

## Breve premessa per i lettori di **Matematicamente.it**

Questa tesi è il risultato di un percorso didattico svolto in una terza media.

Il percorso era dedicato all'evoluzione delle specie.

I punti di forza di questa tesi sono:

- Aver presentato separatamente i vari meccanismi che portano all'evoluzione delle specie (mutazioni e variabilità, selezione naturale, tempo),
- Aver creato durante lo svolgimento del percorso il Sito Online delle Lezioni [1] ad uso dei ragazzi, con i materiali prodotti ed usati a scuola,
- Aver fatto svolgere ai ragazzi un'attività (una specie di "telefono senza fili basato sui disegni") che ha portato alla creazione di varie animazioni [2] e di un filmato che è stato poi reso pubblico su Internet per mezzo di YouTube [3].

Le animazioni costituivano varie linee di discendenza di uno stesso disegno. I ragazzi durante l'attività svolgevano in certo senso, senza saperlo sul momento, il ruolo di copiatori di geni. Le varie parti del disegno venivano infatti copiate e passate ai compagni numerose volte. I vari disegni rimessi insieme portavano infine alla creazione delle animazioni.

- Aver usato diverse simulazioni al computer per vedere e giocare con gli effetti della selezione (si veda il sito delle lezioni).

Ringrazio tutti i lettori di **Matematicamente.it**.

[1] Sito delle lezioni:

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

[2] Animazioni

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/pesce/PesciMutantiColori.html>

[3] Filmato con le animazione prodotte con i disegni dei ragazzi:

<http://www.youtube.com/watch?v=W0mgWEI2mjc>

SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE  
PER L'INSEGNAMENTO SECONDARIO DELLA TOSCANA  
Sede di Firenze

VIII CICLO

Indirizzo: Scienze Naturali

Classe di Concorso: A059

**Relazione finale di Tirocinio  
e Laboratorio di Didattica  
(Scienze Naturali per la Scuola Media)**

## **Animazioni, Simulazioni e l'Evoluzione delle Specie**

*Supervisore*

Letizia de Luca

*Specializzando*

Guzman Tierno

ANNO ACCADEMICO 2007-2008

## **Indice**

<b>1. Introduzione. Riflessioni sui due anni di SSIS.</b>	<b>4</b>
<b>2. Riflessioni sull'esperienza del laboratorio di didattica</b>	<b>7</b>
<b>3. Tirocinio attivo: Percorso Didattico di Scienze. I meccanismi dell'evoluzione.</b>	<b>9</b>
Titolo del percorso didattico	10
Discipline interessate	10
Classe di riferimento e collocazione nel tempo scuola	10
Premessa e motivazioni della scelta	10
Collocazione del percorso didattico	11
Metodologie didattiche utilizzate	11
Obiettivo generale	13
Descrittori di competenze	13
Prerequisiti	13
Risorse	14
<b>Fasi del percorso di scienze</b>	<b>16</b>
Fase 1. Evoluzione: pensiamoci! (online )	16
Fase 2. Era un pesce! (online )	18
Fase 3. Ma chi lo dice che le specie evolvono? (online )	22
Fase 4. La selezione? Proviamo! (online )	24
Fase 5. Il rotolone del tempo !? (online )	26
Fase 6. Cosa abbiamo imparato?	28
Fase 7. Vediamo se ho capito! (online )	29
Verifica. (online )	30
<b>Come si sono svolte le lezioni di scienze</b>	<b>33</b>
1 Discussione aperta ("brain storming") (online )	34
2 I pesci mutanti. (online )	41
3 Presentazione al computer (online )	45
4 Simulazioni al computer (online )	47
5-6 Il rotolone del tempo. (online )	49
7 Verifica (online )	50
<b>Conclusioni</b>	<b>51</b>
<b>Il sito delle lezioni</b>	<b>52</b>
<b>Bibliografia e Siti Internet di riferimento</b>	<b>56</b>
<b>Siti con i materiali di questa tesi</b>	<b>57</b>

# 1. Introduzione. Riflessioni sui due anni di SSIS.

Ho una formazione scientifica e per la precisione matematico-informatica. Mi sono dottorato in matematica e successivamente ho preso una seconda laurea in informatica. Ho tuttavia sempre coltivato un vivo interesse per le materie umanistiche ed in particolare per le discipline affini alla psicologia ed alla pedagogia. E' stato proprio questo interesse che mi ha portato a scegliere di provare a diventare un insegnante.

Anche prima di frequentare la SSIS, avevo la convinzione che per diventare insegnanti fossero necessari una formazione tecnico-disciplinare specifica piuttosto accurata ed un forte interesse per gli aspetti pedagogici, psicologici e didattici. Da questo punto di vista, i due anni di SSIS hanno prodotto su di me due principali effetti. Il primo è stato quello di aver rafforzato la suddetta convinzione ed anzi di avermi sempre più convinto dell'estrema importanza degli aspetti didattici, pedagogici e psicologici. Il secondo effetto, forse ovvio ma non scontato, è stato quello di avermi permesso, aiutato e spronato a muovere appunto i primi passi nel vasto e complesso mondo della didattica, della psicologia e della pedagogia.

Non vi è dubbio quindi, da questo punto di vista, che i due anni di SSIS si sono rivelati per me come due anni veramente importanti ed utili. Senza i corsi della SSIS sarebbe infatti stato impensabile riuscire ad affrontare la molteplicità e la varietà dei temi ai quali ho potuto invece, anche se marginalmente, avvicinarmi.

I corsi, i materiali messi a disposizione, i libri suggeriti, le scadenze e gli esami sono tutti aspetti (e ne ho citati solo alcuni) che mi hanno costretto a lavorare su determinati temi prestabiliti. Senza tali vincoli, ossia senza una scuola che conduca gli studenti attraverso un percorso, riuscire ad iniziare una propria formazione in certi settori diventa un'impresa quasi proibitiva. In altre parole, sono convinto che una "scuola per la scuola" o "scuola della scuola" sia utile è necessaria.

Il fatto che parlando di insegnamento si finisca inevitabilmente per parlare di meta-livelli (come in "scuola per la scuola") non è, io credo, un fatto casuale. E' ben noto come molti grandi pedagoghi, sociologi e psicologi abbiano posto l'accento sul fatto che per imparare e capire davvero qualcosa bisogna fare un percorso meta-cognitivo. Mi riferisco per esempio a Morin che dice "pas de connaissance sans connaissance de la connaissance"<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> E. Morin, *La Méthode, tome 3, La connaissance de la connaissance*. Edizione italiana: *Il metodo 3. La conoscenza della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1989.

o a Rogers con il suo "imparare ad imparare"<sup>2</sup> o, ancora, a Watzlawick, Beavin e Jackson quando sottolineano l'importanza semantica degli aspetti metacomunicativi della comunicazione<sup>3</sup>.

E' logico allora aspettarsi che una scuola che insegna ad insegnare debba necessariamente, nella forma e nel contenuto, mostrare ed affrontare aspetti concernenti vari meta-livelli (della conoscenza, dell'apprendimento, dell'insegnamento). La mia formazione di matematico mi porta a pensare che si tratti di aspetti molto interessanti.

Si tratta, a mio modo di vedere, di aspetti che hanno notevole importanza nel definire il ruolo stesso dell'insegnante e che, pertanto, ogni (futuro) insegnante dovrebbe affrontare.

L'indubbia fatica che ho dovuto fare (come ogni studente della SSIS) e l'iniziale smarrimento e perdita di riferimenti quando ho iniziato la SSIS, sono dovuti in gran parte, io credo, al doversi trovare ad affrontare dei livelli di pensiero sconosciuti (i meta-livelli di cui parlavo prima) per i quali non disponevo ancora degli schemi e delle strutture mentali necessarie. Lavorare su questo piano, ribadisco, è stato senz'altro formativo.

Un ruolo fondamentale lo ha giocato infine il tirocinio. Entrare nelle scuole, entrare nelle aule, interagire con i ragazzi e gli altri insegnanti, fare le prime esperienze dirette, conoscere con mano la realtà che dovrà diventare il nostro riferimento quotidiano, sono esperienze che hanno un valore incalcolabile. Le due esperienze di tirocinio che ho fatto, mi hanno portato a fare numerosi pensieri sui contenuti e le modalità della didattica e sui modi di relazionarsi con i ragazzi.

## **La professione dell'insegnante**

La professione dell'insegnante, volendola esercitare bene, non è una professione semplice.

Se non si può discutere sul fatto che un insegnante deve conoscere ciò che insegna e deve quindi avere una formazione tecnico-disciplinare specifica, ancora meno, a mio avviso, si può discutere il fatto che l'insegnante:

- deve intendersi di didattica in quanto disciplina che studia i processi di insegnamento-apprendimento,

---

<sup>2</sup> C. Rogers, *Libertà nell'apprendimento*, Giunti-Barbera, Firenze, 1973.

<sup>3</sup> P. Watzlawick, J.H. Beavin, D. Jackson, *Pragmatics of Human Communication*, Norton&Company, New York, 1967.

- deve intendersi di pedagogia in quanto disciplina che studia i processi educativo-formativi,
- deve intendersi, almeno in parte, di psicologia dal momento che si ha a che fare e si gestiscono relazioni fra persone.
- deve interessarsi di sociologia per comprendere i processi su scala sociale a cui l'istituzione scolastica partecipa.

A queste conoscenze-capacità, che ritengo assolutamente fondamentali, se ne possono aggiungere facilmente molte altre: capacità organizzative, conoscenza delle regole, delle leggi e dei meccanismi della scuola, ecc.

Possiamo ravvisare nel precedente elenco un progressivo allargamento degli orizzonti: dall'insegnare-apprendere, all'educare-formare, al relazionarsi, allo stare nella società. Il processo di insegnamento-apprendimento è in effetti un particolare processo di educazione-formazione il quale, a sua volta, è un particolare esempio di relazione e le relazioni, costituiscono, la base della società.

Questo progressivo allargamento porta con sé l'implicazione che per insegnare bisogna occuparsi anche di pedagogia, di psicologia e sociologia.

Questa catena di implicazioni non è affatto un mero gioco di astrazioni, essa infatti può essere in certo senso invertita: se la relazione che un insegnante instaura con il gruppo classe funziona bene allora tende a funzionare bene anche il processo di educazione-formazione e, a sua volta, tende a funzionare bene anche il processo di insegnamento-apprendimento.

Visto l'ampio numero di conoscenze e capacità che un docente deve avere, risulta senz'altro naturale ed importante che vi sia una scuola che gestisce e si prende cura della formazione degli insegnanti. Una tale scuola permette di conoscere le pratiche migliori, di rapportarsi con le varie idee presenti in letteratura, di conoscere gli errori da evitare, di muovere i primi passi in un territorio controllato, di sperimentare. Non vi è dubbio quindi, come avviene per tutti i mestieri, che una scuola di formazione degli insegnanti porta sicuramente dei benefici a chi dovrà praticare il mestiere di insegnante, ma anche, di conseguenza, a tutto il sistema scolastico.

## 2. Riflessioni sull'esperienza del laboratorio di didattica

Credo che una scuola per l'insegnamento non avrebbe senso senza un'area dedicata a studiare, affrontare e discutere i problemi della didattica. Da questo punto di vista l'area didattica della SSIS gioca quindi un ruolo fondamentale.

Nello specifico dei corsi di area didattica a cui ho preso parte io vorrei sottolineare alcuni aspetti.

Innanzitutto sono rimasto molto contento che fosse proposto un approccio laboratoriale. Quanto detto è volutamente ambiguo, potrebbe infatti significare che nelle lezioni di didattica veniva proposto di usare nelle scuole un approccio laboratoriale, oppure che nelle lezioni stesse si usava un approccio laboratoriale. Tale ambiguità rientra e si rifà a quanto detto nell'introduzione riguardo ai meta-livelli che la SSIS affronta. Quanto detto è volutamente ambiguo perché, mostrando con ciò una coerenza tra fare e proporre, le lezioni di didattica hanno quasi sempre avuto un approccio laboratoriale ed hanno sempre proposto un tale approccio come fondamentale per la scuola.

Sono rimasto contento che venisse proposto un tale approccio per vari motivi. Innanzitutto perché avevo sempre creduto che il tradizionale modo di fare lezione non abbia una grande efficacia e validità. In secondo luogo perché, pur non credendo ai metodi tradizionali, non avevo affatto le idee chiare su quali potessero essere altre metodologie e la SSIS mi ha aiutato a conoscerle. In terzo luogo perché nel proporre durante le lezioni stesse un approccio laboratoriale, fatto di discussioni ed attività di gruppo, le lezioni dell'area didattica sono risultate stimolanti, utili e non noiose come sarebbero state se avessimo semplicemente dovuto stare seduti ad ascoltare.

Con le lezioni di didattica ho imparato a capire cos'è un percorso didattico ed ho imparato ad avere la sensibilità necessaria ad immaginare un percorso didattico. Ho imparato ad immaginare le reazioni dei ragazzi ed a pensare i percorsi avendo sempre in mente tali reazioni.

Le molte discussioni e lavori di gruppo fatti durante le lezioni di didattica risultano importanti per abituarsi a stare con gli altri. Allenano e migliorano la capacità di relazionarsi con gli altri, di capirli e di farsi capire. Tutti questi sono aspetti importanti per un (futuro) insegnante.

E' stato importante anche poter discutere di metodologie e cominciare a conoscere le idee ed i nomi di importanti pedagoghi e sociologi. Da questo punto di vista devo alle lezioni di didattica il fatto di avermi fatto conoscere Edgar Morin che trovo un autore e

pensatore formidabile (vicino anche al tipo di astrazioni che la mia mente di matematico predilige).

Di assoluta ed estrema importanza sono state le lezioni fatte nel laboratorio di chimica (con la prof.ssa Letizia de Luca ed il prof. Roberto Caporali).

Io, che ho una formazione matematica e non ero mai entrato in un laboratorio chimico o di biologia, ho potuto, con gran gioia, mettere mano a provette e becchi bunsen e scoprire che certi esperimenti si possono fare davvero e non sono solo speculazioni astratte scritte sui libri. All'inizio, devo dire, ero un po' timoroso: avevo paura di fare dei guai, di rompere qualche strumento, di non avere la manualità necessaria. Poi, abbastanza in fretta, ho capito che anch'io potevo fare la mia parte e ho preso parte agli esperimenti con gran gusto. Anche da questo punto di vista le lezioni di laboratorio sono state fondamentali: solo provando si può scoprire e sapere come, se e quando si può fare un esperimento.

Sono venuto via dalla, fortunatamente lunga, serie di lezioni di laboratorio di chimica, portando via con me molte idee di esperimenti che potrò ripetere nelle scuole medie. Alcuni sono molto semplici ed altri sono spettacolari, alcuni si possono fare senza attrezzature o accortezze particolari mentre altri richiedono qualche strumento. L'importante è che le lezioni di laboratorio mi hanno lasciato questo repertorio di esperimenti ed immagini mentali che sento come miei e che potrò riusare quando farò lezione.



### 3. Tirocinio attivo: Percorso Didattico di Scienze. I meccanismi dell'evoluzione.

#### **Presentazione del percorso e del lavoro svolto.**

Durante il tirocinio attivo ho progettato e portato avanti con la classe un percorso dedicato ai meccanismi dell'evoluzione. Le idee di base che ho voluto seguire nella progettazione di questo percorso sono state le seguenti:

**scomporre il funzionamento dell'evoluzione nelle sue componenti,  
coinvolgere i ragazzi con varie attività,  
fare ampio uso di nuove tecnologie.**

L'idea di fare uso delle nuove tecnologie nasceva dalla convinzione che per i ragazzi di oggi, nati e cresciuti nell'era digitale, un tale approccio potesse risultare molto più vicino ai loro modi di produrre, pensare ed elaborare la conoscenza <sup>4</sup>.

Durante lo svolgimento di questo percorso ho creato il [sito online delle lezioni](#)<sup>5</sup> in cui i ragazzi potevano rivedere il materiale delle lezioni (**presentazioni, simulazioni, giochi**) ma anche il materiale prodotto da loro stessi (**scritte, disegni, animazioni**). L'[animazione finale](#) prodotta con i disegni dei ragazzi è stata anche messa su **YouTube**<sup>6</sup> di modo che i ragazzi hanno potuto mostrarla ad amici e parenti.

Il sito delle lezioni, le simulazioni al computer, l'attività che ha portato a produrre l'animazione e l'inserimento dell'animazione stessa su YouTube hanno avuto un forte potere trainante durante lo svolgimento delle lezioni.

Credo di poter dire che il percorso è risultato molto stimolante per i ragazzi e che abbia perciò avuto una notevole efficacia nel portarli a pensare ed a fare proprie molte delle questioni connesse con l'argomento affrontato.

---

<sup>4</sup> Vi è da anni un'ampia discussione su questi temi. Può risultare interessante a tale proposito, la visione dei seguenti video:

["Pay Attention"](#) (YouTube: [http://www.youtube.com/watch?v=\\_M\\_336pDWoM](http://www.youtube.com/watch?v=_M_336pDWoM) )  
["A vision of students today"](#) (YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=dGCJ46vyR9o> )  
["Did You Know"](#) (YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=ljbl-363A2Q> )

<sup>5</sup> Sito delle lezioni: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

<sup>6</sup> Animazione finale su YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=W0mgWEI2mjc>

## **Titolo del percorso didattico**

**"L'evoluzione degli esseri viventi"**

## **Discipline interessate**

Biologia, Informatica.

## **Classe di riferimento e collocazione nel tempo scuola**

Terza classe della scuola secondaria di primo grado.

## **Premessa e motivazioni della scelta**

La scelta di dedicare il percorso didattico all'evoluzione è dovuta alla voglia di provare a cimentarsi nell'ideazione di un percorso e nell'insegnamento di un argomento che risulta essere di ampio respiro e caratterizzato dalla presenza di molteplici aspetti complessi che interagiscono fra sé.

Nel proporre un percorso sull'evoluzione si tratta in primo luogo, a mio modo di vedere, di tratteggiare, evidenziare e fare emergere il concetto stesso di evoluzione.

Una volta fatto questo passo, ed aperta una discussione su questi temi, affiorano immancabilmente varie domande e tematiche di grande complessità quali: come avviene l'evoluzione? come è nata la vita? come nascono le specie? quali sono le prove a favore dell'evoluzione? qual è l'origine dell'uomo? come si relaziona la teoria dell'evoluzione con altri aspetti culturali?

Alcune di queste domande saranno affrontate nel percorso didattico, per altre (quali "nascita della vita" ed "evoluzione e cultura") si avrà cura di sottolineare che non rientrano in un percorso dedicato ai meccanismi dell'evoluzione.

L'idea del percorso proposto è quella di procedere gradualmente facendo emergere, analizzando e lasciando sedimentare un concetto per volta. **Ci si concentrerà:**

**in primo luogo sul concetto stesso di evoluzione,  
poi su quello di variabilità e mutazione,  
poi sulle prove che testimoniano l'evoluzione delle specie  
ed infine sul meccanismo della selezione naturale.**

Un ultimo passo sarà quello di rimettere i vari concetti insieme con l'aggiunta di alcuni approfondimenti.

## **Collocazione del percorso didattico**

Un percorso didattico sull'evoluzione degli esseri viventi deve necessariamente collocarsi dopo aver affrontato la genetica e l'ereditarietà.

## **Metodologie didattiche utilizzate**

Nel progettare questo percorso didattico ho cercato di attenermi il più possibile ai seguenti principi generali che ritengo fondamentali.

- E' importante immaginare situazioni che possano attivare l'interesse dei ragazzi e, con esso, la motivazione intrinseca ad apprendere.
- Per instaurare situazioni che risultino stimolanti per i ragazzi è importante relazionarsi con il vissuto e con il mondo emotivo dei ragazzi. E' importante partire dalle loro conoscenze, ascoltare le loro idee.
- E' importante offrire vari modi di approccio ad un argomento (disegni, schemi, spiegazioni, modelli, diapositive, discussioni, esperimenti, ...) per dare a tutti più possibilità di entrare in risonanza con l'argomento stesso.

Sulla base di questi principi, le metodologie che ho immaginato di adottare sono le seguenti: dare spazio al fare ed alle emozioni dei ragazzi, dare spazio alle discussioni aperte alla classe, rendere concreto con modelli e disegni l'argomento trattato, fissare i punti importanti emersi in ogni lezione scrivendoli con chiarezza a fine lezione sulla lavagna (o, meglio ancora, su un cartellone), variare il tipo di stimoli di ogni lezione.

Ritengo che i principi appena elencati siano fondamentali in generale ed ancor più nei casi in cui il tema affrontato presenta particolari difficoltà e complessità.

Un percorso didattico che abbia come argomento l'evoluzione si trova a dover affrontare diversi aspetti complessi; alcuni di questi aspetti sono comuni a molti altri percorsi didattici di scienze, altri invece sono specifici di questo argomento. Tra tali aspetti quelli che mi sono sembrati più rilevanti ed ai quali, quindi, ho dedicato maggior attenzione sono i seguenti.

- **Interesse e motivazione.** Ogni percorso didattico deve affrontare il problema di riuscire ad interessare e motivare i ragazzi. **Nello specifico, dato che si parla di processi non direttamente osservabili, è importante fare in modo di rendere il percorso didattico, concreto** e vicino al vissuto dei ragazzi. A questo scopo ho proposto, nelle varie fasi, molte attività e simulazioni.
- **Scala temporale.** L'evoluzione degli esseri viventi nel suo complesso è avvenuta su una scala temporale molto grande. Questo aspetto pone vari problemi nella progettazione del percorso, primo fra questi il fatto che i ragazzi fanno, giustamente, molta fatica a dare un significato ad espressioni quali "4 miliardi di anni fa". A questo scopo ho proposto varie attività e simulazioni al computer per mezzo delle quali è possibile rappresentare una sorta di accelerazione dei processi evolutivi ed è possibile cominciare a rendersi conto dell'ordine di grandezza di certe misure temporali.
- **Effetto cumulativo delle mutazioni.** Può essere difficile immaginare l'effetto cumulativo di mutazioni successive. A questo scopo ho previsto l'attività della Fase 2 che rende evidente questo processo.
- **Prove.** Posti di fronte alla teoria dell'evoluzione, dai ragazzi potrebbe emergere la questione di quali prove si abbiano per sostenere tale teoria. Si tratta, credo, di un'ottima occasione per mostrare come nasca una teoria poggiando sulle indicazioni fornite da varie branche.
- **Selezione naturale.** Fare in modo che i ragazzi si facciano un'idea chiara e precisa del meccanismo della selezione naturale (in associazione con la variabilità delle specie) è sicuramente un punto fondamentale di qualunque percorso sull'evoluzione. Ho dedicato particolare spazio alle simulazioni interattive al computer per mezzo delle quali è possibile vedere la selezione in atto in tempi brevi. Sebbene le simulazioni al computer modellizzino solo alcuni aspetti della realtà, ritengo che siano estremamente efficienti nell'evidenziare certi fenomeni. Inoltre l'uso del computer ha, in generale, l'effetto di aumentare l'attenzione ed attivare i ragazzi.

Ampio spazio è stato dato nel percorso all'**uso del computer** per le presentazioni, le simulazioni, i filmati.

Durante lo svolgimento del percorso stesso è nata l'idea che si potessero raccogliere i materiali usati e prodotti in classe in un [sito online delle lezioni](#)<sup>7</sup>. E' avvenuto allora che a partire dalla prima lezione ho cominciato a creare il sito internet delle lezioni.

**Il sito è liberamente accessibile da tutti ed ha avuto un forte potere nell'attrarre la curiosità e l'attenzione dei ragazzi, sia in classe che a casa.** (Si veda la descrizione in una delle sezioni successive).

## **Obiettivo generale**

Descrivere i meccanismi attraverso cui avviene l'evoluzione degli esseri viventi e portare i ragazzi a comprendere che i cambiamenti che subisce una popolazione col passare del tempo sono il risultato di continue selezioni degli individui che risultano più adatti all'ambiente in cui vivono.

## **Descrittori di competenze**

- Elenca alcune delle prove a favore della teoria dell'evoluzione delle specie.
- Elenca i fattori responsabili dell'evoluzione.
- Sa descrivere in cosa consiste una mutazione.
- Elenca alcune cause delle mutazioni genetiche.
- Descrive il meccanismo della selezione naturale.
- Descrive il ruolo della variabilità nell'evoluzione delle specie.
- Descrive il ruolo della selezione naturale nell'evoluzione delle specie.
- Descrive il concetto di omologia e sa fare degli esempi.
- Descrive il concetto di analogia e sa fare degli esempi.
- Descrive la teoria di Lamarck ed i punti erronei di tale teoria.

## **Prerequisiti**

Ereditarietà: i caratteri ereditari e le leggi dell'ereditarietà.

DNA: le funzioni del DNA.

---

<sup>7</sup> Sito delle lezioni: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

## Risorse

Lavagna, gessi colorati, foglietti adesivi (stile "post-it"), vari fogli spessi e grandi con cui realizzare cartelloni, scotch e puntine, pennarelli (uno per ogni ragazzo), computer portatile, proiettore e schermo, aula informatica con accesso a internet.

Inoltre il docente deve disporre di: accesso a internet, software per editing video, software per creazione di animazioni.

Il progetto fa anche uso di:

**YouTube** (per caricare e rendere pubblica l'animazione creata) <sup>8</sup>,

Di un dominio (o spazio in un dominio) per la **pubblicazione del sito delle lezioni** <sup>9</sup>.

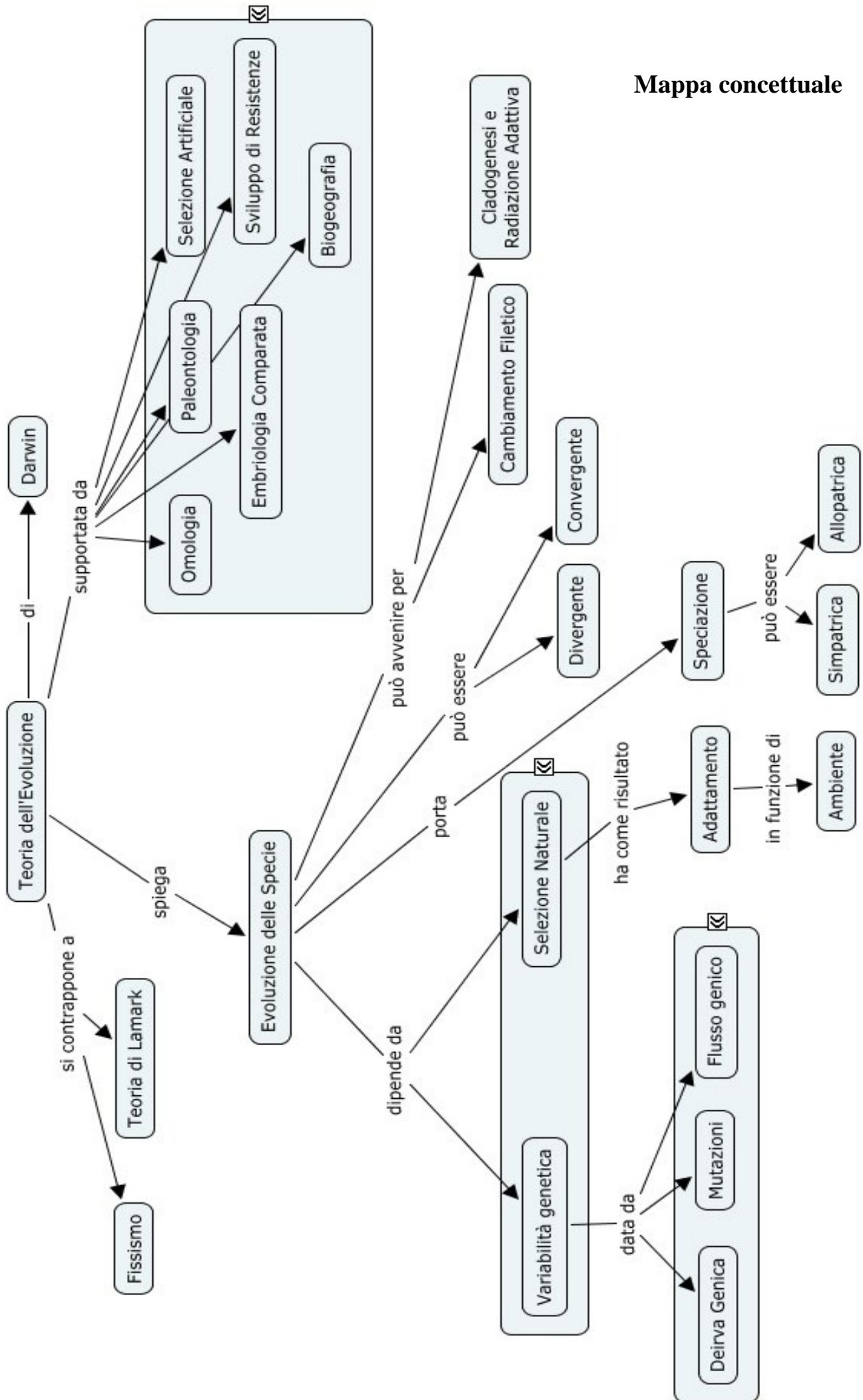
---

<sup>8</sup> Video prodotto con i disegni dei ragazzi, YouTube:

<http://www.youtube.com/watch?v=W0mgWEI2mjc>

<sup>9</sup> Avevo comprato anni fa, per gioco, il dominio <http://www.guzman.it/>. Quando ho iniziato ad insegnare ho pensato che il dominio, che era sempre rimasto in costruzione, poteva essere sfruttato in modo interessante per scopi didattici.

# Mappa concettuale



## Elenco delle fasi del percorso

**Fase 1. Evoluzione: pensiamoci!** Fase introduttiva, di attivazione e di discussione.

**Fase 2. Era un pesce!** Attività sulle mutazioni. Per mezzo di disegni copiati e "trasmessi" si producono più linee evolutive di uno stesso disegno. Tali disegni vengono poi usati per creare un'**animazione che viene resa pubblica per mezzo di internet**.

**Fase 3. Ma chi lo dice che le specie evolvono? Presentazione al computer** interattiva: esempi di anatomia comparata, i fossili, esempi di embriologia comparata, Lamarck, Darwin ed il suo viaggio.

**Fase 4. La selezione. Vediamola in atto.** Simulazioni al computer. I ragazzi interagiscono con **simulazioni al computer riguardanti la selezione**.

**Fase 5. Quattro miliardi di anni fa??!** Breve presentazione dedicata all'albero filogenetico degli esseri viventi ed attività sul concetto di tempo.

**Fase 6. Cosa abbiamo imparato?** Breve fase di sintesi e schematizzazione di quanto affrontato, visto e provato.

**Fase 7. Vediamo se ho capito!** Verifica e correzione della verifica.

## Fasi del percorso di scienze

### **Fase 1. Evoluzione: pensiamoci! ([online](#)<sup>10</sup>)**

#### **Coinvolgimento iniziale della classe, discussione. (1 ora)**

*Si tratta di una prima fase introduttiva incentrata sul fare emergere le idee dei ragazzi.*

La lezione si apre chiedendo ai ragazzi di scrivere le **parole** che vengono loro in mente se pensano alla parola "evoluzione". Ogni ragazzo scrive la parola pensata su un **foglietto adesivo** (stile "post-it") consegnato precedentemente dall'insegnante.

---

<sup>10</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 1: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase1>



Questa attività ha lo scopo di rapportarsi con le conoscenze dei ragazzi e di stimolare dei pensieri e delle emozioni. Il fatto che le parole scritte verranno raccolte e lette a tutta la classe attiva l'attenzione dei ragazzi e congiuntamente all'emozione di mostrare i propri pensieri. A questo proposito le teorie psicologiche sottolineano l'importanza di attivare il mondo emotivo insieme a quello prettamente cognitivo: le emozioni svolgono infatti una funzione di filtro nei confronti di tutto ciò con cui interagiamo. I foglietti adesivi, con la loro distribuzione e raccolta, danno alla lezione una dimensione di gioco che rende le emozioni positive.

L'insegnante legge le parole scritte dai ragazzi ed **i foglietti vengono attaccati** su un cartellone cercando di dividere i foglietti stessi in aree tematiche. Una volta capito il meccanismo, i ragazzi stessi, ad ogni nuova parola, discutono in che punto attaccarla rispetto a quelle già presenti. Alcune parole potrebbero ripetersi ma è importante attaccare tutti i foglietti perché questo darà all'insegnante ed ai ragazzi il senso di quali siano state le immagini più frequenti. Si chiederà poi ai ragazzi se pensano che ci siano altre parole che possono essere aggiunte ed in quale punto. Si potranno poi evidenziare, delimitando le zone col pennarello, i foglietti che riguardano una stessa tematica.

Questa attività ha vari scopi: rende attivi e partecipi i ragazzi, che collaborano con l'insegnante a creare la "mappa mentale della classe" riguardo al concetto di evoluzione, ed attiva un dialogo tra i ragazzi che devono mettere a confronto le loro idee.

La lezione prosegue con lo stile di **discussione** guidata dall'insegnante. (Inutile sottolineare che la discussione deve seguire rigide regole, quali: si alza la mano per parlare e si attende che ci venga data la parola, non si ribatte alle osservazioni dei compagni se non alzando la mano ed attendendo la parola, ecc. La "pena" per chi infrange le regole e di non poter intervenire alla discussione per un certo periodo di tempo: 10 minuti, 15 minuti, 20 minuti). L'insegnante guida la discussione verso vari temi.

Che cos'è l'evoluzione?

Esiste davvero l'evoluzione o le specie sono fisse?

Come funziona l'evoluzione?

Si tratta di temi grandi e complessi, tuttavia lasciare che i ragazzi ne discutano e provino a ragionarci su, risulta molto importante non solo per i ragazzi ma anche per l'insegnante che si rende ben conto di quali siano i pensieri dei ragazzi stessi.

Emergeranno questioni di vario tipo che richiederanno comportamenti diversi da parte dell'insegnante.

In certi casi l'insegnante potrà aggiungere informazioni e stimolare la discussione: "Aristotele pensava che le specie fossero fisse ed immutabili", "Un importante scienziato del 1800, Lamarck, pensava che ...", ecc.

In altri casi l'insegnante dovrà dire ai ragazzi che quell'aspetto dell'argomento in esame verrà trattato in una futura lezione (per esempio, prove a favore della teoria dell'evoluzione).

In altri casi ancora l'insegnante dovrà chiarire che certi aspetti, anche se di grande interesse, esulano dall'argomento in esame o addirittura dalla disciplina: origine della vita, rapporti tra teoria evoluzionistica e religione.

I principali punti su cui l'insegnante indirizzerà la discussione sono: significato dell'evoluzione, meccanismi dell'evoluzione, mutazioni (variabilità) e selezione naturale. Sono punti che risulteranno particolarmente delicati, tuttavia lasciare ai ragazzi la possibilità di pensarci un po' da soli, dà loro una maggiore consapevolezza del problema e li rende maggiormente in grado di ascoltare e comprendere le eventuali successive spiegazioni dell'insegnante.

Questa discussione aperta dà anche all'insegnante la possibilità di capire quali siano le conoscenze e/o i misconcetti dei ragazzi.

Nelle lezioni successive ci sarà modo di approfondire i vari aspetti e si affronterà un aspetto per volta: mutazioni, prove, selezione, tempo.

## **Fase 2. Era un pesce! ([online](#)<sup>11</sup>)**

### **Attività sulle mutazioni. (1,30 ora)**

*Si tratta di una fase fondamentale. Per mezzo di una attività molto interessante si cattura l'attenzione dei ragazzi e si fanno emergere molte delle questioni connesse con l'evoluzione. Emerge in maniera chiara il concetto ed il ruolo delle mutazioni.*

La seconda lezione può risultare talvolta un momento difficile. L'entusiasmo della novità è passato ed i ragazzi rischiano di pensare che l'argomento si trasformi in trasmissione di nozioni (a meno che non abbiano molta fiducia nel modo di operare del

---

<sup>11</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 2: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase2>

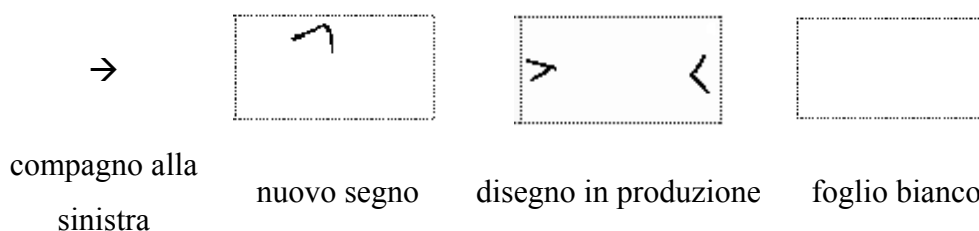
docente). Per questo motivo è importante che la seconda lezione presenti qualcosa che possa attivare l'interesse e la curiosità.

Si comincerà col riassumere quanto visto nella lezione precedente anche sfruttando il cartellone prodotto durante tale lezione. Questo serve a fare riemergere i pensieri, le elaborazioni e le emozioni che i ragazzi stavano portando avanti.

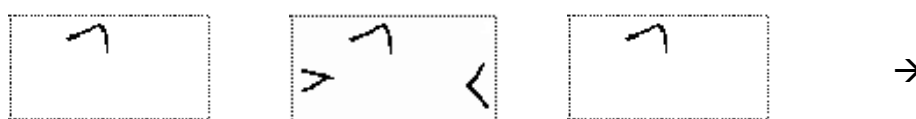
Una volta fatte riemergere e sottolineate le varie questioni, **giunge il momento di una interessante e divertente attività che ha lo scopo di mostrare gli effetti delle mutazioni cumulative. Si tratta di una specie di telefono senza fili ma fatto con i disegni e strutturato in modo da ottenere vari discendenti, variamente mutati, a partire da uno stesso disegno. (Questi disegni saranno poi usati per creare un'animazione al computer che mostra varie linee di discendenza di uno stesso disegno).**

### Descrizione dell'attività sulle mutazioni.

I ragazzi vengono divisi in quattro file (parallele alla cattedra). Ogni ragazzo in ciascun momento si trova davanti tre fogli (della dimensione di mezzo foglio A4, ossia di dimensione A5). Sul foglio centrale c'è il disegno che il ragazzo sta producendo. Sul foglio di sinistra, passato dal compagno alla sua sinistra, c'è invece un segno. Il foglio di destra è bianco. Un esempio della situazione potrebbe essere il seguente:



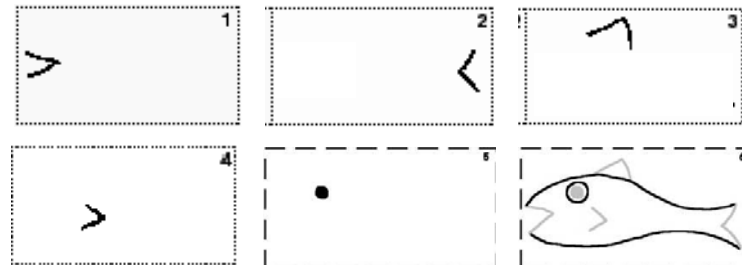
Il ragazzo deve copiare il nuovo segno sul suo disegno (foglio centrale) cercando di riprodurre in maniera precisa il disegno di sinistra. Dopo aver fatto questa operazione il ragazzo copia anche il nuovo segno sul foglio bianco alla sua destra e passa il segno copiato al compagno alla sua destra:



nuovo segno      disegno in produzione      segno copiato      compagno alla  
 destra

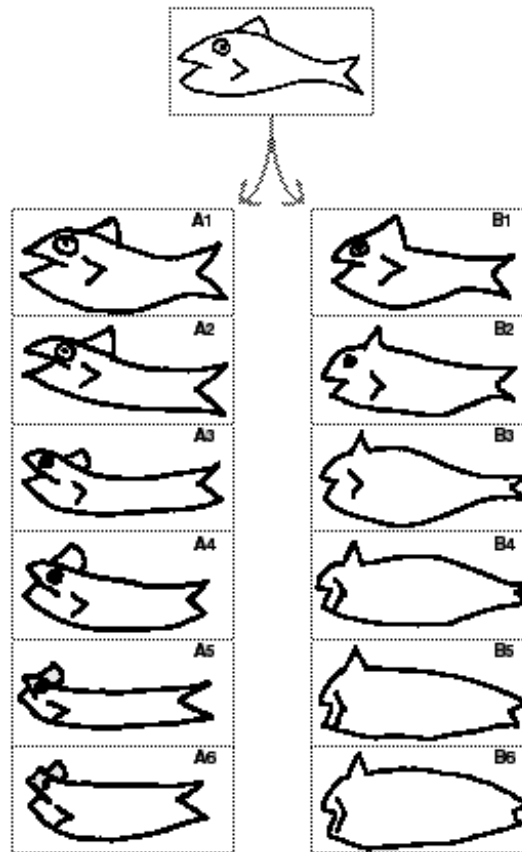
I nuovi segni vengono forniti al primo ragazzo di ogni fila dall'insegnante. Ad ogni passaggio i segni subiscono una copiatura, vengono aggiunti al disegno in produzione e vengono passati al compagno vicino. Questa procedura rappresenta il processo di duplicazione e trasmissione (di una parte) del DNA. Ogni segno rappresenta un carattere controllato da un gene, o da un gruppo di geni, che viene copiato, mutato e trasmesso. Le imperfezioni nella copiatura si accumulano con i vari passaggi, che rappresentano, a loro volta, le generazioni. Se ogni fila è composta da sei ragazzi, l'ultimo ragazzo della fila crea un disegno le cui parti sono tutto il frutto di sei processi di copiatura.

Così come in questa descrizione, i ragazzi non sanno cosa stanno disegnando e questo impedisce di correggere il disegno in funzione di una visione globale. Ecco (come esempio) la sequenza completa dei segni che vengono forniti al primo ragazzo di ogni fila.



Ed ecco quale potrebbe essere il risultato prodotto da due file  
 (l'esempio è preso da una attività svolta realmente in una classe<sup>12</sup>):

<sup>12</sup> L'idea per questa attività è ripresa da [The National Health Museum](http://www.nationalhealthmuseum.org) (Washington DC, USA). Il museo nazionale statunitense sulla salute e le bioscienze ha creato sul suo sito ([www.nationalhealthmuseum.org](http://www.nationalhealthmuseum.org)) una sezione (a partire dal 1993), dal nome [Access Excellence Activities Exchange](http://www.accessexcellence.org) ([www.accessexcellence.org](http://www.accessexcellence.org)) che "fornisce accesso alle risorse ed alle informazioni scientifiche, tramite il World Wide Web, agli insegnanti di scienze e di educazione alla salute della scuola secondaria". La descrizione dell'attività da me proposta si trova alla voce : "[Evolution simulation](http://www.accessexcellence.org/AE/SH/NSTA_NOR/vavala_evol.php)", by Phil Valvala ([http://www.accessexcellence.org/AE/SH/NSTA\\_NOR/vavala\\_evol.php](http://www.accessexcellence.org/AE/SH/NSTA_NOR/vavala_evol.php)).



Il pesce in alto (disegnato dall'insegnante) rappresenta il capo stipite, le due sequenze di pesci rappresentano invece due possibili linee di discendenti. Ciascun disegno è ottenuto dal precedente per copia, solo che la copia è avvenuta parte per parte, senza avere una visione completa di ciò che si stava copiando.

Dopo l'attività si attaccano su un cartellone le quattro linee di discendenti prodotte dalle quattro file e si dà ai ragazzi la possibilità di commentare ciò che è avvenuto. All'inizio probabilmente i commenti verteranno sulla "bellezza" o "bruttezza" dei vari pesci e sui vari aspetti del disegno. Ciò, credo sia normale ed, anzi, positivo perché testimonia di un coinvolgimento emotivo dei ragazzi. L'insegnante può convogliare tale emotività ed attenzione verso un'analisi più precisa di ciò che è avvenuto. Nell'esempio riportato, per esempio, il ragazzo B2 ha scordato (per la sorpresa di scoprire che il disegno che stava facendo era un pesce) di copiare l'occhio. Questa "mutazione" si è trasmessa a tutta la discendenza. Nella fila A invece il ragazzo A3 si è visto costretto a disegnare una schiena inarcata ed anche in questo caso la caratteristica si è trasmessa ai discendenti.

I ragazzi potranno apprezzare quanto l'effetto cumulativo di lievi mutazioni possa alterare drasticamente il risultato finale. Potranno anche toccare con mano il concetto di evoluzione divergente nell'osservare la differenza tra i risultati finali di ogni fila. (Per una

analisi più dettagliata dell'attività si veda la descrizione a posteriori dell'attività svolta in classe in una sezione successive).

L'insegnante potrà a questo punto indirizzare la discussione verso il tema della selezione naturale che verrà poi affrontato pienamente nelle lezioni successive.

Se l'attività è andata bene, **l'insegnante potrà usare a casa i disegni prodotti durante tale attività per creare un'animazione al computer delle varie linee di discendenza del disegno iniziale<sup>13</sup>. Tale animazione potrà anche essere resa pubblica ed usufruibile per mezzo di internet.** (Così è effettivamente avvenuto in classe: [Video dei pesci Mutanti prodotto con i disegni dei ragazzi](#) <sup>14</sup>)

### **Fase 3. Ma chi lo dice che le specie evolvono? ([online](#) <sup>15</sup>)**

#### **Presentazione al computer. (1,30 ora)**

*La terza fase del percorso è costituita da una presentazione al computer dal carattere interattivo.*

Prima di iniziare la presentazione, l'insegnante consegna ai ragazzi una **fotocopia contenente le immagini (in scala) delle varie "linee evolutive" del pesce, prodotte dai ragazzi stessi nella lezione precedente.** In questo modo anche ai ragazzi resta traccia di quella che è stata l'esperienza in classe. Inoltre il rivedere il prodotto della lezione precedente riattiva l'attenzione e porta a fare mente locale sul tema che si sta affrontando.

Se la **creazione dell'animazione al computer** è andata bene, l'insegnante potrà mostrarla ed ottenere un sicuro effetto sull'attenzione, la curiosità ed il coinvolgimento dei ragazzi. L'effetto sarà aumentato se l'animazione sarà **direttamente disponibile su Internet, per esempio per mezzo di YouTube** <sup>16</sup>.

Si passa poi a una presentazione al computer (la presentazione è [scaricabile online](#)) .

---

<sup>13</sup> Un buon strumento per tale scopo risulta essere Animation Pro (che fa parte della suite di Paint Shop Pro) che è in grado di creare anche le immagini di transizione per mezzo del morphing; si tratta, purtroppo, di un software a pagamento. Sono comunque disponibile molti altri editor di animazioni sia gratuiti che liberi.

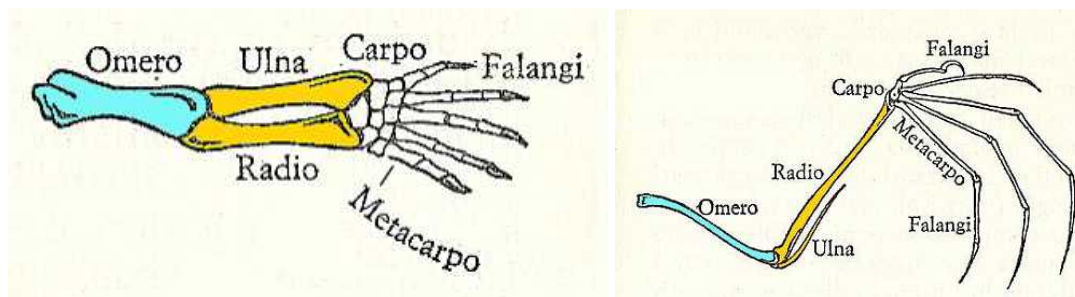
<sup>14</sup> YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=W0mgWEI2mjc>

<sup>15</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 3: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase3>

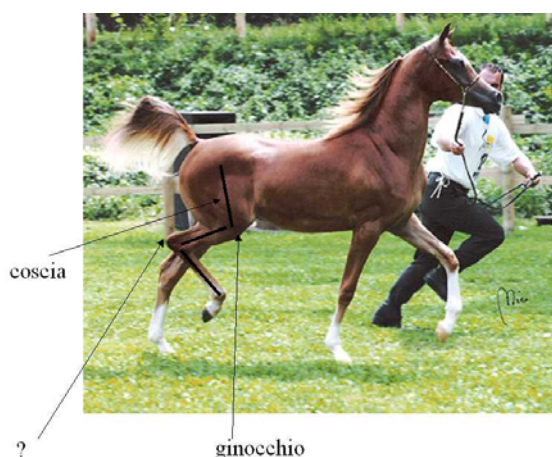
<sup>16</sup> Si veda il link della nota precedente di due posizioni a questa.

L'uso del computer aiuta a rendere gli stimoli variati ed è capace, in generale, di catturare l'attenzione dei ragazzi.



La presentazione mostra innanzitutto le immagini dello **scheletro degli arti anteriori di alcuni tetrapodi** (tartaruga, delfino, pipistrello, cavallo, uomo, uccello, rana). Si lascia che i ragazzi provino ad indovinare di quali animali si tratta con lo scopo di farli rendere conto, proprio grazie ai loro tentativi, di come gli arti di tutti questi animali siano fortemente simili. Si sottolineerà il fatto che si tratta di una situazione molto simile a quella che hanno potuto riscontrare nel disegno del pesce fatto in classe: alcuni strutture si allungano, altre si accorciano, ma l'aspetto è molto simile.

Si inserisce in questo punto una fase interattiva dedicata all'**omologia** tra gli arti del cavallo e gli arti dell'uomo. I ragazzi dovranno trovare le corrispondenze tra le varie parti degli arti del cavallo e gli arti dell'uomo:

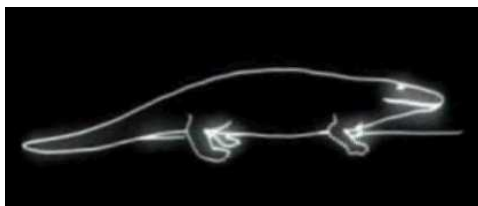


Per farli lavorare nella stessa direzione di pensiero si presenta loro anche una immagine dello scheletro della balena, evidenziano la presenza delle ossa del bacino e del femore.

Sempre nella stessa direzione di pensiero si mostrano loro alcuni immagini sull'evoluzione del cavallo ricostruita grazie ai fossili.

Si presenta poi anche una immagine che mostri la somiglianza fra gli embrioni di vari animali.

A questo punto si guarda un breve ma bellissimo **filmato** che mostra, per mezzo di trasformazioni graduali, la linea dell'evoluzione degli esseri viventi che partendo dagli esseri unicellulari arriva all'uomo:



Il filmato è tratto dai famosi documentari "Cosmos" di Carl Sagan<sup>17</sup>.

Durante queste fasi è importante che venga lasciato spazio alle osservazioni ed alle domande che emergono spontaneamente dai ragazzi. Si tratta della verbalizzazione di emozioni e pensieri che contribuiscono in maniera decisiva al processo di apprendimento.

La presentazione prosegue raccontando **di Lamarck** e della sua teoria. Si discuterà con i ragazzi l'importanza di Lamarck per aver sostenuto l'evoluzione delle specie ma si discuteranno anche i punti erronei della sua teoria.

Si conclude la presentazione raccontando **di Darwin, della sua vita, del suo viaggio** e di alcune sue osservazioni.

Si apre infine una discussione su quali siano le linee evolutive che sopravvivono in natura e quali invece no. Si portano cioè i ragazzi a ragionare sul meccanismo della selezione naturale.

#### **Fase 4. La selezione? Proviamo! (online <sup>18</sup>)**

##### **Simulazioni al computer. (1,30 ora)**

La terza fase del percorso è costituita da **tre simulazioni al computer riguardanti la selezione e la selezione naturale** (le simulazioni sono disponibili online e sul sito creato durante le lezioni). I ragazzi potranno interagire con le simulazioni e rendersi conto di quali siano le conseguenze della selezione in associazione con le mutazioni.

---

<sup>17</sup> C. Sagan, "Cosmos", <http://www.carlsagan.com/>

Varie versioni dei filmati di Sagan sull'evoluzione disponibili su YouTube:

"Evolution - Vangelis Alpha - Cosmos": <http://www.youtube.com/watch?v=eYRtwjFnjgM>

"Carl Sagan - Cosmos – Evolution": <http://www.youtube.com/watch?v=EYzx6C4irsI>

"Carl Sagan's - Cosmos – Evolution": <http://www.youtube.com/watch?v=bV3Xa3jPxsg>

<sup>18</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 4: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase4>



La [prima simulazione](#)<sup>19</sup> riguarda un essere di fantasia. Questo essere possiede sulla testa un pennacchio allungabile che usa per catturare il cibo che passa al di sopra della sua testa. La capacità di allungamento del suo pennacchio è regolata da un carattere ereditario.



Sullo schermo sono mostrati molti di tali esseri ma solo quelli che hanno una maggiore capacità di allungare il pennacchio riescono a mangiare a sufficienza ed a riprodursi. I figli nascono con caratteristiche simili, ma non necessariamente uguali, ai genitori. Col passare del tempo è possibile notare come la capacità di allungare il pennacchio viene selezionata dalla situazione stessa. I ragazzi possono gestire il tempo che passa, accelerandolo o rallentandolo. All'inizio risulta di aiuto far passare il tempo molto piano per capire il comportamento del singolo essere. Una volta capito il comportamento del singolo essere, ai ragazzi viene istintivo accelerare il tempo per vedere il comportamento (ossia, l'evoluzione) della specie. Questo passaggio dalle leggi che regolano l'individuo alle leggi che regolano le popolazioni, credo sia molto importante.

La [seconda simulazione](#)<sup>20</sup> presenta invece una famosa situazione reale, quella di **Biston Betularia**.



I ragazzi sono chiamati a giocare il ruolo degli uccelli che cercano di mangiare le farfalle. Il fondo dello schermo è rappresentato dalla corteccia di un albero chiaro. Su tale corteccia si posano frequentemente le farfalle della specie Biston Betularia. Bisogna catturare le farfalle cliccandoci sopra con il puntatore del mouse. Si scopre ben presto che il numero di farfalle chiare tende ad aumentare in rapporto a quello delle farfalle scure perché quelle scure sono molto più facili da scovare. Come nella storia di Biston Betularia

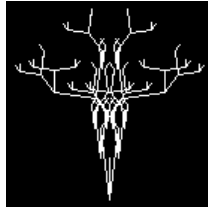
---

<sup>19</sup> **Prima Simulazione**, gli esserini col pennacchio:  
<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/simulazioni/pennacchi.html>

<sup>20</sup> **Seconda Simulazione**, la farfalla Biston Betularia:  
<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/simulazioni/pepperedmoth/pepperedmoth.html>

in Inghilterra, anche nella simulazione è possibile cambiare il colore della corteccia dell'albero e farlo diventare scuro. Ben presto sono le farfalle scure ad avere maggiori probabilità di sopravvivenza. Si tratta di una simulazione che funziona molto bene.

La **terza simulazione**<sup>21</sup> offre invece la possibilità di attuare una selezione artificiale su una sorta di piccoli esseri di fantasia<sup>22</sup>.



Questi esseri sono in grado di riprodursi dando luogo ad altri esseri simili ma con lievi mutazioni. In ogni momento sullo schermo compaiono nove varianti di tali esseri. I ragazzi possono ad ogni passo decidere quale variante far riprodurre. Ci si rende ben presto conto che continuando a selezionare, anche se le mutazioni sono casuali e piuttosto lievi, si ottengono esseri molto dissimili da quello originale.

Tra una simulazione e l'altra, ed anche a fine lezione, l'insegnante guida i ragazzi verso una discussione che chiarisca il significato di ciò che si è visto e provato.

## **Fase 5. Il rotolone del tempo !? ([online](#)<sup>23</sup>)**

### **Breve presentazione dedicata all'albero filogenetico degli esseri viventi ed attività sul concetto di tempo. (1,30 ora)**

Questa fase costituisce un momento di approfondimento. I meccanismi dell'evoluzione dovrebbero essere ormai chiari e si possono affrontare alcuni aspetti specifici dell'evoluzione.

Anche in questa fase è previsto l'uso di una **presentazione al computer** per poter mostrare facilmente schemi ed immagini che aiutano la comprensione.

---

<sup>21</sup> **Terza Simulazione**, I Biomorfi di Richard Dawkins:

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/simulazioni/biomorphs/biomorphs.html>

<sup>22</sup> L'ideatore della simulazione è Richard Dawkins, noto etologo, biologo e divulgatore scientifico britannico.

Dawkins su Wikipedia: [http://it.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Dawkins](http://it.wikipedia.org/wiki/Richard_Dawkins)

Sito ufficiale di Dawkins: <http://www.richarddawkins.net/>

<sup>23</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 5: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase5>

Il primo argomento di approfondimento potrebbe essere costituito dal concetto di **speciazione**. Come compare una nuova specie? Si può porre il problema e rispondere con alcuni esempi generali.

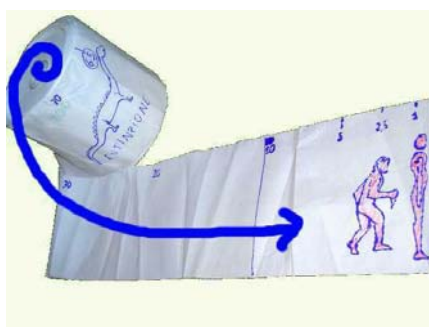
Si potrà poi affrontare, in maniera estremamente semplificata, l'albero filogenetico degli esseri viventi. Si mostrerà una **forma semplificata dell'albero filogenetico** e se ne discuterà. Potrebbe risultare utile alla fine della discussione mostrare anche un albero filogenetico più dettagliato con lo scopo di far percepire la ricchezza e la complessità generata dai meccanismi dell'evoluzione.

Avendo sott'occhio l'albero filogenetico degli esseri viventi si può approfondire meglio il **concetto di tempo**. A questo scopo ho previsto una **semplice attività** che ha lo scopo di cominciare a dare una idea del significato di espressioni quali "4 miliardi di anni fa".

#### **Descrizione dell'attività.** ([online](#)<sup>24</sup>)

Questa attività ha lo scopo di provare a rendere tangibile il concetto di tempo e provare con ciò a dare una certa concretezza e collocazione a quanto fin'ora affrontato.

L'insegnante presenta alla classe un grosso rotolone di carta di quelli da 500 strappi. Spiega alla classe che in realtà nel rotolone sono stati lasciati 460 fogli e ricorda che l'età della terra è di circa 4,6 miliardi di anni.



Con un semplice calcolo i ragazzi scoprono che ogni foglio corrisponde quindi a 10 milioni di anni. Si chiede allora ai ragazzi: se il centro del rotolone rappresenta la formazione del pianeta terra, in quale foglio compare la specie Homo Sapiens (la nostra specie)? I ragazzi provano a rispondere e probabilmente qualcuno conosce anche la risposta. Si mostra allora che nell'ultimo quarto dell'ultimo foglio è effettivamente disegnato un uomo.

---

<sup>24</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Attività del "Rotolone del tempo":

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/rotolone/rotolone.html>

L'insegnante fa scoprire ai ragazzi che egli ha in precedenza scritto su ogni foglio il numero di milioni di anni nel passato a cui corrisponde: 10, 20, 30, ...; ed ha anche disegnato ogni tanto alcuni gruppi di animali o piante per indicarne la comparsa.

Nasce allora il gioco di srotolare piano piano il rotolone per scoprire via via quali esseri viventi compaiono e quanti fogli ci vogliono. Ben presto ci si rende conto che tutto il tempo necessario all'evoluzione delle varie specie del genere Homo (circa mezzo foglio) è ben poca cosa rispetto ai tempi dell'evoluzione nel suo complesso.

Srotolando il rotolone si giungerà alla comparsa, tra l'altro, di (i numeri indicano i milioni di anni fa, dividendo per 10 si ottiene il numero di fogli che bisogna srotolare): (2,5) homo sapiens, (130) piante con fiore, (150) uccelli, (200) mammiferi, (230) dinosauri, (300) rettili, (360) anfibi, (400) insetti, (470) piante terrestri, (500) pesci, (570) progenitori dei tetrapodi (ossia di insetti, ragni, crostacei), (600) primi animali semplici, (1000) primi esseri viventi pluricellulari.

Qui si smette di srotolare e si guarda il rotolone di fianco. Rimane ancora la maggior parte dei fogli: ne abbiamo srotolati appena 100. Sul fianco sono segnati: (2000) cellule complesse (eucarioti), (3000) cellule fotosintetiche, (3800) comparsa della vita sulla terra, (4600) formazione del pianeta terra.

Ovviamente lo scopo principale non è quello di fare imparare ai ragazzi le epoche della comparsa dei diversi gruppi di esseri viventi ma di far loro percepire i rapporti tra diverse grandezze temporali.

## **Fase 6. Cosa abbiamo imparato?**

### **Sintesi e ripasso. (1 ora)**

Come conclusione del percorso esplorativo (ma prima della verifica), l'insegnante sollecita i ragazzi a riorganizzare in schemi sintetici ciò che hanno imparato. Questa attività ha lo scopo di abituare la capacità di formare schemi ed immagini mentali che organizzano le informazioni. Tali schemi ed immagini, insieme alla capacità di crearli ed elaborarli, costituiscono parte integrante del processo di apprendimento.

## **Fase 7. Vediamo se ho capito! ([online](#)<sup>25</sup>)**

### **Verifica formativa. (40 minuti, di cui 15 minuti per rispondere a 15 domande a scelta multipla)**

La verifica è una fase importante del processo. Essa deve rispecchiare i contenuti e le modalità di spiegazione adottati durante le lezioni. Deve essere breve e veloce in modo da verificare l'apprendimento senza costituire una nube persecutoria. Deve essere corretta subito per sfruttare lo stato di concentrazione dei ragazzi in modo da costituire una occasione di chiarimento.

Quella che propongo è una verifica di 15 domande a scelta multipla con 15 minuti di tempo per rispondere a tutte le domande.

Una volta avvenuta la consegna si passerà alla correzione delle risposte. Si spiegherà quali erano le risposte giuste e perché. Si ascolteranno i dubbi, le incertezze, i commenti sui punti poco chiari. La correzione dei singoli compiti verrà fatta a casa dall'insegnante che riporterà le verifiche corrette per la lezione successiva.

---

<sup>25</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 6-7: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase6>

**Verifica. ([online](#) <sup>26</sup>)**

(15 domande a scelta multipla da rispondere in 15 minuti)

1) I meccanismi fondamentali dell'evoluzione delle specie sono (3)

- Il potenziamento degli organi per mezzo del loro uso
- La variabilità (mutazioni) e la selezione artificiale
- La variabilità (mutazioni) e la selezione naturale
- L'adattamento all'ambiente grazie agli sforzi individuali

2) Le zampe posteriori del canguro sono omologhe a (3)

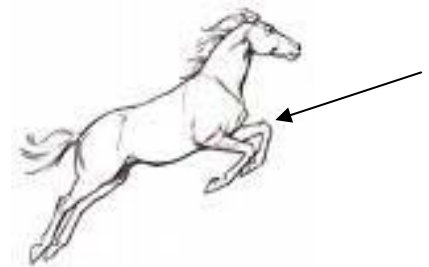
- Le zampe posteriori della cavalletta
- Le zampe posteriori della pulce
- Le zampe posteriori della tigre
- Le zampe posteriori del ragno

3) Le ali del pappagallo sono omologhe a (4)

- Le ali della farfalla
- I piedi palmati della papera
- Le ali della zanzara
- Le braccia dell'uomo

4) L'articolazione indicata in figura è omologa nell'uomo a (3)

- La spalla
- Il gomito
- Il polso
- Le falangi



5) Le mutazioni sono dovute (2)

- Alla necessità di adattamento all'ambiente
- Ad errori casuali nella duplicazione del DNA e ad agenti esterni
- Alla necessità di evolvere da parte delle specie
- Ad errori casuali durante il processo di sintesi delle proteine

6) La selezione naturale avviene perché gli individui più adatti alla vita in un certo ambiente (4)

- Hanno la necessità di migliorare le proprie condizioni
- Hanno la certezza di vivere più a lungo di quelli meno adatti
- Hanno minore probabilità di subire mutazioni
- Hanno maggiore probabilità di riprodursi

---

<sup>26</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Verifica: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/verifica/fase7.html>

7) Le mutazioni sono (1)

- eventi casuali rari
- eventi casuali frequenti
- eventi non casuali molto rari
- eventi non casuali molto frequenti

8) Le mutazioni (3)

- sono frequentemente vantaggiose
- hanno il fine di fare evolvere le specie
- sono raramente vantaggiose
- hanno il fine di non far sopravvivere gli individui meno adatti

9) La selezione naturale (3)

- ha il fine di far evolvere le specie
- ha il fine di non far sopravvivere gli individui meno adatti
- ha come conseguenza l'evoluzione delle specie
- ha come conseguenza il progresso tecnologico

10) L'uomo (3)

- deriva dalle scimmie
- non ha un progenitore comune con le scimmie
- ha un progenitore comune con le scimmie
- non è frutto del processo di evoluzione delle specie

11) L'evoluzione riguarda (1)

- tutte le specie di esseri viventi
- solo le specie animali
- solo il genere umano
- tutti gli enti naturali, viventi e non viventi

12) Lamarck sosteneva che (4)

- l'uso di un organo, lo consuma e lo deteriora
- l'uso di un organo, modifica il DNA
- i caratteri acquisiti non vengono trasmessi ai discendenti
- i caratteri acquisiti vengono trasmessi ai discendenti

13) Una farfalla ben mimetizzata sul tronco di un albero (1)

- ha una minore probabilità di essere predata
- ha una minore probabilità di riprodursi
- ha una maggiore probabilità di essere schiacciata inavvertitamente
- ha una maggiore probabilità di essere oggetto di attenzione

14) La vita è comparsa sulla terra (4)

- circa 4.000 anni fa
- circa 40.000 anni fa
- circa 4 milioni di anni fa
- circa 4 miliardi di anni fa

15) E' possibile ottenere incroci tra zebra e cavallo (3)

- perché hanno un aspetto simile
- perché sono della stessa specie
- perché appartengono a specie evolutivamente molto vicine
- perché sono entrambe mammiferi quadrupedi

Ogni risposta esatta vale 1 punto.

La soglia di accettabilità è fissata a 9 punti (corrispondente a 6/10).

<b>Risposte corrette</b>	<b>Votazione</b>
15	Ottimo
13-14	Distinto
11-12	Buono
9-10	Sufficiente
0-8	Insufficiente



## Come si sono svolte le lezioni di scienze

In questa sezione vorrei descrivere ed analizzare come si sono svolte realmente le lezioni in rapporto con quanto descritto e previsto nel progetto del percorso.

Innanzitutto, prima di analizzare le singole fasi, devo dire che sono molto soddisfatto di come la classe ha risposto alla proposta di percorso da me presentata. Diverse delle fasi da me previste sono risultate molto motivanti per i ragazzi e questo ha fatto sì che il percorso assumesse per loro particolare significatività. Le azioni didattiche che hanno avuto maggiore potere trainante sono state:

- **i bigliettini con relativa discussione aperta** (apprezzata dai ragazzi per la possibilità di esprimersi liberamente ed in seguito per la comparsa dei [loro bigliettini su internet](#)),
- **l'attività dei pesci mutanti** (accolta con grande entusiasmo; ha poi avuto ampia risonanza anche grazie alla produzione del video che riassume i disegni dei ragazzi e [l'inserimento di tale video su YouTube](#) <sup>27</sup> e nel sito internet delle lezioni),
- **la presentazione al computer** (apprezzata dai ragazzi per l'uso del computer, delle immagini e dei filmati, nonché per il filmato dei pesci da loro stessi disegnati),
- **l'attività di simulazione al computer della selezione** (apprezzata per l'uso del computer, delle [simulazioni](#) e per la possibilità di interazione),
- **il rotolone del tempo** (apprezzata per la concretezza e per il meccanismo della scoperta),
- **il sito [Internet delle lezioni](#)** <sup>28</sup> (ha suscitato un'enorme attrattiva e sorpresa).

Procediamo con ordine <sup>29</sup>.

---

<sup>27</sup> Video prodotto con i disegni dei ragazzi: <http://www.youtube.com/watch?v=W0mgWEI2mjc>

<sup>28</sup> Sito delle lezioni: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

<sup>29</sup> Una **documentazione precisa del percorso** e dell'attività svolta in classe si può trovare anche nel citato sito Internet delle lezioni: [www.guzman.it](http://www.guzman.it) (nella sezione 3EDinoCompagni2008).

## 1 Discussione aperta ("brain storming") ([online](#) <sup>30</sup>)

La prima fase, coincidente con la prima lezione, prevedeva la classica attività dei bigliettini sui quali ciascuno scrive una parola che pensa collegata al tema che si sta per affrontare ("Scrivete la prima parola che vi viene in mente se dico 'evoluzione' "; questo era il comando); si raccolgono poi i bigliettini, si suddividono gli stessi per temi e filoni attaccandoli ad un cartellone e si apre infine una discussione sulle tematiche che emergono naturalmente, a partire da questa attività, o con lo stimolo del docente.

Avevo già svolto nella classe la parte attiva del tirocinio riguardante la matematica. Durante le lezioni di matematica avevo avuto modo di conoscere meglio la classe ed i singoli ragazzi. I ragazzi, per conto loro, avevano avuto il modo, durante tali lezioni, di conoscere me ed il mio modo di fare lezioni ed avevano avuto il tempo di capire se tale modalità li interessava ed il tempo per adeguarsi a tale modalità. Durante il percorso di matematica avevo avuto il modo di constatare come le lezioni di carattere laboratoriale riscuotessero, in una classe non abituata a tali lezioni, un particolare interesse ed attivassero la curiosità.

Credo di poter dire che la classe nutriva delle aspettative riguardo alle lezioni ed al percorso di scienze che averi dovuto fare.

Considerando tali aspettative, temevo che iniziare con una lezione che, invece di proporre qualcosa, lascia che emergano le idee dei ragazzi ed, a partire da queste, lascia emergere una discussione aperta, potesse risultare in qualche modo deludente per i ragazzi stessi. Forse la paura di proporre qualcosa di deludente era anche dovuta al fatto che si trattava per me della prima volta in cui mi sarei trovato a discutere di argomenti di scienze; per di più in balia delle domande e delle argomentazioni di 25 ragazzini.

A posteriori posso dire che le mie paure erano del tutto infondate. La classe non era abituata alle discussioni aperte<sup>31</sup> per cui il fatto di poter parlare, discutere, esprimere idee e raccontare conoscenze, rappresentava per i ragazzi la proposta di una attività tutt'altro che deludente. L'attività si è rivelata anche estremamente importante per me stesso che ho potuto farmi un'idea molto precisa delle immagini e delle conoscenze possedute dai ragazzi.

---

<sup>30</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 1: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase1>

<sup>31</sup> Le lezioni di scienze della mia tutor erano quasi sempre così strutturate: 20 minuti circa di spiegazione frontale, 20 minuti circa di lettura del libro, 20 minuti circa di interrogazione (di due o tre ragazzi). Alla fine della lezione frontale i ragazzi possono porre qualche domanda alla tutor riguardante gli argomenti spiegati.

Scrivere i bigliettini ed aiutarmi a dividerli in tematiche, attaccandoli ad un cartellone, è stata una attività che i ragazzi hanno svolto con piacere. Alla fine sono emersi cinque filoni principali:

- uomini,
- scimmie,
- cambiamento, trasformazione,
- crescita, sviluppo,
- progresso, tecnologia, scoperte.

Ecco le foto dei [loro bigliettini](#) <sup>32</sup>:

### Scimmie



<sup>32</sup> Pagina online: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/bigliettini/Bigliettini.html>

## Uomini



## Cambiamento/Trasformazione e Crescita/Sviluppo



**Progresso, tecnologia, scoperte**



A partire da questi bigliettini attaccati su un cartellone si è aperta una discussione in classe.

Non è stato particolarmente difficile, grazie anche, devo dire, alla rigidità del comportamento che esige normalmente la mia tutor, mantenere un certo ordine durante la discussione. I ragazzi alzavano la mano ed io davo la parola. Quando c'erano molte mani alzate io elencavo velocemente i nomi di coloro che sarebbero intervenuti in modo che non dovessero aspettare con la mano alzata; poi erano loro stessi a ricordare con assoluto rigore l'ordine assegnato: se qualche volta mi confondevo nel dare la parola ai singoli, venivo prontamente corretto.

La discussione ha toccato molti. Si è discusso innanzitutto di cosa fosse l'evoluzione delle specie e se alcuni dei temi da loro indicati avessero o no a che fare con l'evoluzione delle specie: cambiamento, trasformazione, crescita, sviluppo, progresso tecnologico.

Si è a lungo discusso il concetto di "miglioramento". Diversi di loro sostenevano che evolvere significasse migliorare ed io chiedevo "migliorare rispetto a cosa?". Qualcuno ha poi tirato fuori le parole "adattamento" ed "ambiente" ed allora è risultato più chiaro anche a loro che quello che volevano dire non era "migliore" (in un senso generico e non ben precisato) ma "più adatto all'ambiente".

Alla fine è risultato chiaro che l'evoluzione delle specie è quel fenomeno per cui a partire da certe specie è possibile che ne compaiano altre più adatte all'ambiente in cui si trovano. È risultato anche chiaro che lo sviluppo e la crescita (sia di un individuo, che di una società) non sono fenomeni direttamente collegati all'evoluzione così come non lo è il progresso tecnologico.

Per dare un significato più preciso ai termini della questione siamo ritornati, su mia richiesta, anche sulla definizione di specie. Dopo alcuni tentativi e con qualche precisazione, la definizione è venuta fuori.

Abbiamo poi discusso del perché, visto che l'evoluzione riguarda tutte le specie di esseri viventi secondo quanto risposto da loro stessi ad una mia precisa domanda, avessero invece insistito nei bigliettini sull'uomo e sulla scimmia. Era chiaro, e lo abbiamo detto, che quella dell'uomo e della scimmia è l'immagine che emerge nella scuola elementare ma anche nella società quando si parla di evoluzione.

Collegandosi con questo aspetto alcuni hanno chiesto cosa avesse a che fare la parola "mare" contenuta in un bigliettino. Altri hanno risposto in maniera abbastanza precisa.

Altri ritornando sul concetto di specie chiedevano quali incroci fra animali di specie diverse fossero possibili. Ho fatto alcuni esempi (zebra-cavallo, tigre-leone) e la questione

destava enorme curiosità. Mi chiedevano di vedere le immagini di incroci strani e volevano capire perché certi incroci fossero possibili ed altri invece no. Ritenendo che la loro curiosità avesse anche un valore esplorativo (oltre che ludico; fa sempre ridere immaginare o vedere un cavallo con le zampe a strisce) connesso con l'argomento in questione, ho promesso loro che saremmo ritornati sull'argomento e che avrei mostrato loro le immagini che fossi riuscito a trovare. (Nella terza lezione ho dedicato dieci minuti della presentazione al computer a mostrare incroci strani ed a ribadire che ciò che li rendeva possibili era il fatto che si trattava di specie evolutivamente molto vicine).

Durante la discussione è emerso anche che affinché le specie evolvano è necessario che negli individui compaiano dei "cambiamenti" e si è accennato al fatto che nel DNA possono comparire delle mutazioni.

Verso la fine della discussione ho sottolineato il fatto che avevamo toccato molte questioni ma che avevamo ancora tanto da capire e da vedere e che sarebbero rimasti sorpresi di quante aspetti dell'evoluzione si possono capire con precisione. Non volevo infatti che insorgesse l'idea che in definitiva i meccanismi dell'evoluzione erano a loro già chiari.

La discussione è stata molta viva ed attiva. Molti sono i ragazzi che sono intervenuti (provando a ricordare ed a fare un conto, direi che almeno i tre quarti dei ragazzi sono intervenuti su qualche punto della discussione). I ragazzi sono stati ben contenti di poter esprimere le loro idee ed i loro punti di vista. Io conducevo la discussione e cercavo di indirizzarla con domande precise ma non ho mai introdotto tematiche che non fossero emerse dai ragazzi e non ho mai preso il controllo della discussione per arrivare a dare le spiegazioni precise delle questioni che emergevano. Ci sarebbe stato tempo nelle lezioni successive per spiegare certi aspetti con precisione; ritenevo più importante che emergesse la curiosità e la voglia di partecipare. Se fossi intervenuto a dissolvere ogni dubbio avrei, credo, tolto a molti la possibilità di provare a intervenire per risolvere la questione.

I ragazzi intervenivano con piacere e l'ora di lezione è trascorsa in un susseguirsi di interventi; tuttavia si è mantenuto sempre un certo ordine nel senso che non vi sono stati momenti in cui parlavano tutti insieme, sono stati quasi sempre rispettati i turni per parlare, non si è finiti fuori tema.

In due occasioni, come avevo immaginato anche durante la fase di progettazione della lezione, ho dovuto indicare che gli aspetti che stavano emergendo non ci riguardavano in questo percorso: origine della vita e dell'universo e rapporto tra scienza e religione.

La lezione è risultata estremamente utile anche per me.

Ho potuto rendermi conto che i ragazzi, in generale, conoscevano molti più aspetti della questione di quanti credessi ed ho potuto constatare come fossero incuriositi anche dai dettagli di certi aspetti. Per contro emergeva il fatto che il tema dell'evoluzione non aveva ancora nelle loro idee una sistemazione chiara e precisa.

Tenendo presenti questi due aspetti emersi durante la discussione (ossia: conoscenza vaga di molti aspetti, mancanza di schematizzazione e sistemazione degli stessi) ho potuto dare alle lezioni successive un taglio ed un registro molto più mirato di quanto non avrei fatto se non vi fosse stata la discussione stessa.

La lezione ha avuto anche un altro sviluppo che si è poi rivelato molto importante. Giunto a casa infatti ho scannerizzato i bigliettini dei ragazzi ed composto una semplice pagina internet che riproducesse il cartellone fatto in classe. A questo punto **mi è venuta l'idea di creare un sito internet in cui raccogliere i materiali delle lezioni** (prodotti da me o dai ragazzi) e di mettere tale sito a disposizione anche dei ragazzi stessi <sup>33</sup>.

L'operazione può sembrare lunga e complessa ma se si hanno gli strumenti e le conoscenze adatte richiede in realtà lo stesso tempo che aprire una cartella e copiare un file.

Così ho fatto: ho creato lo spazio su un dominio internet<sup>34</sup> ed copiato la pagina con i bigliettini dei ragazzi in tale spazio.

Racconterò in seguito gli sviluppi che l'idea del sito delle lezioni ha avuto. Voglio qui però raccontare gli sviluppi che tale idea ha avuto in rapporto alla lezione con i bigliettini e la discussione aperta.

I bigliettini erano ovviamente anonimi e tali rigorosamente erano rimasti. La lezione successiva ho cominciato a segnalare il fatto che stavo costruendo il sito delle lezioni e che vi avrebbero ritrovato i vari materiali delle lezioni, compresi i bigliettini. La lezione ancora dopo ho riscontrato con sorpresa che erano diversi quelli che avevano visitato il sito; non solo: erano felici di rivedere il loro bigliettini e di rivendicarne la paternità. "Quello al

---

<sup>33</sup> Sito delle lezioni: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

<sup>34</sup> Io possedevo già un dominio internet ma non avevo mai deciso cosa metterci dentro. Lo avevo comprato (costa molto poco) in previsione di un giorno in cui avessi voluto creare un sito. (Per altro non è necessario possedere un dominio per creare un sito. Molte aziende mettono a disposizione spazio gratuito per chi voglia creare un sito; tra queste, per esempio, Google).



centro con scritto Tecnologia in grande è il mio!", "Quello con Scimmia-Mare è il mio!", etc.

## **2 I pesci mutanti. ([online](#) <sup>35</sup>)**

Nella seconda lezione (anche questa di 50 minuti) ho fatto fare ai ragazzi la prevista attività sui pesci mutanti. Come ho già sottolineato i due meccanismi fondamentali dell'evoluzione venivano in questo percorso affrontati separatamente in modo da capire il funzionamento e le caratteristiche di ciascuno prima vedere come agiscono insieme. Questa attività si concentrava quindi esclusivamente sull'aspetto delle mutazioni. (Si veda la [Sezione 2 – Fase 2](#) per una descrizione dettagliata del funzionamento dell'attività).

L'attività richiede una certa preparazione di materiali da parte dell'insegnante (si usano molti fogli A4 divisi in due, ogni ragazzo deve ricevere un mazzetto di 6 fogli ed un foglio separato e contrassegnato; l'insegnante inoltre deve preparare tante fotocopie dei segni iniziali quante sono le file; vale infine la pena portarsi diversi pennarelli nel caso, probabile, che diversi ragazzi si scordino di portarli). L'attività richiede inoltre che il meccanismo sia spiegato con precisione ai ragazzi.

Visti questi aspetti e temendo che ci potessero essere malintesi tra me ed i ragazzi riguardo al funzionamento dell'attività, avevo pensato accuratamente al modo di descriverla ed avevo preparato una serie di cartoncini in cui mi ero scritto i punti fondamentali che non dovevo scordare di dire. Sul sito in cui avevo trovato la descrizione dell'attività (si veda la bibliografia) si diceva che era veramente divertente ed interessante, tuttavia non avendola mai provata ne sentitone parlare, temevo che qualcosa potesse andare storto.

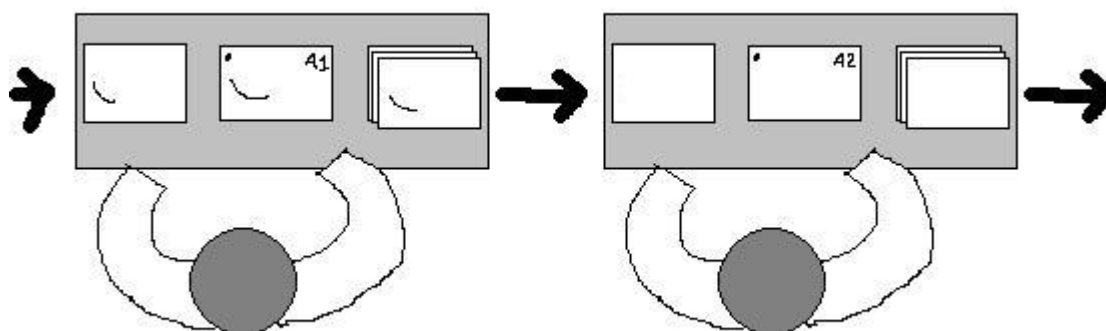
Quando sono entrato in classe ho trovato i ragazzi vogliosi di collaborare: sapevano che ci sarebbe stata una attività sull'evoluzione con fogli e disegni ed attendevano con ansia. Ho detto loro che avevo bisogno di tutta la loro collaborazione per realizzare un esperimento e che fondamentalmente si trattava di una sorta di catena di montaggio per mezzo della quale ciascuno di loro avrebbe realizzato un suo disegno. Ho spiegato con precisione il meccanismo e cercando di evitare ogni possibile ambiguità di interpretazione,

---

<sup>35</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 2: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase2>

così come si spiegano le regole di un gioco. Per essere più chiaro mi riferivo anche ad uno schema da me disegnato alla lavagna:



Era anche importante che i ragazzi non sapessero cosa stavano disegnando ed ho chiesto loro di non dire nulla via via che lo scoprivano.

Trattandosi di una sorta di catena di montaggio ho spiegato che bisogna lavorare secondo i tempi che io avrei scandito con i seguenti comandi:

- 1- Copiate il segno alla vostra sinistra sul foglio centrale,
- 2- Copiate il segno alla vostra sinistra su un foglio bianco alla vostra destra,
- 3- Passate il foglio di destra al compagno alla vostra destra.

Questo in definitiva era tutto quello che dovevano fare quando la catena di montaggio era a regime (bisognava però stare attenti all'avvio ed in particolare al termine del meccanismo).

Non so se per effetto dell'impegno che ho messo nel cercare di essere chiaro e non ambiguo nelle spiegazioni oppure perché quando interessati i ragazzi capiscono al volo, fatto è che nessuno ha trovato le regole particolarmente difficili e nessuno ha avuto particolari domande da fare.

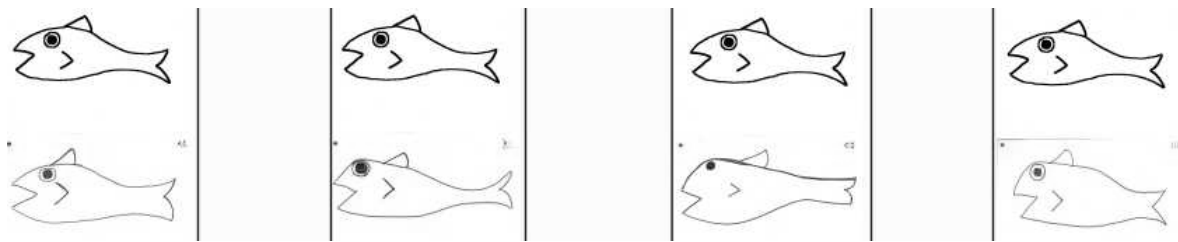
Abbiamo quindi svolto l'attività. Io scandivo i comandi ed i ragazzi li eseguivano con cura. Per portare a termine l'attività ho dovuto scandire la sequenza dei comandi per 12 volte (6 per fare entrare in gioco ogni nuovo segno e 6 affinché anche l'ultimo segno raggiungesse l'ultimo ragazzo di ogni fila).

Già durante lo svolgimento dell'attività avevo cominciato a capire che l'esperimento stava venendo bene. La conferma l'ho avuta quando ho cominciato ad attaccare in fila sulla lavagna i disegni dei ragazzi. E' stato un momento molto significativo per tutta la classe.

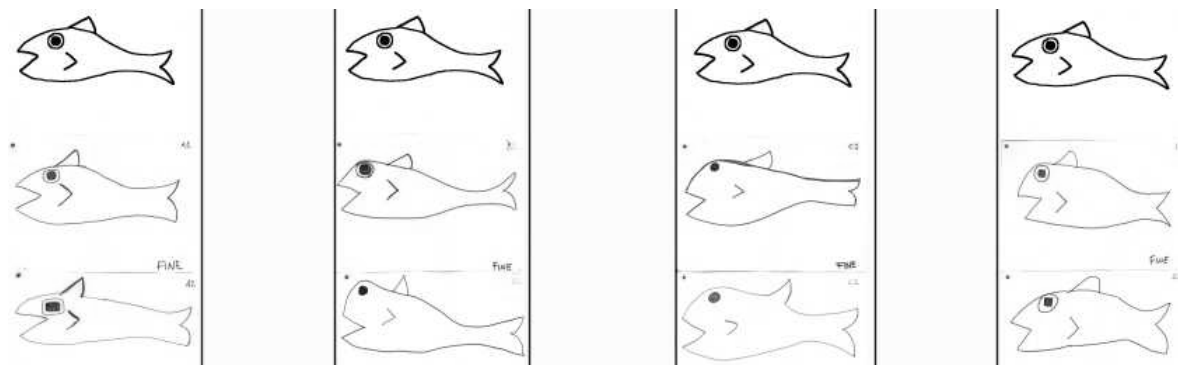
Innanzitutto ho attaccato i quattro disegni originali tutti uguali, capostipiti di ogni fila:



Sotto a questi ho attaccato i disegni prodotti dal primo ragazzo di ogni fila (ricordo che i disegni dei pesci non sono ottenuti per copia diretta dell'intero pesce ma per copie parziali delle singoli parti del pesce senza sapere che si tratta di un pesce):



Sotto a questi ho attaccato i disegni prodotti dal secondo ragazzo di ogni fila:



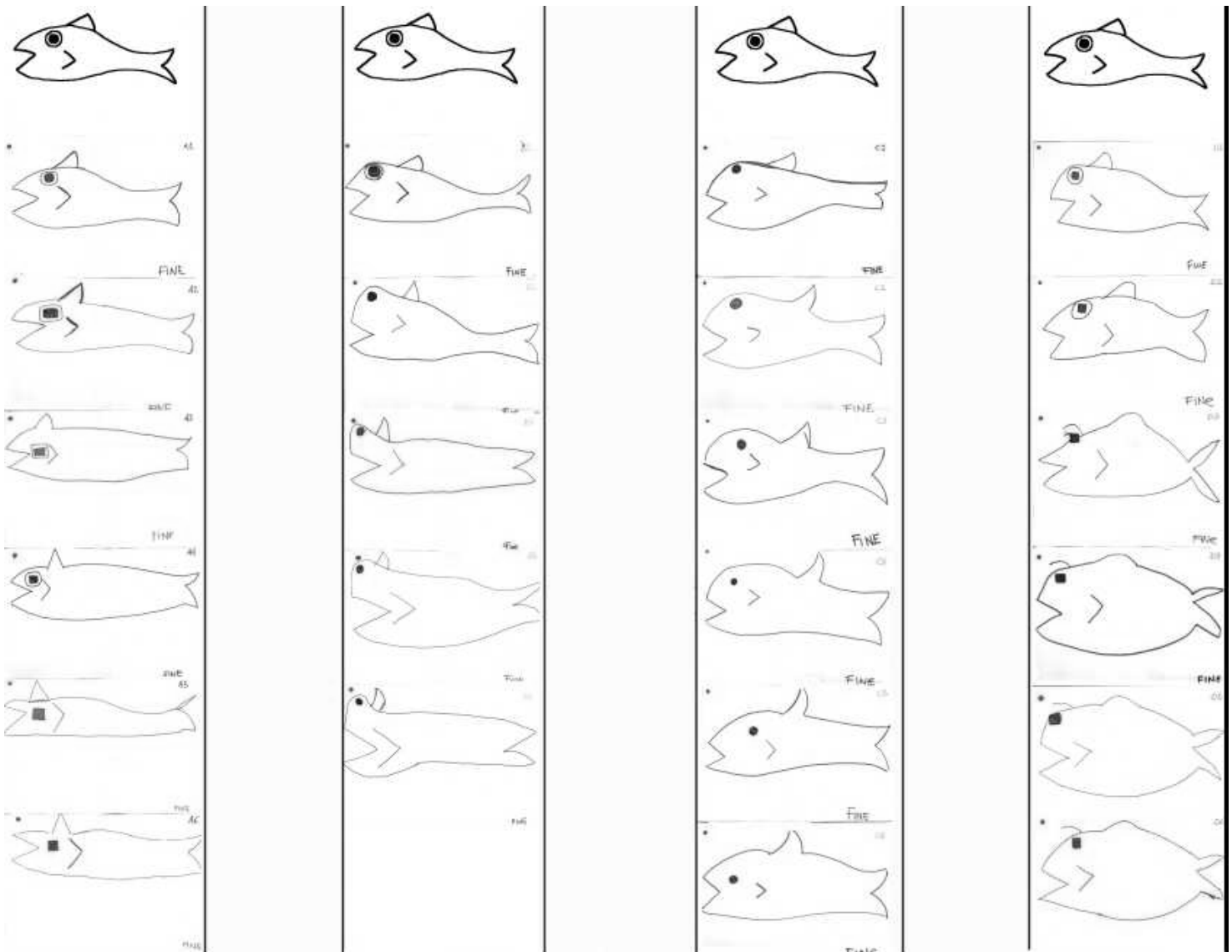
I ragazzi erano veramente interessati a capire ciò che era successo. L'interesse e la curiosità si mischiavano all'emozione di vedere i loro stessi disegni come parte di un processo più complesso che loro stessi avevano fatto avvenire.

Ho segnalato come il loro ruolo fosse stato in realtà quello di copiatori di gruppi di geni: "quando copiavate la pinna, voi eravate i copiatori dei geni della pinna, le imperfezioni che avete involontariamente introdotto nella copiatura della pinna si sono tramandate nelle generazioni successive". E' cominciato allora il gioco di capire quali mutazioni avesse introdotto ogni fila ed in quale momento.

Nella Fila A il pesce era diventato magro e con l'occhio rettangolare, nella Fila B l'occhio aveva perso il cerchio intorno e si era alzato, anche nella Fila C l'occhio aveva perso il cerchio intorno, nella Fila D la pinna stava diventando tondeggiante, ecc.

Via via che io continuavo ad attaccare i pesci delle "generazioni" successive, i ragazzi avevano sempre più osservazioni da fare ed erano tutte molto precise.

Il risultato finale è stato il seguente:



Ai ragazzi è risultato molto chiaro il fatto che ogni pesce assomiglia al suo predecessore ma che l'effetto cumulativo delle variazioni poteva portare alla fine a quattro pesci molto diversi tra loro ciascuno con sue caratteristiche specifiche.

Ad un certo punto ho sbagliato ad attaccare un pesce e tutti, subito, mi hanno corretto: era infatti evidente che non poteva essere il discendente del pesce sotto al quale lo avevo attaccato.

Tanto per citare alcune delle tantissime osservazioni riporto qui la particolare attenzione che hanno ricevuto la pinna quasi scomparsa del pesce dell'ultima fila, il suo essere diventato "grasso", la pinna in posizione avanzata del pesce della seconda fila e la sua testa a bernoccolo.

Nell'ultima parte della lezione abbiamo discusso e riassunto ciò che era emerso nella lezione. E' venuto fuori anche un accenno alla selezione naturale: qualcuno ha fatto notare che forse non tutte le varianti del pesce sarebbero sopravvissute; la variante che ha quasi perso la pinna, per esempio, potrebbe avere problemi di stabilità.

Alla fine della lezione ho detto ai ragazzi che mi era venuta l'idea di realizzare il sito internet delle lezioni e che potevano trovarci già il materiale della lezione precedente, vale a dire, i loro stessi bigliettini divisi per temi. I ragazzi si sono mostrati molto sorpresi ed incuriositi ed hanno voluto scriversi l'indirizzo del sito.

Giunto a casa ho scannerizzato i disegni dei ragazzi, ho creato una pagina internet che rappresentasse ciò che avevamo visto a lezione ed ho aggiunto anche questa al sito in costruzione.

Avevo già deciso, come era previsto nel progetto del percorso, che la volta successiva avrei fatto uso di una presentazione al computer e di un breve filmato sull'evoluzione.

Inoltre i disegni si potevano usare per **produrre una breve animazione** che mostrasse le trasformazioni subite dal pesce lungo le quattro linee di discendenti rappresentate dalle quattro file della classe. In questo modo il lavoro fatto dai ragazzi avrebbe avuto un seguito anche nella lezione successiva.

Ho quindi dedicato il pomeriggio alla realizzazione delle animazioni. Poi, già che c'ero, ho inserito le animazioni in un filmato con sottofondo musicale e le ho [caricate su YouTube](#).

### **3 Presentazione al computer ([online](#)<sup>36</sup>)**

Per la terza lezione avevo a disposizione due ore. Visto che in totale non avevo a disposizione molto tempo, ho deciso che in questa lezione avrei accorpato due fasi del percorso: la presentazione al computer e le simulazioni al computer.

La presentazione al computer rappresentava una lezione più densa di contenuti rispetto alle lezioni precedenti ma avevo fatto in modo che si trattasse comunque di una lezione interattiva.

---

<sup>36</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 3: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase3>

Ho iniziato la lezione mostrando ai ragazzi le [animazioni ottenute utilizzando i pesci da loro stessi disegnati](#) <sup>37</sup>.



Alcuni di loro avevano già scoperto anche [l'animazione finale nel sito delle lezioni](#), gli altri la guardavano con estrema attenzione. Non si aspettavano una cosa del genere !

La presentazione verteva sulle prove del fatto che le specie evolvono. Ho iniziato con diverse diapositive dedicate all'anatomia comparata. Ho posto diversi quesiti ai ragazzi: per esempio, mostrando quella che sembrava essere la struttura ossea di una mano allungata, chiedevo a quale animale appartenesse; si scopriva poi che era in realtà la natatoria di una balena. Abbiamo visto le omologie tra gli arti di diversi tetrapodi, introducendo anche le dizioni "organi omologhi" e "tetrapode", e soffermandosi con particolare attenzione sul cavallo per il fatto che, in generale, desta meraviglia scoprire che quello che crediamo essere il ginocchio corrisponde in realtà alla caviglia.

Un aspetto interessante è il fatto che **l'attività sui pesci mutanti facilitava molto le spiegazioni successive e soprattutto la loro comprensione**. Erano loro stessi a richiamare in causa l'attività dei pesci mutanti per spiegare, per esempio, come le falangi del pipistrello si fossero allungate. Dopo l'attività dei pesci mutanti risultava loro naturale pensare al fatto che una struttura può piano piano trasformarsi, così come la pinna del pesce della quarta fila che era quasi sparita.

Dopo l'anatomia comparata, abbiamo parlato di fossili e dopo ancora della somiglianza tra gli embrioni dei pesci e di molti tetrapodi.

A questo punto abbiamo guardato un breve ma bellissimo [filmato di Carl Sagan](#) <sup>38</sup> che ricostruisce, per mezzo di trasformazioni continue, il ramo di evoluzione della vita sulla terra che porta dagli esseri unicellulari fino all'uomo.

---

<sup>37</sup> Le animazioni sono state ottenute utilizzando Animation Shop (della suite di Paint Shop Pro) che è in grado di creare anche le immagini di transizione per mezzo del morphing. Si tratta, purtroppo, di un software a pagamento. Sono comunque disponibili molti altri editor di animazioni sia gratuiti che liberi.  
Animazioni: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/pesce/PesciMutanti3E.html>

Abbiamo poi parlato di fissismo e subito dopo della teoria di Lamarck sottolineando la sua importanza per aver portato al centro della discussione scientifica l'ipotesi dell'evoluzione delle specie, ma sottolineando anche i punti erronei della teoria da lui proposta.

Ho infine raccontato brevemente di **Darwin** e del suo viaggio.

Ho poi esposto la teoria di Darwin in maniera sintetica, sottolineando i due principi fondamentali su cui si basa:

- I caratteri ereditari sono soggetti a variazioni casuali
- Gli individui con i caratteri più adatti all'ambiente hanno maggiore probabilità di sopravvivere e riprodursi.

Ancora una volta i riferimenti all'attività del pesce mutante aiutavano a chiarire le idee ma è solo per mezzo delle successive simulazioni al computer che i ragazzi hanno potuto toccare con mano gli effetti della selezione.

Devo dire che questa lezione è risultata forse un po' troppo densa di contenuti. Tuttavia i ragazzi non si sono annoiati né distratti visto il variare continuo degli stimoli.

Del resto le ore che avevo a disposizione per realizzare tutto il percorso non lasciavano molto margine di manovra ed io non volevo rinunciare alle attività.

#### **4 Simulazioni al computer ([online](#)<sup>39</sup>)**

Le simulazioni sono state accolte con grande entusiasmo. Il motivo è semplice: si interagisce con il computer in maniera non dissimile da un gioco. Tuttavia interagendo si ha la possibilità di rendersi conto e toccare con mano alcuni fenomeni la cui descrizione rischia di rimanere altrimenti una vaga nube di discorsi.

Avrei voluto portare i ragazzi in aula di informatica, ma vi erano problemi con la connessione ad internet su svariati computer. Le simulazioni sono quindi state fatte sul portatile e proiettate sulla parete in modo che tutti potessero vedere. Io chiamavo i ragazzi a turno a provare, e gli altri discutevano ciò che stava avvenendo.

---

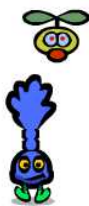
<sup>38</sup> C. Sagan, "Cosmos", <http://www.carlsagan.com/>

Varie versioni dei filmati di Sagan sull'evoluzione disponibili su YouTube:

"Evolution - Vangelis Alpha - Cosmos": <http://www.youtube.com/watch?v=eYRtwjFnjgM>


<sup>39</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 4: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase4>



Con l'uso della simulazione degli [esserini col pennacchio](#)<sup>40</sup> (si veda anche la descrizione nella [Sezione 2 – Fase 4](#)) è emerso in maniera molto chiara l'effetto della selezione naturale: risultava molto evidente che col passare delle generazioni tendevano a sopravvivere gli esserini che avevano una maggiore capacità di allungamento del pennacchio.

Da quel momento in poi il pesce  è diventato un'icona per parlare di

mutazioni e variabilità mentre l'esserino col pennacchio  è diventato un'icona per parlare di selezione naturale.

Credo che il fatto di avere sottomano **due esempi concreti e tangibili, anche se non reali, in cui si vedevano chiaramente gli effetti della variabilità e gli effetti della selezione naturale** abbia facilitato la capacità di attenzione da parte dei ragazzi ed anche una loro successiva comprensione e rielaborazione personale di quanto detto in classe.



Ha funzionato molto bene anche la [simulazione della farfalla Biston Betularia](#)<sup>41</sup>. Il fatto di giocare il ruolo degli uccelli che devono mangiare la farfalla stimolava l'attenzione dei ragazzi.

Poco spazio è stato invece dedicato, per problemi di tempo, alla discussione dell'ultima simulazione, quella dei [Biomorfi](#)<sup>42</sup> di Richard Dawkins<sup>43</sup>. C'è stato comunque il tempo di

---

<sup>40</sup> Simulazione online "Esserini col pennacchio":

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/simulazioni/pennacchi.html>

<sup>41</sup> Simulazione online "Biston Betularia":

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/simulazioni/pepperedmoth/pepperedmoth.html>

<sup>42</sup> I "Biomorfi" di Richard Dawkins:

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/simulazioni/biomorphs/biomorphs.html>

<sup>43</sup> Richard Dawkins è un noto etologo, biologo e divulgatore scientifico britannico.

Dawkins su Wikipedia: [http://it.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Dawkins](http://it.wikipedia.org/wiki/Richard_Dawkins)

Sito ufficiale di Dawkins: <http://www.richarddawkins.net/>



lasciar sperimentare i ragazzi con una tale simulazione che permette una sorta di **selezione artificiale**.

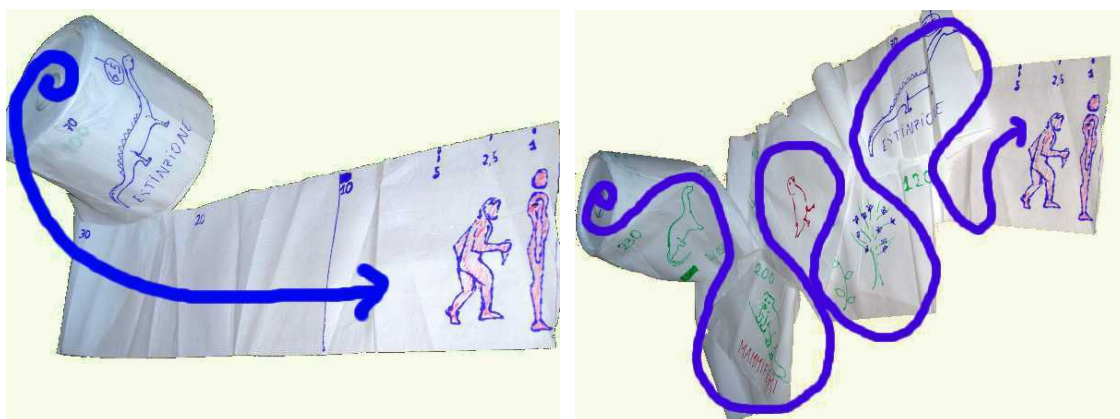
Alla fine della lezione i ragazzi, che ormai avevano capito che il sito delle lezioni stava progredendo, **mi hanno chiesto esplicitamente di mettere in rete la presentazione ed anche le simulazioni** perché volevano riprovarle a casa. Io, ovviamente, l'ho fatto con grande piacere.

## 5-6 Il rotolone del tempo. ([online](#) <sup>44</sup>)

L'ultima lezione (corrispondente a due fasi del progetto) si è divisa in quattro momenti.

Un primo momento è stato dedicato a rivedere, adesso che si aveva la visione d'insieme del funzionamento dei meccanismi dell'evoluzione, alcuni aspetti a cui si era appena accennato nelle lezioni precedenti. Abbiamo parlato di speciazione e dell'albero filogenetico.

Un secondo momento è stato dedicato all'attività del "[rotolone del tempo](#)" ([si veda la descrizione nella Sezione 2-Fase 5](#)).



Il fatto di srotolare questo rotolone di carta e scoprire via via i disegni che rappresentavano la comparsa dei vari gruppi di esseri viventi, ha destato grande curiosità. Ogni tanto, dopo che avevamo srotolato decine e centinaia di pagine, tornavo a mostrare loro la mezza pagina che rappresentava il periodo di evoluzione del genere Homo: era piuttosto sorprendente rendersi conto di quanto tempo avesse richiesto l'evoluzione degli esseri viventi nel uso complesso.

Un terzo momento della lezione è stato dedicata ad un breve ripasso che aveva lo scopo di fissare e schematizzare i punti fondamentali di quanto visto nelle lezioni precedenti.

---

<sup>44</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Fase 5: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html#fase5>

Infine, gli ultimi minuti della lezione, gli ho dedicati a mostrare ai ragazzi (lo avevo promesso loro, su loro richiesta, nella prima lezione) le [immagini di alcuni incroci tra animali di specie diverse](#) (zebra-cavallo, tigre-leone, leone-leopardo, pollo-fagiano)<sup>45</sup>. Ho considerato questo momento come parte integrante del percorso ed ho poi inserito una domanda nella verifica riguardante questo aspetto.

## 7 Verifica ([online](#)<sup>46</sup>)

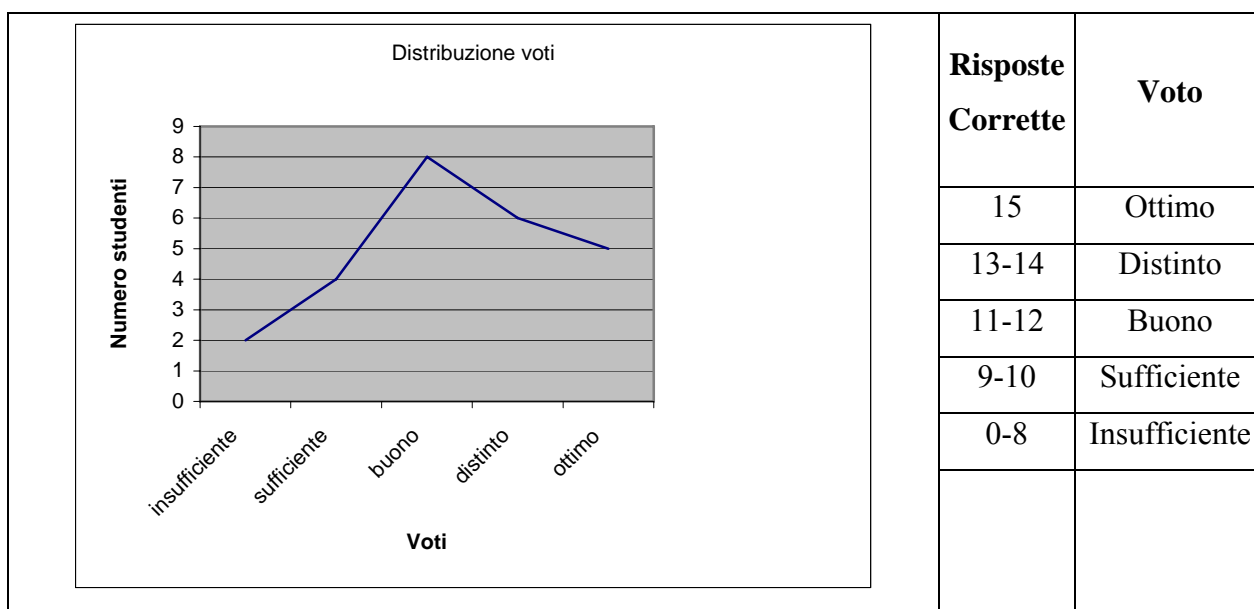
La verifica si è svolta come previsto: 15 minuti a disposizione per 15 domande con successiva correzione. Temevo che 15 minuti fossero pochi ma diversi ragazzi hanno consegnato in meno di 10 minuti e solo due o tre ragazzi hanno consegnato alla fine tempo previsto.

Le domande della verifica erano le stesse per tutti ma, data la ristrettezza dell'aula, ho creato diverse verifiche cambiando l'ordine delle domande e delle risposte.

Durante la correzioni abbiamo rivisto alcuni aspetti degli argomenti affrontati e nessuno ha avuto particolari lamentele da fare. Chi aveva fatto un qualche errore voleva in generale capire come e perché aveva sbagliato.

Direi che la prova è andata nel complesso molto bene.

La distribuzione dei voti è stata la seguente:



Risposte Corrette	Voto
15	Ottimo
13-14	Distinto
11-12	Buono
9-10	Sufficiente
0-8	Insufficiente

<sup>45</sup> Online: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/incroci/incroci.html>

<sup>46</sup> Associato ad ogni fase ho messo il link al sito delle lezioni con i materiali effettivamente usati o prodotti durante lo svolgimento delle lezioni.

Verifica: <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/verifica/fase7.html>

## Conclusioni

Il percorso di scienze è andato molto bene sotto diversi punti di vista.

Le attività, in particolare quella dei **pesci mutanti** con la successiva **animazione su internet**, hanno riscosso un enorme favore da parte dei ragazzi e sono risultate degli strumenti importanti per veicolare gli argomenti in questione.

Molto attrattiva hanno riscosso anche le **simulazioni al computer** che hanno permesso di vedere in atto e sotto forma di gioco la selezione naturale.

Sia le attività che le animazioni hanno avuto l'effetto di rendere l'argomento molto concreto.

Un ruolo importante lo ha giocato il fatto di aver prodotto il **sito online delle lezioni** e di aver inserito nel sito anche i materiali prodotti dai ragazzi (i bigliettini, le animazioni dei pesci mutanti) ed i materiali usati in classe (presentazioni, rotolone dei disegni, giochi, ecc).

Questi vari fattori hanno fatto sì che la classe si sentisse direttamente interessata all'argomento ed hanno portato i ragazzi a fare proprie diverse questioni riguardanti l'argomento.


Riporto qui, per chi leggesse questa tesi in versione cartacea, la pagina iniziale del sito delle lezioni prodotto durante le lezioni stesse ad uso dei ragazzi. Il sito contiene i materiali usati e prodotti durante le lezioni.

## Il sito delle lezioni <sup>47</sup>

### 3E Dino Compagni, 2008

- [Discussione](#) • [Pesci Mutanti](#) • [Presentazione](#) • [Simulazioni Selezione](#) • [Il rotolone del tempo](#) • [Cosa abbiamo imparato](#)

## Teoria dell'evoluzione

1.  **Discussione Aperta ("brain storming")**  
Pensando all'evoluzione, ciascuno ha scritto una o più parole su un bigliettino. Poi abbiamo discusso molti aspetti legati con l'idea di evoluzione. (Vedi il [progetto della lezione](#)).





- [I bigliettini divisi per temi](#)

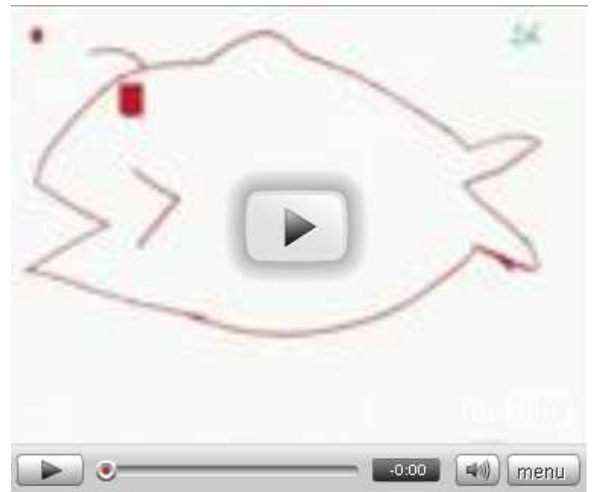


2. **Pesci Mutanti**

Nella seconda lezione abbiamo fatto una interessante e divertente attività che riproduceva il fenomeno delle mutazioni creando varie linee di discendenti a partire da uno stesso disegno di un pesce.  
(Vedi [il progetto della lezione e la descrizione dell'attività](#)).

Quelle che seguono sono le **animazioni create mettendo in sequenza i disegni dei ragazzi**.

- [Animazioni](#) 
- [Animazioni colorate](#) 
- [Segni iniziali](#) 
- [Immagine dei 23 disegni](#) 



**Filmato** con musica delle sequenze prodotte in classe e ...

<sup>47</sup> <http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

- [Foto dei 23 disegni](#)



### 3. **Presentazione al computer: Le prove a favore dell'evoluzione**

C'è stata poi una presentazione al computer con vari momenti interattivi. Abbiamo visto un **filmato con i pesci prodotti dall'attività** della lezione precedente ed un **filmato sull'evoluzione** (Entrambe i filmati sono contenuti nel filmato in questa pagina). Sono emerse varie curiosità. (Vedi [il progetto della lezione](#))

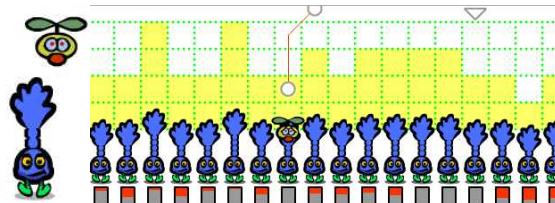
- [Presentazione da scaricare \(Power-Point, 3MB\)](#)
- [Presentazione Slideshow Online](#)
- [Domande e curiosità emerse in classe](#)



### 4. **Simulazioni della Selezione**

Provando e giocando con varie simulazioni al computer abbiamo visto la selezione in atto. Ecco le simulazioni usate in classe. (Vedi [il progetto della lezione](#))

- [Esserini col pennacchio](#) (richiede Flash)



- La farfalla Biston betularia (richiede ShockWave)

[su tronco chiaro](#)

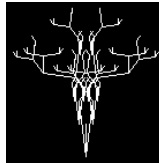




[su tronco scuro](#)



- [La farfalla Biston betularia](#)  
(richiede Flash)



- [I Biomorfi](#)  
(richiede Java)



5.

### Approfondimenti:

## L'albero della vita ed il rotolone del tempo

Abbiamo parlato dell'albero della vita.

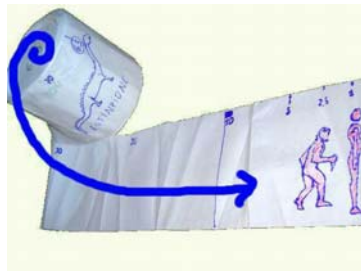
Abbiamo srotolato un rotolone di centinaia di pagine per rivedere l'evoluzione all'indietro

e tutta l'evoluzione del genere Homo entrava in meno di mezza pagina.

Abbiamo riassunto quanto visto nelle lezioni precedenti.

(Vedi il [progetto della lezione](#)).

- [L'albero dell'evoluzione \(molto dettagliato\)](#)



- [Il rotolone del tempo](#)



6. **Cosa abbiamo imparato?**

C'è sempre una verifica.

Ma abbiamo imparato giocando e sappiamo rispondere.

(Vedi il [progetto della lezione](#)).

- [Il testo della verifica](#)



- [Scarica il testo della verifica](#)

# Bibliografia e Siti Internet di riferimento

## Percorso di scienze

- H. Curtis, N. S. Barnes, *Invito alla biologia*, Zanichelli, Milano, 2003.
- L. Cavalli-Sforza, F. Cavalli-Sforza, *Natura – Corso di scienze per la scuola media*, Volume 3, Einaudi Scuola, Milano, 2003.
- [Access Excellence Activities Exchange](http://www.accessexcellence.org) ([www.accessexcellence.org](http://www.accessexcellence.org)), alla voce "[Evolution simulation](#)", by Phil Valvala.  
Questo sito costituisce una sezione di [The National Health Museum](http://www.nationalhealthmuseum.org) ([www.nationalhealthmuseum.org](http://www.nationalhealthmuseum.org)), museo nazionale statunitense sulla salute e le bioscienze, e "fornisce accesso alle risorse ed alle informazioni scientifiche, tramite il World Wide Web, agli insegnanti di scienze e di educazione alla salute della scuola secondaria".
- [BiologyInMotion.com](http://BiologyInMotion.com), "Bringing biology to life: original, entertaining, interactive biology learning activities". Sito gestito da un professore universitario di biologia esperto anche di programmazione.
- [www.BiologyCorner.com](http://www.BiologyCorner.com), "A resource site for biology and science teachers".
- [www.CarlSagan.com](http://www.CarlSagan.com), Sito ufficiale di Carl Sagan, noto astronomo e divulgatore, conduttore della serie di documentari "Cosmos".
- [www.eChalk.co.uk/Science](http://www.eChalk.co.uk/Science) Offre risorse informatiche per l'insegnamento delle scienze. Il sito è a pagamento ma è possibile utilizzare una parte delle risorse gratuitamente.
- [RichardDawkins.net](http://RichardDawkins.net), sito del noto etologo, biologo e divulgatore scientifico britannico.



## Siti con i materiali di questa tesi

Costituiscono parte integrante di questa tesi i seguenti siti.

Il **sito delle lezioni** è stato prodotto durante lo svolgimento di questo percorso ad uso dei ragazzi. Esso contiene i materiali usati e/o prodotti durante le lezioni.

Il **video con le animazioni** dei "pesci mutanti" è stato prodotto con i disegni dei ragazzi ed è stato usato durante le lezioni.

### **Sito delle lezioni:**

<http://www.Guzman.it/3EDinoCompagni2008/3EDinoCompagni2008.html>

### **Video con le animazioni dei disegni dei ragazzi**

(disponibile anche all'indirizzo precedente)

<http://www.youtube.com/watch?v=W0mgWEI2mjc>

**Questa tesi stessa è scaricabile all'indirizzo:**

<http://www.guzman.it/3EDinoCompagni2008/tesi/>