quelle sin ora svolte mostrano che diverse misconcezioni sono presenti anche negli insegnanti di scuola elementare. Per esempio, le ricerche di Lawrentz (1986) e di Shoon (1995) (citate in Ronchi, 2013) sui fenomeni astronomici hanno rilevato che un numero consistente di docenti della scuola

primaria avevano una comprensione carente dei contenuti che spiegano in classe ai bambini. In particolare, sono emerse concezioni errate sul moto di rivoluzione della Terra, sulle fasi lunari, sul ciclo di-notte e sul ciclo stagionale, simili a quelle degli alunni (*Ibidem*).

Maria Pilar Jiménez Aleixandre (1994), studiosa spagnola di *Science Education*, è stata fra i primi ad interrogarsi su come viene insegnata l'evoluzione e come la comprendono gli insegnanti stessi. Si è chiesta, per esempio, se gli insegnanti indagano le preconoscenze e le credenze alternative dei loro discenti. Se il loro interesse si limita ad una memorizzazione superficiale delle nozioni e definizioni evolutive da parte dei loro alunni, oppure se mirano ad una comprensione profonda, che incoraggia l'apprendimento significativo e implica l'acquisizione di un processo emergente. Ancora, si è chiesta quali siano le aspettative degli insegnanti sulle conoscenze presenti negli alunni e se ritengono sia possibile per loro comprendere l'evoluzione e i suoi meccanismi, dopo un insegnamento calibrato al loro livello di sviluppo. E, infine, se gli insegnanti condividono le medesime difficoltà di comprensione che hanno i loro alunni; se veicolino inconsapevolmente misconcezioni, ricorrendo ad espressioni teleologiche o lamarckiane. In merito a questo, la studiosa spagnola ha interrogato un campione di docenti di biologia di scuola superiore, ponendo loro la seguente domanda:

Il 15% dei bambini in età scolare è stato infestato dai pidocchi tra autunno e Pasqua. La causa esatta della recente epidemia non è nota, dato che l'igiene è migliorata, ma tutto sembra indicare che l'insetticida non abbia più alcun effetto sui pidocchi. Come si spiega il fatto che gli insetticidi hanno colpito i pidocchi alcuni anni fa ma ora non più? (Jiménez Aleixandre, 1994, p. 534).

Gli insegnanti potevano scegliere fra due opzioni di risposta: la prima era la spiegazione darwiniana, presentata in forma essenziale, la seconda era lamarckiana, ben articolata e con termini del settore ma scorretta. Le due risposte ottennero lo stesso punteggio medio, e questo suggerisce che diversi insegnanti si fossero basati su aspetti superficiali dei testi, più che sul loro contenuto, e che le loro idee sull'argomento non fossero molto chiare. Agli insegnanti fu chiesto come avrebbero spiegato in classe il cambiamento degli insetti; i risultati della domanda aperta rivelarono "un piccolo numero di spiegazioni darwiniane e un numero considerevole di risposte lamarckiane o finaliste", così come di non risposte (Jiménez Aleixandre, 1994, p. 527).

In Italia un'indagine con obiettivi simili è stata condotta da De Grandis (2019/2020) che ha esaminato come viene insegnata l'evoluzione e cosa ne comprendono gli insegnanti di scuola primaria. Al questionario on-line hanno risposto 31 insegnanti di alcuni Istituti Comprensivi della provincia di Venezia, con esperienza di insegnamento nelle classi terze o abilitati. Le generalità raccolte rilevano che i partecipanti erano tutti di sesso femminile con due sole eccezioni, con un'età media di 45 anni e con una media di 18 anni di insegnamento. Il questionario presentava cinque categorie di domande, suddivise a seconda del contenuto:

**Argomenti trattati e tempo impiegato:** è emerso che la media di ore dedicate agli argomenti è di 13 ore, distribuite a 2 ore a settimana. Gli insegnanti avevano trattato in classe i seguenti argomenti: comparsa dell'uomo, comparsa dei mammiferi, comparsa dei dinosauri, inizio della vita, estinzione dei dinosauri, Big Bang, comparsa dei rettili, origine della Terra, comparsa degli anfibi, comparsa dei primi organismi pluricellulari, comparsa degli uccelli.

**Concezione del termine *adattamento*, metodologia e strumenti didattici:** molte definizioni di adattamento si riferivano ad un cambiamento in corrispondenza al mutamento ambientale, in alcuni casi non è chiaro se esso avveniva negli individui o nelle specie. I metodi più utilizzati per introdurre l'argomento erano la conversazione con i bambini, incoraggiandoli a porre domande, e l'esperienza pratica. Gli strumenti prediletti erano video e testo scolastico.

**Definizioni del termine *evoluzione*:** gli insegnanti lo hanno definito come cambiamento degli individui e/o specie; come cambiamento per migliorare o aumentare le capacità in risposta ad un bisogno ambientale; come *adattamento* in vista di uno scopo preciso (“per la sopravvivenza”, “per vivere meglio”, “per rispondere ai bisogni primari”).

**Evoluzione degli anfibi dai pesci:** i docenti hanno dato per la maggior parte risposte vaghe, si sono riferiti semplicemente a *adattamento* o hanno parlato di cambiamenti morfologici conseguenti alle condizioni dell'ambiente, offrendo così una spiegazione lamarckiana.

**Comparsa della stazione eretta dell'uomo:** anche a questa domanda diversi insegnanti hanno risposto parlando di *evoluzione* o *adattamento* o di un “passaggio”

necessario per la sopravvivenza, suggerendo che il cambiamento funzionale e morfologico fosse dovuto all'uso e al bisogno, il che corrisponde ad una misconcezione.

In generale, nelle spiegazioni offerte erano presenti diversi errori, permettendo a De Grandis di confermare l'ipotesi di partenza: un numero rilevante di insegnanti di alcune scuole della provincia di Venezia aveva concezioni errate dei concetti chiave della teoria dell'evoluzione.

La mia ricerca si propone di estendere quella condotta da De Grandis, esaminando la comprensione della teoria dell'evoluzione da parte degli insegnanti delle elementari di un'altra provincia veneta. Ho usato questionario simile a quello di De Grandis, a cui ho apportato alcune modifiche indicate nel paragrafo "Metodo" del capitolo che segue. Dalla presente indagine mi aspetto di ottenere dei risultati simili a quelli raccolti dal collega e di riscontrare alcune misconcezioni di tipo prevalentemente lamarckiano e teleologico nelle risposte del mio campione di partecipanti.

# CAPITOLO QUARTO

## La ricerca

### 1. Metodo

#### **Procedura.**

Avendo effettuato la raccolta dei dati nel 2020, la procedura di ricerca è stata inevitabilmente vincolata dalla situazione di emergenza Covid 19. Inizialmente ero orientata a condurre con gli insegnanti delle interviste della durata di circa 30/40 minuti in piattaforma Meet o Zoom, così ho provato a reclutare persone disponibili inviando tramite e-mail una richiesta formale agli Istituti nella provincia di Vicenza, o contattandoli telefonicamente. Ho ottenuto scarso riscontro, se non con tre interviste, di cui due ottenute però grazie al passa parola di alcuni colleghi e conoscenti. Come De Grandis, mi sono vista costretta a sostituire l'intervista semi-strutturata con un questionario on-line: una scelta meno impegnativa dal punto di vista del tempo e (presumo) del coinvolgimento emotivo che mi ha permesso di raccogliere ventiquattro risposte positive. Tuttavia, ad un costo, che avrò modo di esplicitare nel paragrafo conclusivo dedicato a "Limiti e sviluppi futuri". Il questionario è stato costruito ed inoltrato agli insegnanti disponibili con l'ausilio di Google Moduli, dotato della funzionalità di trasferire automaticamente in un foglio di calcolo le risposte ottenute. Sei moduli compilati sono stati raccolti grazie a colleghi che hanno contattato direttamente i maestri di Scuola Primaria di loro conoscenza, i restanti diciotto invece tramite i Presidi degli Istituti che si sono prodigati ad inoltrare il questionario agli insegnanti del Plesso. È in terza elementare che si affronta per la prima volta l'origine della Terra e l'evoluzione dell'uomo fino all'inizio della civiltà: questo motiva la scelta di incentrare la presente ricerca in quest'anno scolastico.

## Il questionario.

Il questionario è composto da domande chiuse a scelta multipla e alcune domande aperte. Il tempo di compilazione poteva variare tra 20 e 25 minuti ed era garantito l'anonimato nelle risposte.

Innanzitutto, per avere un'idea più precisa dei partecipanti, ho richiesto informazioni di carattere anagrafico e generalità riguardanti gli anni di insegnamento:

- Età
- Sesso
- Anni di insegnamento nella Scuola Primaria
- Classe in cui attualmente insegnava
- Quante volte aveva già insegnato storia in III elementare
- Quando era stata l'ultima volta che aveva insegnato in terza.

Ho in seguito proposto degli argomenti solitamente presenti nei sussidiari di III (Berti, Toneatti, 2011/2014) (dal Big Bang alla comparsa della stazione eretta negli ominidi) chiedendo agli insegnanti di indicare quelli che avevano o avrebbero trattato a lezione. L'elenco completo è presentato nella tabella 1.

Veniva poi introdotto il concetto di "Adattamento" attraverso le seguenti domande:

- Nel trattare questi argomenti le è capitato di usare il termine *adattamento* (o *adattarsi*)?
- Se sì, come lo ha definito agli alunni? Può fare qualche esempio?

Il concetto di "Evoluzione", invece, veniva così indagato:

- Nel trattare questi argomenti le è capitato di usare il termine *evoluzione* (o *evolversi*)?
- Come lo ha definito?
- Ha anche spiegato come avviene l'evoluzione (cosa produce i cambiamenti)?
- Come spiegherebbe l'evoluzione degli anfibi dai pesci?
- Se non usa il termine *evoluzione*, come spiega di solito ai bambini la comparsa dei primi anfibi?
- Come spiega di solito ai bambini la comparsa della stazione eretta negli esseri umani?

Seguivano, poi, una serie di domande riguardanti la quantità di tempo dedicato all'argomento e gli strumenti cui erano soliti ricorrere:

- Se ha insegnato più volte in III, ha sempre trattato questi argomenti più o meno allo stesso modo o ha introdotto dei cambiamenti? Se sì, quali?

- Quanto tempo ha dedicato complessivamente a questi temi? (indicare le settimane in tutto e le ore a settimana)
- Indichi quale uso fa del sussidiario nel programmare i contenuti dell'insegnamento su questi argomenti
- Indichi con quale frequenza utilizza i seguenti materiali per preparare le lezioni (mai, qualche volta, abbastanza spesso, spesso, molto spesso). L'elenco delle opzioni è presentato nella tabella 2.
- Si ricorda alcune delle domande che i bambini pongono su questi argomenti?

Infine, ponevo un problema per approfondire il livello di comprensione della teoria della selezione naturale:

- Ipotizziamo che nelle scuole si verificano numerosi casi di pidocchi e che tutto sembri indicare il fatto che gli insetticidi ora non siano più così efficaci nel debellarli. Quindi, gli stessi insetticidi che alcuni anni fa sono riusciti nella loro funzione, ora non più... Come se lo spiega?

Il questionario ripropone le domande poste dal collega De Grandis nella sua tesi senza introdurre particolari cambiamenti, ad eccezione dell'aggiunta di quest'ultima domanda sull'evoluzione dei pidocchi.

### **Partecipanti.**

Al questionario online hanno risposto ventiquattro insegnanti di sesso femminile di età per lo più compresa tra i 41 e i 50 (N=9, 38%) e tra i 51 e i 60 (N=9, 38%). Delle restanti, solo una partecipante ha più di 60 anni (4%), le altre cinque (20%) sono tra i 27 e i 37 anni.

L'età media dei rispondenti era di 48,42 anni con una media di 23,35 anni di insegnamento (valore minimo: 2, valore massimo: 39, DS=10,75). Il numero medio di anni di esperienza con una terza elementare era pari a 4,85 (valore minimo: 2, valore massimo: 10, DS=2,25), escludendo le 3 insegnanti su 24 che hanno risposto di non ricordare. Per quindici insegnanti erano trascorsi in media 4,06 anni dall'ultima volta che hanno insegnato in terza (valore minimo: 1, valore massimo: 8, DS=2,35), mentre le nove rimanenti erano impegnate proprio in questa classe al tempo della compilazione del questionario.

### **Codifica delle Risposte.**

Per codificare le risposte aperte ho costruito a posteriori, ovvero a partire dalla lettura delle risposte, delle categorie mutuamente esclusive, ovvero una risposta può essere classificata in una sola di queste. Ho quindi confrontato le categorie sulle domande riguardanti l'evoluzione e le ho riformulate, in modo che potessero essere applicate alle risposte sui singoli argomenti. Questo ha reso possibile identificare dei pattern complessivi, corrispondenti all'insieme delle risposte sull'evoluzione.

## **2. Risultati**

### **2.1. Prima Sezione: Metodologia didattica e alunni**

Per quanto concerne le domande a scelta multipla o chiuse, sono ricorso a statistiche di tipo descrittivo (percentuale, media, valore minimo e massimo, deviazione standard) calcolate con l'ausilio di Microsoft® Excel® per Microsoft 365 MSO (Versione 2110). Le percentuali sono rese disponibili da una delle funzioni automatiche di Google Moduli.

#### **La Lezione: Tempo e Strumenti**

Gli argomenti proposti sono stati trattati dalla grande maggioranza delle insegnanti, com'è visibile nella Tabella 1:

*Tabella 1*

*Numero di insegnanti che hanno detto di aver trattato vari argomenti connessi all'evoluzione*

	N	%
Big Bang	23	96
Origine della terra	24	100
Inizi della vita	24	100
Comparsa di		
Organismi unicellulari	22	92
Anfibi	20	83
Rettili	20	83
Dinosauri	23	96
Uccelli	19	79
Mammiferi	22	92
Uomo	23	96
Inizi della stazione eretta	20	83

Alla domanda “Quanto tempo ha dedicato complessivamente a questi temi?” la maggior parte delle intervistate (N=16, 67%) ha detto di riservarvi due ore alla settimana in classe, come previsto dal curriculum. Ben otto insegnanti (33%) hanno parlato approssimativamente di un arco temporale di quattro o più mesi, sei (25%) di due- tre mesi. Quattro (17%) si riferiscono all'intero anno scolastico mentre solo una (4%) dichiara di dedicarvi meno di un mese.

Il questionario chiedeva, poi, di indicare la frequenza di utilizzo di vari strumenti sussidiario nel programmare i contenuti dell'insegnamento su una scala a sei passi, da "non lo seguo per nulla", a "lo seguo moltissimo". Le risposte sono presentate nella tabella 2:

Tabella 2 Gli strumenti utilizzati nella didattica sull'evoluzione

Utilizzo	Mai		Qualche volta		Abbastanza spesso		Spesso		Molto spesso	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Sussidiario	0	0	5	21	4	17	7	29	8	33
Della mia classe										
Di altre classi	5	21	8	33	4	17	5	21	2	8
Guide didattiche	0	0	7	29	6	25	10	42	1	4
Libro di testo	8	33	14	58	0	0	3	12	0	0
Della scuola media inferiore										
Della scuola superiore	17	70	6	25	0	0	1	4	0	0
Libri per bambini su questi argomenti	1	4	9	38	4	17	7	29	3	12
Riviste per la scuola	3	12	13	54	3	12	3	12	2	8
Video su YouTube	0	0	8	33	2	8	10	42	4	17
Libri per adulti su questi argomenti	8	33	12	50	2	8	1	4	1	4
Altro	15	62	6	25	3	12	0	0	0	0

Come si può vedere, gli strumenti usati con maggior frequenza (da spesso a molto spesso) sono il sussidiario di classe, guide didattiche e video su YouTube, mentre libri per la scuola media superiore e per adulti (che potrebbero offrire delle informazioni corrette sull'argomento) sono usati di rado.

Alla domanda che seguiva: "Se ha insegnato più volte in III, ha sempre trattato questi argomenti più o meno allo stesso modo o ha introdotto dei cambiamenti? Se sì, quali?" ben ventuno insegnanti (87%) hanno risposto positivamente. Le loro risposte hanno messo in luce la ricerca crescente di nuove fonti da integrare ai sussidi, di vario genere. Tra i cambiamenti menzionati ci sono l'uso di mezzi tecnologici come video, *power point*, visite virtuali ai musei, brevi spezzoni di documentari e la valorizzazione

dell'esperienza diretta, con laboratori e visite ai musei. Anche in queste risposte aperte è comunque ribadito il largo riferimento ai testi della propria classe. Merita riportare interamente le seguenti risposte (i numeri che le precedono indicano il soggetto che le ha date):

1. Soprattutto sull'uomo... ci sono nuove teorie... per esempio gli ultimi sussidiari parlano di evoluzione a cespuglio... tempo fa si parlava di evoluzione lineare.
6. Rispetto al passato ora lo studio dell'evoluzione è più approfondita in quanto in classe terza, dopo l'ultima riforma, in storia si arriva solo fino al Neolitico. Inoltre, anche nello studio delle scienze si dedica parte del programma all'origine della Terra e all'evoluzione.

### **Gli alunni**

Alla domanda “Quale interesse i bambini manifestano su questi argomenti” solo una insegnante (4%) ha risposto medio interesse, mentre le restanti che hanno risposto elevato (N= 12, 50%) e molto elevato (N=11, 46%). Le numerose domande che i discenti sono soliti porre in classe sul tema denotano infatti “curiosità ed entusiasmo nell'insegnamento della Storia in terza”, riprendendo le parole di una partecipante alla ricerca. Molte vertono attorno all'origine della vita (“Come è iniziato tutto?”), in particolare sull'origine dell'uomo (ad esempio “È vero che l'uomo deriva dalla scimmia? Ma allora, noi siamo scimmie? Perché alcune scimmie si sono evolute e non tutte? Perché non siamo pelosi come le scimmie?”), l'ominazione (“Come ha imparato l'uomo a camminare? Come si sono modificati nel tempo i denti dell'uomo? Perché la forma del cervello è cambiata?”) e la vita primitiva. Ben sei insegnanti (25%) citano i dinosauri, due i fossili (“Come si trovano i fossili? Come fanno a formarsi?”). In alcune domande gli alunni si interrogano sul futuro della Terra e della nostra specie (ad esempio “L'uomo continua a subire il processo di evoluzione? Anche noi diventeremo fossili? Spariremo come i dinosauri? I dinosauri possono tornare? La Terra potrebbe ghiacciarsi di nuovo?”). Altre quattro (17%), invece, chiamano in causa il rapporto tra religione e scienza, tra creazione divina del mondo e spiegazione scientifica delle origini (“Ma non è stato Dio a creare l'Universo e la Terra? Ma allora è vero quello che ci dicono a Catechismo o quello che dice la maestra? Ma l'uomo è stato creato?”).

## 2.2. Seconda sezione: la comprensione della selezione naturale.

Per rilevare la comprensione della selezione naturale, ho codificato le risposte sulle singole domande con delle categorie provvisorie costruite dal basso all'alto. Ho quindi riformulato le categorie in modo che potessero essere applicate a tutte le domande.

Le categorie risultanti sono le seguenti:

1. Risposte mancanti, vaghe o non pertinenti.
2. Viene menzionato cambiamento, descrivendolo come un processo che avviene nei singoli individui.
3. Viene descritto un cambiamento, senza che si possa capire se avviene in singoli individui o in una popolazione.
4. Viene descritto un cambiamento che avviene in una popolazione o in una specie.

### La definizione di adattamento

Tutte le insegnati interpellate hanno dichiarato di utilizzare il termine *adattamento* nelle loro lezioni. Le risposte vaghe (categoria 1) sono tautologiche, non precisano in che modo avviene l'adattamento o evadono l'argomento:

15. L'adattamento è una condizione di sopravvivenza di cui nessuno, neanche l'uomo può farne a meno.
7. Collegandomi a situazioni della vita quotidiana.

Le risposte della seconda categoria (N=4, 17%) non parlano esplicitamente di cambiamenti momentanei o duraturi di singoli individui, ma che di questo si tratti si può inferire dal fatto che menzionano strumenti, risorse e processi psicologici che non possono riguardare una popolazione:

17. Adattarsi vuol dire provare ad utilizzare nuovi strumenti e nuove strategie.
14. Modificazione dei propri comportamenti per sopravvivere nell'ambiente in cui ci si trova.

Le risposte della terza categoria (N= 8, 33%) non contengono alcun riferimento esplicito a individui o specie, né si capisce, in assenza di riferimenti al tempo, se i cambiamenti avvengono durante una vita individuale o nel corso delle generazioni:

3. Risposta dell'essere vivente al cambiamento dell'ambiente di vita

16. L'ominide quando ha iniziato a stare per più tempo a terra si è adattato ad un nuovo territorio ed ha finito trovare un nuovo sistema per tenere d'occhio gli eventuali predatori

Ho inserito in questa categoria anche alcune risposte (N=3, 12%) in cui *adattamento* viene inteso come tratto adattativo, cioè possesso di caratteristiche adattative delle specie, perché dalla loro formulazione non si comprende come questi tratti si sono formati.

22. Alcune caratteristiche degli animali sono vantaggiose in relazione all'ambiente in cui abitano e aiutano la sopravvivenza, altre meno. Per esempio, il pollice opponibile dei primati è vantaggioso in termini adattativi, ha facilitato e facilita tutt'ora la presa dei rami negli alberi.

21. Gli animali si sono dovuti adattare all'habitat in cui abitano per sopravvivere. L'orso polare ha tanto pelo per adattarsi al freddo glaciale.

Nella quarta categoria (N=4, 17%), si capisce che il cambiamento è attribuito a specie e popolazioni dal fatto che sono esplicitamente nominate, o, se ciò non avviene, dal fatto che si parla di tempi molto lunghi o lenti.

8. Sopravvivono e fanno figli quegli esseri che hanno delle caratteristiche più vantaggiose..... così quelle caratteristiche verranno tramandate ai figli.... e così per le generazioni successive.... adattandosi via via all'ambiente e ai cambiamenti

10. Processo lentissimo che avviene in tantissimo tempo e che porta gli esseri a subire dei cambiamenti.

### **La definizione di evoluzione**

Solo una insegnante (4%) ha risposto di non trattare in aula il termine *evoluzione*, mentre ben quattro (17%) hanno ammesso di non spiegare come l'evoluzione avvenga. Inoltre, alla richiesta darne una definizione, tre di loro (12%) hanno risposto in modo molto vago o non pertinente.

Una sola risposta rientra nella seconda categoria (4%), l'unica che, nominando strumenti e risorse, descrive l'evoluzione con i cambiamenti momentanei o duraturi di singoli individui:

17 Quando si impara ad usare nuove strategie e nuovi strumenti, abbiamo fatto un passo avanti: ci siamo evoluti.

Sono state invece numerose (N=9, 38%) le risposte appartenenti alla terza categoria. In alcune di queste sono presenti riferimenti al tempo, ma sono comunque troppo vaghe per escludere che non si riferiscano al singolo e al suo ciclo di vita:

15. L'evoluzione è un cammino lento che porta qualsiasi essere a trasformarsi e, talvolta, migliorare.
24. Lento e continuo cambiamento degli esseri viventi per meglio adeguarsi all'ambiente.

Infine, le risposte della quarta categoria (N=11, 46%) parlano esplicitamente di cambiamenti in una popolazione o specie, oppure di tempi molto lunghi o lenti e questo suggerisce che non riguardino singoli individui ma più generazioni. A volte questo cambiamento viene connesso a cambiamenti dell'ambiente.

18. Processo lentissimo che avviene in tantissimo tempo e che porta gli esseri a subire dei cambiamenti
23. Tutti gli esseri viventi nel corso di milioni di anni vanno incontro a dei cambiamenti che permettono la sopravvivenza degli organismi nel loro habitat. Questo lento processo che ha portato le forme di vita ad essere sempre più complesse è chiamato evoluzione.

### **L'evoluzione degli anfibi dai pesci**

Ben undici insegnanti (46%) hanno fornito risposte non informative, perché non pertinenti o troppo vaghe, oppure sbagliate. In dettaglio, due risposte (8%) non descrivono i contenuti dell'argomento ma solo il modo, indicando l'uso di video, esempi fotografici e sussidiari, in altre due (8%) si nega di aver trattato l'argomento, mentre due (8%) sono proprio errate. Invece, sono cinque (21%) le risposte troppo vaghe e laconiche che non danno alcuna informazione sul tipo di cambiamento intervenuto e le sue cause. Preciso che due di queste parlano di necessità e di bisogno: “la necessità di adattarsi a nuove esigenze” e “risposta dei pesci al bisogno di trovare cibo o sopravvivere in carenza di acqua”.

Nella seconda categoria (N=8, 33%) vengono descritti cambiamenti somatici intervenuti a seguito di cambiamenti di comportamento, ovvero all'uscita dall'acqua. A volte questa uscita viene attribuita a desideri o esigenze (N=5, 60%):

1. I pesci, spinti dalla necessità di conquistare un nuovo ambiente di vita, hanno gradualmente modificato alcune caratteristiche per rendere possibile la vita fuori dall'acqua: le pinne in zampe, le branchie in polmoni, ....

23. Gli anfibi sono un'evoluzione dei pesci che imparano gradualmente a respirare anche fuori dall'acqua per rispondere al nuovo ambiente, la terraferma, in concomitanza alla comparsa delle prime zone boschive.

Nessuna risposta corrisponde alla terza categoria. Nella quarta (N=4, 17%) la presenza di organi adatti alla respirazione o di pinne robuste viene descritta come precedente l'uscita dall'acqua e come una condizione perché questa potesse realizzarsi:

8. C'era bisogno di colonizzare la terraferma, forse nell'acqua non trovavano più cibo ... mentre nella terraferma ve ne era in abbondanza ... un giorno nacque un pesce che riusciva a stare fuori dall'acqua per più tempo.... e i figli di quel pesce avevano la stessa caratteristica così un po' alla volta... molto lentamente a furia di piccoli cambiamenti i figli dei figli.... divennero capaci di uscire sempre più a lungo dall'acqua e trovavano tanto cibo e quindi diventavano forti e facevano tanti figli.... e così via.

19. Ho fatto vedere loro un video, dove mostravano chiaramente come probabilmente la ricerca di cibo vegetale avesse spinto questi pesci dotati di pinne molto forti e di un sistema branchiale simile al polmone ad uscire dall'acqua. di lì in poi la mutazione ha fatto il suo corso.

### **La comparsa della stazione eretta**

La categoria 1 include una risposta che si limita a descrivere solo i modi e non i contenuti dell'insegnamento e 5 risposte (21%) molto laconiche, che nominano l'evoluzione o i cambiamenti nell'ambiente senza ulteriori informazioni.

Non abbiamo indentificato alcuna rispondente corrispondente alla definizione della categoria 2.

La maggior parte delle risposte rientra nella categoria 3, perché descrivono in modi più o meno dettagliati i bisogni che la stazione eretta ha consentito di soddisfare. Non c'è modo di capire da queste risposte in quale misura il cambiamento viene attribuito alle azioni di singoli individui o a processi operanti sulla popolazione.

Questa terza categoria di risposte (N=16, 67%) collega il cambiamento allo stato di bisogno e/o di necessità:

18. Lo spirito di sopravvivenza ha portato l'uomo ad adottare nuove strategie.

14. In seguito ad un cambiamento climatico, la giungla si trasformò in savana. Le scimmie antropomorfe scesero dagli alberi dove vivevano per cercare cibo nella savana e lentamente scoprirono che la posizione eretta permetteva tutta una serie di azioni come una visuale migliore per vedere i nemici, afferrare con le zampe anteriori oggetti per difendersi. Via via si fece sempre più stabile questa posizione e l'uomo modificò il suo modo di camminare.

Sono state incluse nella quarta categoria solo due risposte (N=2, 8%) che parlano esplicitamente di specie o accennano alla selezione naturale

15. La stazione eretta comparve nell'arco di milioni di anni e fu una necessità-conquista da parte delle scimmie antropomorfe. Anche qui parliamo di adattamento alla vita dell'ambiente che stava cambiando, per cui esse cominciarono a camminare in posizione eretta.

19. Ho spiegato loro che la posizione eretta ha permesso agli antichi primati di raccogliere più cibo e di migliore qualità, nel corso del tempo l'evoluzione ha premiato questa caratteristica come favorevole consolidandola nel bipedismo e nella stazione eretta.

### **Resistenza dei pidocchi agli insetticidi**

Solo due risposte (8%) a questa domanda sono state vaghe o sbagliate.

Un'unica risposta rientra nella seconda categoria, menzionando un processo di apprendimento:

19. I pidocchi si sono evoluti ed hanno imparato a resistere agli insetticidi, come i virus agli antibiotici

A differenza della domanda della stazione eretta, dove non ho assegnato alla prima categoria le risposte menzionanti il processo di apprendimento degli uomini, questa risposta in merito all'evoluzione dei pidocchi vi entra in pieno merito. Nella prima serie di risposte, infatti, si parla di comportamento (per quanto esso sia in certa misura condizionato dalla struttura e potenzialità del corpo fisico), mentre in quest'ultima i cambiamenti riguardano una caratteristica fisica.

La maggior parte delle risposte corrispondono (N=17,70%) alla terza perché parlano dell'adattamento dei pidocchi (diventati più resistenti) senza spiegare come sia avvenuto (se per modifica individuale o per selezione naturale).

9 Adattamento dell'animale agli insetticidi

16. I pidocchi si sono abituati a certi veleni diventando più forti e riuscendo a sopravvivere ai trattamenti

24. Si sono evoluti per adattarsi all'ambiente diventando resistenti

Infine, 4 (17%) fanno riferimento alla teoria dell'evoluzione, attribuendo esplicitamente il cambiamento a specie e popolazioni, o parlando di variabilità genetica e tempi molto lunghi o lenti, escludendo così che si parli del singolo.

23. I pidocchi con il tempo si sono evoluti e adattati al pesticida, ora inefficace. Questo perché sono stati selezionati gli individui della specie che, per un gioco

del caso della genetica, rispondono bene al pesticida che così si sono riprodotti facilmente, portando la generazione di pidocchi successiva ad essere maggiormente "pronta" a quel determinato ambiente esterno con i suoi pericoli. 13. Penso che ci siano stati alcuni pidocchi particolarmente forti che abbiano resistito ai trattamenti e che questi pidocchi abbiano generato pidocchi resistenti ai trattamenti.

La tabella 3 mostra la distribuzione delle risposte nelle diverse categorie in tutte le domande concernenti l'evoluzione:

*Tabella 3. Frequenza delle risposte delle varie categorie alle domande sull'evoluzione*

	Argomento									
	Adattamento		Evoluzione		Evoluzione anfibi		Stazione eretta		Pidocchi	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. Non informative	5	21	3	12	12	50	6	25	2	8
2. Cambiamento singolo individuo	4	17	1	4	7	29	0	0	1	4
3. Cambiamento non specificato	11	46	9	38	0	0	16	67	17	70
4. Cambiamento specie	4	17	11	46	5	21	2	8	4	17

Osservando la distribuzione delle risposte alle diverse domande si nota che la loro frequenza varia a seconda dell'argomento. La maggior frequenza di quelle non informative, troppo vaghe o errate, si riscontra alla domanda sull'evoluzione degli anfibi dai pesci (50%), seguite da quella della stazione eretta (25%) e dell'adattamento (21%). Le risposte che si riferiscono chiaramente a cambiamenti in singoli individui riguardano l'evoluzione degli anfibi (29%) e la definizione di adattamento (17%), mentre sono quasi assenti negli altri casi. Le risposte in assoluto più frequenti sono quelle della categoria 3, in cui non è chiaro se la sede del cambiamento siano individui o popolazioni. Invece, il riferimento esplicito alle specie compare con la maggiore

frequenza nella definizione di evoluzione. Dall'osservazione della Tabella si nota infine che le risposte che si distribuiscono più uniformemente nelle quattro categorie sono quelle sulla definizione di *adattamento*; ciò suggerisce che a questo termine possano essere associati più significati, legati al campo specialistico/ scientifico o all'uso comune.

In effetti, le diverse domande potevano richiamare aspetti diversi delle concezioni degli insegnanti sull'evoluzione: quelle più generali (definizioni di adattamento ed evoluzione) potevano ricevere risposte generiche, mentre le altre richiedevano di indicare meccanismi specifici, fisici nel caso dei pesci, comportamentali (e meno vistosamente fisici) nel caso della stazione eretta, e la resistenza agli insetticidi agli antibiotici processi attribuibili agli individui (assuefazione) o alla popolazione (selezione naturale dei pidocchi resistenti al farmaco).

Per quanto concerne le risposte della categoria 3, contestualizzarle con le altre risposte date dalla stessa partecipante può essere utile per intuirne la comprensione sull'argomento. Le concezioni degli insegnanti sull'evoluzione, infatti, possono essere rilevate solo esaminando nel loro insieme le risposte di ciascuno di loro a tutte le domande.

Da questo esame sono emersi i seguenti *pattern*:

**Pattern 1.** N = 11, (47%). Questo pattern è caratterizzato dalla totale assenza di risposte riferite alle specie (categoria 4) e può indicare, pertanto, la totale mancanza di conoscenze sulla selezione naturale. Eccone degli esempi:

- Soggetto n. 1:

Adattamento: “Gli esseri viventi si trovano a vivere in un ambiente al quale devono adattarsi per riuscire a rispondere ai bisogni primari. Questa capacità di adattamento garantisce la sopravvivenza stessa e porta all'evoluzione della specie.”

Evoluzione: “La capacità di adattarsi all'ambiente, mutando gradualmente le proprie caratteristiche per farle più rispondenti alla situazione.”

Evoluzione degli anfibi: “I pesci, spinti dalla necessità di conquistare un nuovo ambiente di vita, hanno gradualmente modificato alcune caratteristiche per rendere possibile la vita fuori dall'acqua: le pinne in zampe, le branchie in polmoni...”

Stazione eretta: “Come conseguenza della necessità di avere due arti liberi”

Pidocchi: “Evoluzione della specie pidocchi e adattamento”

- Soggetto n. 5

Adattamento: “Capacità di sopravvivere, adeguandosi in modo graduale e dinamico all'ambiente di vita.”

Evoluzione: “Modifiche a lungo termine degli organismi i quali si migliorano in qualche loro caratteristica, capacità... in un sistema di adattamento.”

Evoluzione degli anfibi: “Cambiamento di caratteristiche (varie) per sopravvivere solo nell'ambiente acqua.”

Stazione eretta: “Bisogno di usare gli arti superiori per "portare cose" e graduale modificazione dell'andatura e dell'equilibrio del corpo.

Pidocchi: “Lo inserisco nell'argomento *evoluzione* ”

Quest'ultimo protocollo è l'unico in cui ci sono riferimenti fuorvianti al miglioramento degli organismi, tale per cui le forme di vita attuali sono “automaticamente” migliori di quelle precedenti. Invece, la selezione naturale opera in modo sempre contingente e relativo all'ambiente di vita.

**Pattern 2.** N = 7, (29%). Il riferimento implicito o esplicito a cambiamenti nelle specie compare solo una volta, in prevalenza nella definizione di evoluzione. La loro assenza nelle altre risposte indica che non è compreso il meccanismo della selezione naturale.

Nell'esempio che segue, la definizione di adattamento e l'esempio portato (il camaleonte) suggerisce che l'insegnante pensi che l'evoluzione avvenga mediante cambiamenti nei singoli organismi durante la loro vita.

- Soggetto n. 4:

Adattamento: “Ho spiegato che gli animali, le piante e l'uomo si adattano all'ambiente e alle condizioni climatiche per poter sopravvivere. Faccio sempre l'esempio del camaleonte che si mimetizza assumendo colori che sono quelli dell'ambiente che lo circonda per difendersi dai predatori.”

Evoluzione: “L'evoluzione ci dice come la vita si è diversificata nelle molte forme che vediamo intorno a noi e nei reperti fossili; ci fa capire come gli organismi hanno continuato ad adattarsi e a cambiare”.

Evoluzione degli anfibi: “Quando comparvero le terre emerse nel Paleozoico, gli abitanti delle acque iniziarono a volersi avventurare sulla terra, ma ciò non era possibile perché non avevano le gambe per sostenerli e non avevano i polmoni per respirare ossigeno; da qui è iniziata l'evoluzione che ha portato alla formazione degli arti e a una modificazione della pelle gli permettesse di restare più tempo fuori dall'acqua senza disidratarsi; inoltre si sono anche evoluti nelle capacità di respirare un po' fuori dall'acqua e un po' dentro.”

Stazione eretta: “Spiego che a un certo punto dell'evoluzione dovettero alzarsi in piedi per manipolare e prendere gli oggetti e poi fabbricare gli utensili.”

Pidocchi: “Per il fatto che gli insetti si sono adattati e sono diventati più resistenti a queste sostanze.”

Nel protocollo che segue la definizione di evoluzione contiene un richiamo alla selezione naturale (riescono “a sopravvivere gli animali e le piante che hanno le caratteristiche più adatte alla vita nelle condizioni ambientali in cui si trovano”), tuttavia la definizione di ‘adattamento’ in termini di apprendimento e la spiegazione della resistenza agli insetticidi come adattamento del corpo delle pulci indicano che il meccanismo dell'evoluzione è un cambiamento che avviene nei singoli individui.

- Soggetto n. 20:

Adattamento: “Gli animali e le piante hanno imparato a adattarsi a ogni clima e riescono così a vivere in qualunque ambiente modificando le proprie caratteristiche. Ad esempio, per sopravvivere al freddo e isolare il calore, l'orso polare ha sviluppato due forme di adattamento: uno spesso strato corporeo di grasso e la pelliccia. O ancora, le piante della foresta tropicale hanno sviluppato foglie grandi e larghe per poter eliminare l'acqua in eccesso assorbita dalle radici.”

Evoluzione: “L'evoluzione consiste nei cambiamenti avvenuti nel corpo e nelle caratteristiche degli esseri viventi nel corso di tanti anni. Tutti questi cambiamenti fanno sì che riescano a sopravvivere gli animali e le piante che hanno le caratteristiche più adatte alla vita nelle condizioni ambientali in cui si trovano. Gli esseri viventi infatti mutano con il tempo e danno origine a specie diverse che, dunque, per le caratteristiche che presentano, sono più adatte a vivere in quel determinato luogo”

Evoluzione degli anfibi dai pesci: “Non ho spiegato tale argomento.”

Stazione eretta: “Gli homo avrebbero assunto a mano a mano la postura più adatta al nuovo territorio e sviluppato progressivamente capacità locomotorie più affinate (potevano usare gli arti superiori, vedere più lontano, compiere percorsi più lunghi, prendere e afferrare cose...) necessarie alla loro sopravvivenza.”

Pidocchi: “Me lo spiego appunto per il discorso dell'adattamento. Il corpo dei pidocchi si è adattato alle condizioni che presenta l'insetticida, modificando le proprie caratteristiche. Al contrario, ipotizzerei che l'insetticida invece non è stato in grado di adattarsi al corpo dei pidocchi.”

**Pattern 3.** N= 6, 25%. In queste risposte compaiono due o più volte i riferimenti a specie o popolazioni.

Nel seguente esempio, la spiegazione dell'evoluzione accenna correttamente alla selezione naturale e la comprensione dell'argomento da parte della partecipante si può dedurre dalla coerenza di tutte le risposte date nell'intervista. In particolare, nell'evoluzione degli anfibi o conquista della terraferma l'insegnante menziona esplicitamente variazioni favorevoli che, nel loro essere “casuali”, non hanno relazione causale con i bisogni sollecitati dall'ambiente.

- Soggetto n. 11

Adattamento: “Capacità degli organismi viventi di sopravvivere all'ambiente che cambia continuamente.”

Evoluzione: “Consiste nei cambiamenti a cui sono andati incontro e vanno incontro tutti gli esseri viventi nel corso di milioni di anni. Sono cambiamenti che permettono la sopravvivenza e la riproduzione degli organismi con le caratteristiche più adatte alla vita nelle condizioni ambientali in cui si trovano.”

Evoluzione degli anfibi: “Il processo è stato causato dall'abbassamento del livello del mare con conseguenti zone lagunari e stagnanti. Un ambiente " ibrido" tra acqua e terra che portò all'avvio del processo di adattamento di alcuni pesci che presentavano delle variazioni favorevoli alle nuove condizioni ambientali. Tutto ciò viene confermato dal ritrovamento di fossili di pesci con queste variazioni (pinne che sostenevano il corpo fuori dall'acqua e polmoni primitivi).”

Stazione eretta: “La graduale acquisizione della posizione eretta ha permesso di fare qualcosa con le mani e di ergersi oltre la vegetazione più alta.”

Pidocchi: “I parassiti si sono adattati alla presenza di sostanze repellenti. Probabilmente hanno acquisito la capacità di sopravvivere in presenza di questi grazie all'esistenza di una variabilità di natura genetica.”

Nell'esempio che segue, l'insegnante fornisce una spiegazione completa e corretta non alla domanda sull'evoluzione in sé, dove non parla delle cause dei cambiamenti, quanto sull'evoluzione dei pidocchi, accennando alla selezione naturale. Anche la risposta del passaggio dagli anfibi dai pesci è corretta. Le altre risposte rientrano nella categoria 2, compresa quella riguardante l'*adattamento*, che viene inteso come tratto adattativo senza però specificare come questi tratti si siano formati. Con uno sguardo d'insieme al protocollo, si intuisce come la partecipante abbia compreso l'evoluzione e i suoi meccanismi.

- Soggetto n. 22:

Adattamento: "Alcune caratteristiche degli animali sono vantaggiose in relazione all'ambiente in cui abitano e aiutano la sopravvivenza, altre meno. Per esempio, il pollice opponibile dei primati è vantaggioso in termini adattativi, ha facilitato e facilita tutt'ora la presa dei rami negli alberi."

Evoluzione: "Descritto come una serie di cambiamenti che hanno gradualmente nel tempo apportato delle modifiche agli organismi. Questi lenti cambiamenti possono dimostrarsi più o meno funzionali alla sopravvivenza, in relazione all'ambiente in cui si trovano."

Evoluzione degli anfibi dai pesci: "A causa del continuo abbassamento del mare alcuni pesci con particolari caratteristiche iniziarono a vivere nella terraferma. Con l'evoluzione, infatti, nel corso del tempo divennero in grado di respirare fuori dall'acqua e le loro pinne si fecero sempre più forti, tanto forti da permettere loro di camminare. Ecco la comparsa degli anfibi."

Stazione eretta: "Alcune scimmie cominciarono ad evolversi assumendo la posizione eretta per adattarsi alla vita della savana, data la visuale privilegiata che questa caratteristica evolutiva offriva."

Pidocchi: "Alcuni pidocchi nascono casualmente con una resistenza maggiore e, essendo una caratteristica adattativa, si riproducono trasmettendola geneticamente. Nel corso delle generazioni questa resistenza vantaggiosa si affina: chi fabbrica i pesticidi è costretto a modificarli rendendoli più aggressivi... e così via."

Nel prossimo protocollo, la risposta sull'evoluzione presenta un'incongruenza parlando dell'evoluzione come di un cambiamento che ha luogo in una specie o popolazione nel corso di milioni di anni, e poi proponendo l'esempio delle "evoluzioni

personali" dei bambini, che può risultare fuorviante posto in classe agli alunni. Inoltre, emerge un'altra contraddizione nella risposta data alla resistenza dei pidocchi agli insetticidi quando confrontata con le altre: nella prima viene menzionato un processo psicologico ("hanno imparato") imputabile al singolo individuo, nelle altre risposte i tempi geologici alludono al fatto che sono le specie i soggetti del cambiamento. Tuttavia, la spiegazione fornita nel passaggio dai pesci agli anfibi è corretta e nomina *mutazioni* che non hanno nesso di causalità con i bisogni derivati dall'ambiente. Anche la risposta alla domanda della stazione eretta è interessante: fondamentalmente è l'unica partecipante che parla di selezione naturale riguardo a questo argomento. Guardando l'insieme delle risposte, propendo a credere che i meccanismi evolutivi siano conosciuti e compresi, ma le espressioni finalistiche e le metafore usate prese a sé, senza possibilità di approfondimento, risultano fuorvianti.

- Soggetto n. 19:

Adattamento: "I vari organismi hanno mutato le loro caratteristiche fisiche, fisiologiche e comportamentali per reagire ai cambiamenti climatici, ambientali etc. per essere solitamente più efficienti".

Evoluzione: "Un processo tramite il quale un organismo cambia nel corso del tempo, anche milioni di anni, alcune sue caratteristiche fisiche o comportamentali per migliorare le sue prestazioni o adattarsi all'ambiente. Solitamente faccio loro degli esempi molto concreti anche in riferimento a delle loro personali "evoluzioni"."

Evoluzione degli anfibi: "Ho fatto vedere loro un video, dove mostravano chiaramente come probabilmente la ricerca di cibo vegetale avesse spinto questi pesci dotati di pinne molto forti e di un sistema branchiale simile al polmone ad uscire dall'acqua. di lì in poi la mutazione ha fatto il suo corso."

Stazione eretta: "Ho spiegato loro che la posizione eretta ha permesso agli antichi primati di raccogliere più cibo e di migliore qualità, nel corso del tempo l'evoluzione ha premiato questa caratteristica come favorevole consolidandola nel bipedismo e nella stazione eretta."

Pidocchi: "I pidocchi si sono evoluti ed hanno imparato a resistere agli insetticidi, come i virus agli antibiotici".

- Soggetto n. 13

Adattamento: “L'ho spiegato come un processo nel quale le caratteristiche di popolazioni di organismi viventi nel corso del tempo si modificano, si "aggiustano" in base ai cambiamenti dell'ambiente”.

Evoluzione: “L'ho cercata di spiegare come il progressivo cambiamento di alcune caratteristiche che avviene nel corso delle generazioni”.

Evoluzione degli anfibi dai pesci: “Spesso i libri riportano immagini che rappresentano questa evoluzione e aiutano a cogliere il passaggio: una specie di pesce con pinne particolarmente robuste aveva più possibilità di sopravvivere ai predatori e generava altri individui con pinne robuste, finché queste pinne sono diventate zampe”.

Stazione eretta: “Anche in questo caso vengono in aiuto immagini e video. La stazione eretta viene conquistata gradualmente perché permetteva agli individui nelle praterie di vedere più distante, permetteva di usare gli arti anteriori non solo per sostegno o per spostarsi da un albero all'altro come avveniva nelle foreste; il clima era cambiato e si erano diffuse le praterie”.

Pidocchi: “Penso che ci siano stati alcuni pidocchi particolarmente forti che abbiano resistito ai trattamenti e che questi pidocchi abbiano generato pidocchi resistenti ai trattamenti”.

### 3. Discussione

Questa ricerca si conclude confermando l'ipotesi di partenza: numerosi insegnanti dispongono di concetti vaghi o errati sull'evoluzione. Per esempio, nel definire il concetto di adattamento la maggior parte delle risposte è o troppo generica o si riferisce ad un cambiamento che avviene nel singolo, nel corso della sua esistenza. Delle restanti, tre (12%) accennano a caratteristiche adattative e quattro (17%) ad un processo di adeguamento all'ambiente attribuito ad una popolazione o menzionano tempi sufficientemente lunghi da presupporlo.

Alla domanda “Come spiegherebbe l'evoluzione degli anfibi dai pesci?” ben cinque insegnanti (21%) hanno dato una risposta che introduce alcuni cambiamenti somatici (organi adatti alla respirazione o di pinne robuste) come precedenti all'uscita dall'acqua, come una condizione affinché questa possa realizzarsi. Tuttavia, risultano

leggermente più numerose (29% su 24) le spiegazioni in cui i cambiamenti del corpo sono intervenuti solo a seguito a dell'uscita dall'acqua, un cambiamento di comportamento, suscitato dalle condizioni ambientali esterne, che viene spesso attribuito a desideri o esigenze (“iniziarono a volersi”, “imparano”, “hanno tentato”, “spinti dalla necessità”). Queste espressioni, che denotano un “suggerimento di tipo lamarckiano, in cui l'uso o la necessità hanno portato a cambiamenti funzionali e morfologici” (Berti, Toneatti, 2014, p. 36), sono presenti in sette risposte (29% su 24) alla domanda dell'evoluzione degli anfibi. Sono ancora più frequenti nelle spiegazioni inerenti alla conquista della stazione eretta da parte dell'uomo. In ben 16 risposte su 24 (67%), infatti, sono stati descritti scopi o esigenze soddisfatti, come quelli di guardare lontano, avere liberi gli arti superiori, manipolare e fabbricare oggetti, compiere tragitti più lunghi. Solo due risposte della presente ricerca (8%) fanno riferimento alla popolazione come soggetto del cambiamento, e una di queste (4% su 24) allude alla selezione naturale.

Infine, alla richiesta di dar conto della resistenza dei pidocchi agli insetticidi, una volta efficaci, la maggior parte delle insegnanti (17 su 14, 70%) è ricorsa al termine adattamento senza dilungarsi, oppure ha suggerito una spiegazione di tipo lamarckiano, con espressioni che indicano cambiamenti intervenuti nelle caratteristiche fisiche dei singoli insetti (“si sono evoluti modificando il loro organismo”, “il corpo dei pidocchi si è adattato”, “hanno imparato a resistere”, “si sono abituati”). Quattro risposte (17%), invece, sono state inserite in una categoria differente, dato che attribuiscono il cambiamento a specie e popolazioni o parlano di variabilità genetica e tempi molto lunghi. La già citata Jiménez-Aleixandre in Spagna (1994) e Rosana Tidon e Richard Lewontin in Brasile (2004, citati in Berti, Toneatti 2014/2015) hanno posto ad un gruppo di insegnanti di biologia nelle scuole superiori la stessa questione, ottenendo un risultato simile: “solo una piccola minoranza formulò una spiegazione darwiniana; gli altri proposero spiegazioni finalistiche, lamarckiane, o non diedero alcuna risposta” (*Ibidem*, p. 33).

Ricapitolando, sono frequenti nelle risposte degli insegnanti sull'adattamento e sull'evoluzione misconcezioni di tipo prevalentemente lamarckiano, mentre sono state rare quelle che accennavano alla selezione naturale. Le spiegazioni offerte dai partecipanti hanno infatti, perlopiù, sollevato l'idea che le mutazioni siano indirizzate

dai bisogni e dalla volontà del singolo organismo invece che dalla variabilità genetica, e non chiariscono come non siano ereditabili nelle generazioni successive.

Questi risultati sono in linea con quelli di De Grandis (2019/2020), con piccole differenze quantitative. Per esempio, nella domanda della stazione eretta, 16 risposte su 24 (67%) nella presente ricerca descrivono scopi o esigenze soddisfatti, contro le 11 risposte su 20 (55%) di De Grandis, dove la maggior parte dei partecipanti (N=15 su 22, 68%) ha considerato la stazione eretta un “passaggio” necessario alla sopravvivenza, condizionato dall’ambiente. Tuttavia, nella successione pesci- anfibio ben cinque insegnanti (21%) hanno indicato i cambiamenti somatici come precedenti all’uscita dall’acqua, contro una sola risposta nella ricerca di De Grandis rientrante nella categoria. Inoltre, in entrambe le ricerche, gli insegnanti hanno spesso usato espressioni finalistiche che, seppur anche in presenza di un concetto corretto alla base, possono alimentare equivoci quando non contestualizzate e approfondite nei vari passaggi. In fondo, come mettono in luce Berti e Toneatti nel loro articolo (2011- 2014), “non si tratta di eliminare le formulazioni teleologiche, che fanno comunque parte del linguaggio della biologia come sostengono biologi evoluzionistici eminenti (Ayala, 1970; Mayr, 1992), ma di fornire le informazioni necessarie per poterle capire”.

Per concludere, anche nella provincia di Vicenza sembra che molti insegnanti non siano estranei alle misconcezioni e individuino le cause del cambiamento evolutivo nel bisogno e capacità del singolo organismo di adattarsi. Affinché non vengano perpetuate in classe, ostacolando la comprensione dei concetti evolutivi da parte dei bambini anche negli anni scolastici successivi, è necessario che gli insegnanti abbiano un’adeguata preparazione sul tema e una maggior sensibilizzazione sui rischi dei facili fraintendimenti, consapevoli che trasmettere informazioni corrette e sufficientemente complete per l’età degli alunni è possibile quanto importante. Inoltre, particolare attenzione andrebbe posta anche nella costruzione dei materiali didattici, dei sussidiari di III elementare che introducono l’argomento per la prima volta e che sono copiosamente consultati in classe, da maestri e allievi.

#### **4. Limiti della mia ricerca e possibili sviluppi futuri**

L'uso del questionario in sostituzione all'intervista ha costituito un limite non indifferente della presente ricerca, dato che molte risposte scritte sono risultate vaghe e scarse. In sede di intervista, avrei potuto approfondire i passaggi non chiari delle spiegazioni offerte. In particolare, l'intervista semi-strutturata mi avrebbe permesso di indagare le eventuali incongruenze nelle risposte alle diverse domande per meglio comprendere se riguardano l'uso per praticità di un linguaggio metaforico o se proprio derivavano da una concezione erronea dei meccanismi evolutivi.

Alcune domande avrebbero potuto essere meglio formulate, per esempio la domanda "Come parla dell'evoluzione degli anfibi dai pesci?" ha ottenuto un alto numero di risposte non utili ai fini della ricerca (N=11, 46%). Un esito ancor più sconcertante se confrontato con il risultato del collega De Grandis (N = 11, 35%), che per primo ne ha avvertito il limite.

A posteriori, avrei provato a impostare il problema relativo alla resistenza dei pidocchi anche con una domanda chiusa a scelta multipla, in linea con la ricerca del 1994 della spagnola Jiménez-Aleixandre. Proponendo una risposta corretta e una (o una serie) errata, pur formalmente resa attraente dalla terminologia del campo, avrei potuto far luce sulla profondità di comprensione degli insegnanti, ottenendo più dati oggettivi.

Inoltre, rimane viva in me la curiosità: cosa risponderebbero le insegnanti intervistate alla domanda: "Credi sia possibile per i bambini di quest'età comprendere l'evoluzione?", per indagare eventuali pregiudizi o ascoltare le loro personali esperienze, sempre affascinanti per quanto soggettive.

Infine, il numero dei partecipanti a questa ricerca è stato ridotto: sarebbe auspicabile ottenere un campione più ampio, esteso ad altre provincie e Regioni.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Allchin, D. (1991). Teaching Darwin Seriously Addressing Evolution c Ethics. In *The american biology teacher*, vol. 61, n. 5, pp. 350- 355

Alters B. J., Nelson C. E., (2002), *Perspective: teaching evolution in higher education in Evolution international journal of organic evolution*, n. 56, pp. 1891- 1901

Berti A. E., Toneatti L. (2011- 2014). “L’evoluzione delle specie nei libri di testo per la terza elementare” in *Mundus rivista didattica della storia*, G. B. Palumbo editore, n. 7-8

Berti, A. E. (2014). *L'insegnamento del neolitico nella scuola primaria*. *Mundus*, 4-7, 66-72.

Berti, A. E. (2002). *Cambiamento concettuale e insegnamento*, Scuola e Città, n.1, pp 19-38.

Berti, A. E. (2006). *Adattamento*. In F. Barale, M. Bertani, V. Gallese, S. Mistura & A. Zamperini (a cura di), *Psiche. Dizionario storico di psicologia, psichiatria, psicoanalisi, neuroscienze* (pp 12-16). Torino: Giulio Einaudi Editore.

Berti, A. E., Toneatti, L., Rosati, V. (2010). *Children’s Conceptions About the Origin of Species: A Study of Italian Children’s Conceptions with and without Instruction*. *The journal of the learning sciences*, 19, 506–538

Berti, A. E., Barbetta, V., Toneatti, L. (2017). *Third-graders’ conceptions about the origin of species before and after instruction: An exploratory study*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(2), 215-232.

Berti, A. E., & Bombi, A. S. (2013). *Corso di psicologia dello sviluppo*. Il Mulino, pp 297- 307

Berti, E., Volpi, F. (2007). *Storia della filosofia dall'antichità ad oggi/ B*, Editori Laterza, Bari, pp 154- 157

Bloom P., Weisberg D. S. (2007), *Childhood Origins of Adult Resistance to Science* in *Science* vol 316, pp 996- 997  
Bloom, P. & Skolnick, W. D. (2007). *Childhood Origins of Adult Resistance to Science*. *Science*, Vol 316, No 5827, pp 996-997.

Boscolo, P., (1997). *Psicologia dell'apprendimento scolastico*. UTET Università. Torino

Carey S. (1985), *Conceptual change in childhood*, Mass MIT Press, Cambridge

Chandler, F., Taplin, S., Bingham, J. (2009). *Il mondo preistorico*, Usborne Publishing

Chinn C.A., Brewer W.F., (1993), *The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implication for science instruction*, *Review of educational Research*, 63: 1-49

Darwin, C. (1859). *L'origine della specie*. Classic House Book (2019)

Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. New York: W. W. Norton. Trad. It: *L'orologiaio cieco*, Mondadori Oscar Saggi, Milano, 2020

De Grandis, D., (2019/2020), *L'insegnamento dell'evoluzione in III elementare: un'indagine su alcuni insegnanti della provincia di Venezia*. Università degli studi di Padova

Donovan, M. S., Bransford, J.D. (2005), *Come gli studenti imparano: la scienza in classe*. Washington DC: National Academy Press.

Frazzetto, G. (2004), *Who's afraid of Darwin? Failing in the academic arena, schools and theme parks have become the new battleground for religious conservatives' fight against evolutionary theory*. *Science & Society, EMBO Reports*, Vol 5, No 7, pp 662-665.

Gelman, S. A., (2004), *Psychological essentialism in children*, University of Michigan, Elsevier, vol. 8, n. 9

Giroto, V., Pievani, T., Vallortigara, G. (2016). *Nati per credere, perché il nostro cervello sembra predisposto a credere alla teoria di Darwin*. Edizioni Codice, Torino

Gopnik E., Meltzoff A. (2000) *Costruire il mondo. Una teoria dello sviluppo cognitivo*. Editore McGraw-Hill, Milano.

Ianniciello, R., (2020), *Lamarck non aveva tutti i torti, la teoria dell'ereditarietà riveduta e corretta*, Aracne editrice, Roma

Jiménez Aleixandre, M. P. (1994), *Teaching Evolution and Natural Selection: A Look at Textbooks and Teachers in Journal of research in science teaching*, vol 31, pp. 519- 535

Kelemen, D., Emmons, N. A., Seston Schillaci, R. & Ganea, P. A. (2014). Young children can be taught basic natural selection using a picture-storybook intervention. *Psychological Science*, 25(4), 893–902

Lamarck, J-B., (1809), *Filosofia zoologica e altri naturalia*. Mimesis edizioni Milano, 2020

Martini B. (2000), *Didattiche disciplinari: aspetti teorici e metodologici*, Pitagora Editore, Bologna

Mayr, E. (2000). *L'influenza di Darwin sul pensiero moderno. Le grandi menti plasmano sempre il pensiero dei periodi storici successivi: da Charles Darwin dipende in larga misura la moderna concezione del mondo.* «Le Scienze», n. 385

Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (2012). Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione. *Annali della Pubblica Istruzione*. Le Monnier

Nadelson, L., Culp R., Bunn S., Burkhart R., Shetlar R., Nixon K., Waldron J. (2009). *Teaching Evolution Concepts to Early Elementary School Students*. *Evo Edu Outreach*, 2, 458–473

Palmieri E. L., Parotto M., Saraceni S, Strumia G. (2010), *Scienze integrate*, Zanichelli SpA, Bologna

Pievani, T. (2010). *La teoria dell'evoluzione. Attualità di una rivoluzione scientifica*. Il Mulino

Reale, G., Antiseri, D. (1983), *Il pensiero occidentale dalle origini ad oggi/ 3*, Editrice La Scuola, Brescia, pp 282-290

Romanes, G. J., (1890) *Darwin, and After Darwin*, Vol. II, The Open Court Publishing Co., Chicago, 1916

Sanders M. and Makotsa D. (2015). *The possible influence of curriculum statements and textbooks on misconceptions: the case of evolution*. *Education as Change*, 20 (1): 216-238

Shoon, K. J. (1995), *The Origin and Extent of Alternative Conceptions in the Earth and Space Sciences: A Survey of Pre-service Elementary Teachers*. Journal of Elementary Science Education, 7 (2), 27-46

Smith, M. U. (2010). *Current Status of research in Teaching and Learning Evolution:*

*II. Pedagogical Issues*. Sci & Educ, Vol 19, pp. 539-571

Strike K.S., Posner G.J. (1982), *Conceptual change and science teaching*, «European Journal of science education», vol. 4, n. 3, pp. 231-240

Thagard, P., Findlay., S. (2009). *Getting to Darwin: Obstacles to Accepting Evolution by Natural Selection*. Sci & Educ, 19, 625–636

Woolfolk, A., 2016, *Psicologia dell'educazione*, ed. Pearson, Milano, pp 31- 43

## RIFERIMENTI SITOGRAFICI

Battaglioli, E., (2014), *Epigenetica e epigenoma*, Studylib. Trovato il 1/05/2021 in <https://studylibit.com/doc/4395419/epigenetica>

Dixon, M., (2018) *La rimozione di Darwin e dell'evoluzione dalle scuole è un passo indietro*. The Guardian. Micromega. Trad. Suman, F., (2018). Trovato il 4/10/2021 in [http://temi.repubblica.it/micromega-online/la-rimozione-di-darwin-e-dellevoluzione-dalle-scuole-e-un-passo-indietro/?refresh\\_ce](http://temi.repubblica.it/micromega-online/la-rimozione-di-darwin-e-dellevoluzione-dalle-scuole-e-un-passo-indietro/?refresh_ce)

Gauch, H.G. (2009). *Science, Worldviews, and Education*. Sci & Educ, Vol.18, pp. 667–695. Trovato il 7/06/2021 in <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9059-1>

Levi-Setti, R., Clarkson, E., Horváth G., (1998), *Paleontologia dell'occhio Frontiere della Vita*, Enciclopedia Treccani. Trovato il 12/07/2020 in [https://www.treccani.it/enciclopedia/paleontologia-dell-occhio\\_%28Frontiere-della-Vita%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/paleontologia-dell-occhio_%28Frontiere-della-Vita%29/)

Mandrioli, M., (2020). *Lamarck 2.0: rileggere Lamarck per capirne la vera eredità* in Pikaia. Trovato il 7/09/2021 in <https://pikaia.eu/lamarck-2-0-rileggere-lamarck-per-capirne-la-vera-eredita/>

Pievani, T. (2005). L'affare Darwin/Moratti. MicroMega, 6. Trovato il 28/12/2021 in <https://download.repubblica.it/pdf/micromega.pdf>

Romano, A. (2008). *L'origine del bipedismo*. Pikaia il portale dell'evoluzione. Trovato il 20/12/2020 in <http://pikaia.eu/lorigine-del-bipedismo/>

Ronchi C., (2013). *Rassegna degli studi sulle (mis)concezioni astronomiche e il cambiamento concettuale in bambini e insegnanti di scuola primaria*, Giornale Italiano della Ricerca Educativa, anno VI, n. 11. Trovato il 4/10/2021 in

<https://ojs.pensamultimedia.it/index.php/sird/article/view/192>

Suman, F. (2008). *Sette brevi fatti sull'epigenetica*. Pikaia il portale dell'evoluzione. Trovato il 3/06/2021 in <https://pikaia.eu/sette-brevi-fatti-sullepigenetica/>

Vallortigara, G (2009). *Unico e originale: l'essentialismo psicologico e le due culture*. CIMeC - Centro Interdipartimentale Mente/Cervello, Università di Trento, pp 543- 547. Trovato il 16/01/2021 in

[http://www.consiglio.regione.toscana.it/upload/Pianeta\\_Galileo/atti/2009/40\\_vallortigara.pdf](http://www.consiglio.regione.toscana.it/upload/Pianeta_Galileo/atti/2009/40_vallortigara.pdf)