



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

27 febbraio 2017
«Il tempo nelle scienze»
Università di Milano Bicocca

La contingenza e la scienza della storia

Telmo Pievani
Department of Biology
dietelmo.pievani@unipd.it

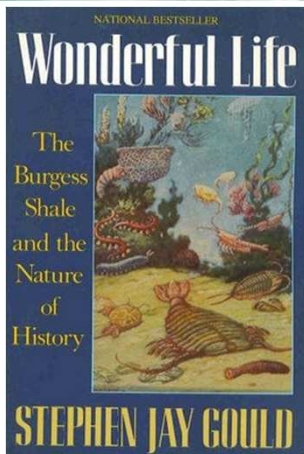
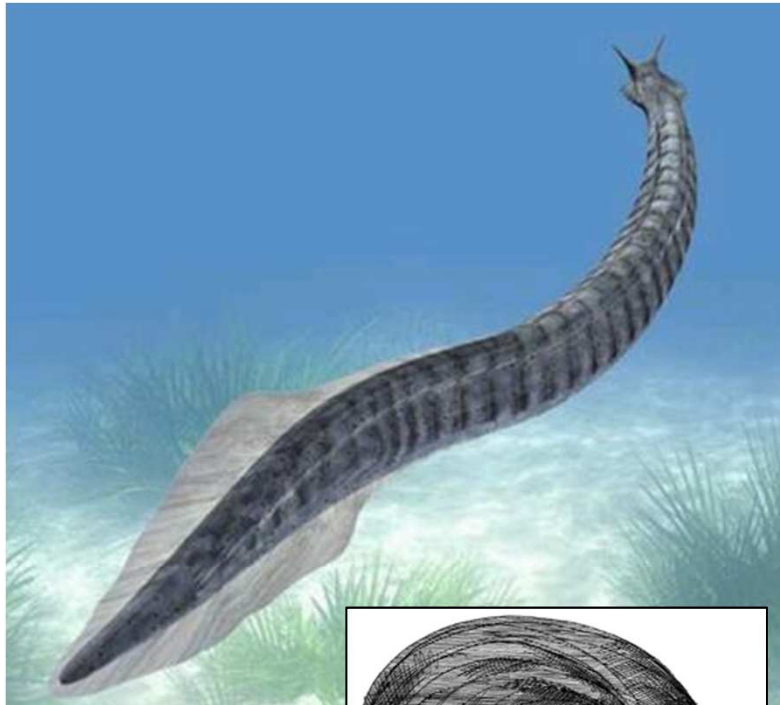
TRAPPIST-1 System



Illustration

Il più grande esperimento evolutivistico...

Riavvolgiamo il film della vita...



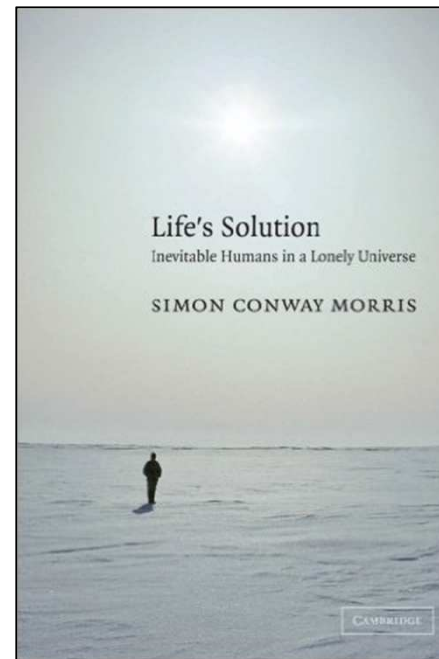
**“Riavvolgiamo ancora una volta il film della vita e facciamolo ripartire dal tempo di Burgess. Sa la Pikaia non sopravvive noi saremo cancellati dalla storia futura: tutti noi, dallo squalo al pettirosso all’orangutan. ... Se vogliamo quindi porci la domanda di sempre - perché esistiamo? - una maggior parte della risposta, relativa agli aspetti che la scienza in generale può trattare, dev’essere: perché la Pikaia sopravvisse alla decimazione di Burgess. ... La sopravvivenza della Pikaia fu una contingenza di ‘sola storia’. Io non penso che si possa dare una qualche risposta ‘superiore’, e non riesco a immaginare che una qualche soluzione possa essere più affascinante di questa”
(Gould, 1989, ed. it. p. 334)**

2003, *Life's solution. Inevitable Humans in a Lonely Universe*:

- l'evoluzione torna spesso sui suoi passi, naviga sempre verso le stesse soluzioni e ha poche opzioni di scelta;
- le analogie funzionali sono ubiquitarie, dunque esisterebbe “una struttura più profonda nella vita”.
- L'evoluzione ha “proprietà inerenti”: i sistemi percettivi e l'intelligenza emergerebbero più o meno identici anche se fossimo su un altro pianeta.
- “un terreno comune fra scienze e religioni”: nell'evoluzione vi sarebbe allora un disegno globale, uno scopo, “scritto nelle leggi stesse dell'Universo”.



Simon Conway Morris



Elementi di progressività nell'evoluzione

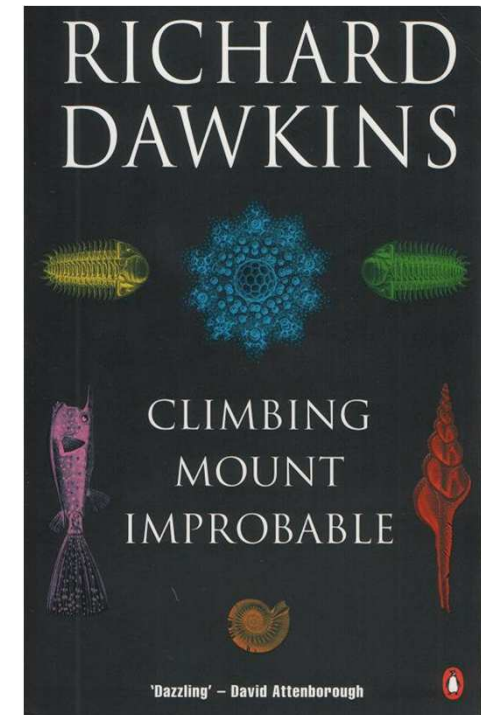
(Richard Dawkins) «progresso» come concetto neutro: 1) non attribuzione di valore; 2) non tendenza universale inevitabile.

Tendenza che dal passato prosegue nel futuro (cumulatività, gradualità, località) producendo maggiore complessità nella filogenesi.

A) CONVERGENZE FUNZIONALI
(esperimenti del film della vita realmente realizzatisi; 40-60 convergenze su occhio; ecolocalizzazione; puntura velenosa; volo; etc...)

B) CORSE AGLI ARMAMENTI
(intrinsecamente progressive)

C) TREND MACROEVOLUTIVI





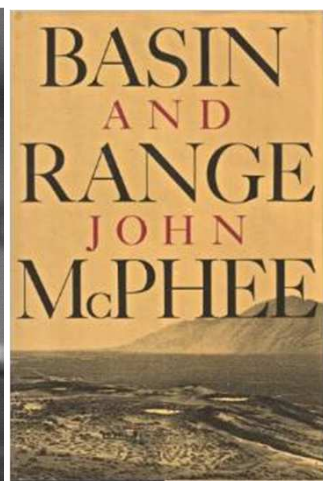
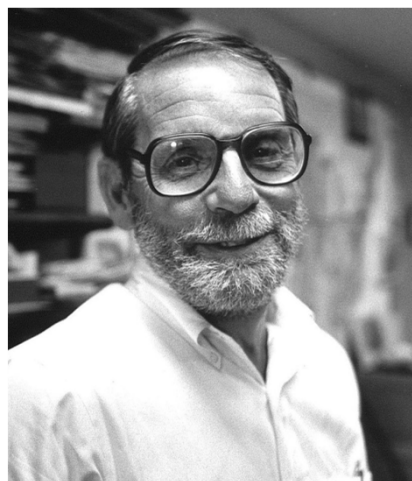
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

L'uomo che vide il tempo profondo (e ne ebbe paura)

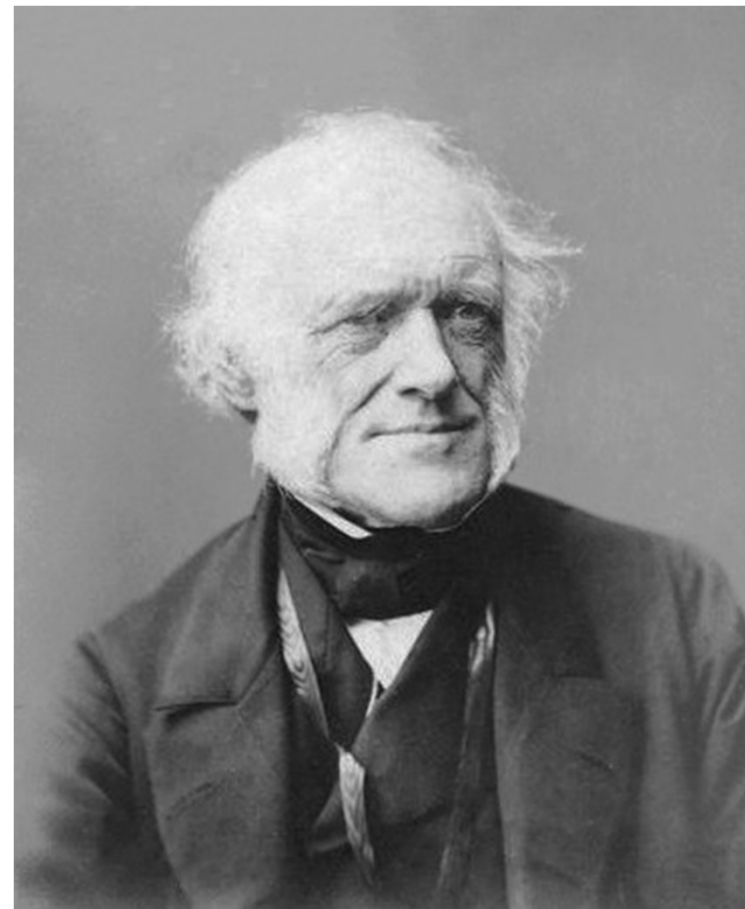
La scienza ha inferto una quarta
ferita narcisistica all'umanità:
il Tempo Profondo

(DEEP TIME, John McPhee)

Geologia fra Settecento e Ottocento



1981



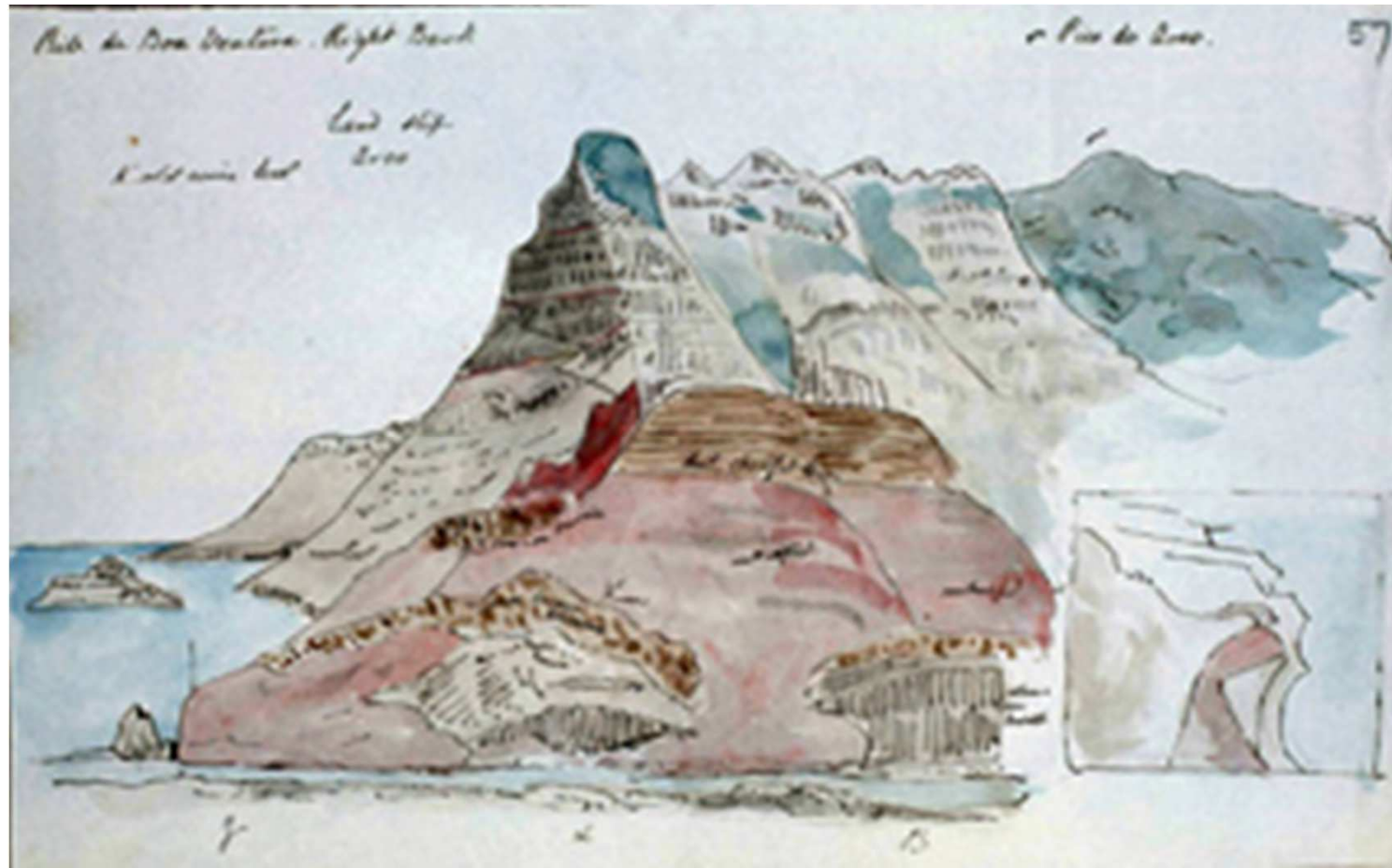
**«Senza vestigia di un principio né indizi di una fine»
UNA VERTIGINE TEMPORALE
(James Hutton, 1788)**

«Tali visioni dell'immensità del tempo trascorso, simili a quelle svelate dalla filosofia newtoniana in relazione allo spazio, erano troppo vaste per suscitare idee di sublimità che non fossero mescolate a un senso doloroso della nostra incapacità di concepire un piano di una tale infinita estensione. Si vedono mondi al di là di altri mondi, a distanze incommensurabili l'uno dall'altro, e al di là di essi innumerevoli altri sistemi sono tracciati debolmente sui confini dell'universo visibile»

(Charles Lyell, 1830, PoG, p. 63)



Il cosmo vastissimo di Newton e la profondità del tempo: un doloroso senso di incapacità



**"An Attempt to Explain the Former
Changes of the Earth's Surface by
Reference to Causes now in Operation"**

W. Whewell: "UNIFORMITARIANISM"

UNO STATUTO DI SCIENTIFICITA' PER LA GEOLOGIA: INFERENZE INDUTTIVE (EMPIRISMO SCOZZESE)

**IL PRESENTE COME CHIAVE DI LETTURA DEL PASSATO
(estrapolazione sul passato, da osservazioni dirette su fenomeni
attuali):**

- **CONTINUITA'**
- **GRADUALISMO**
- **NO CATASTROFI**
- **NO CAUSE «ECCEZIONALI»**
- **Per le specie: VS Lamarck e Cuvier («centri di creazione»)**

David Hume: "all inferences from experience suppose ... that the future will resemble the past" (MA... conclusione scettica: l'induzione non ha fondamento logico bensì psicologico!)

QUATTRO LIVELLI E ACCEZIONI DI UNIFORMITARISMO

- 1) UNIFORMITA' DELLE LEGGI DI NATURA (fondamento dell'induzione)
- 2) UNIFORMITA' DEL PROCESSO (principio di parsimonia: non ipotizzare cause nuove o speciali se puoi spiegare il processo con le cause osservabili nel presente; Lyell: catalogo delle cause geologiche attuali)
- 3) UNIFORMITA' DELLA VELOCITA' DI CAMBIAMENTO (gradualismo evolutivo; non solo continuità)
- 4) UNIFORMITA' DI STATO GLOBALE DELLA TERRA (principio di conservazione; anti-progressionismo; Hutton-Lyell: la storia della Terra non ha direzionalità, è in uno stato dinamico stazionario; da qui, fluttuazioni marginali e cicli di ritorno).

- 1 e 2 sono ampiamente accettati (assunti metodologici)
- 3 e 4 (assunti ontologici) rappresentano lo specifico uniformitarismo scozzese Hutton-Lyell

VERA SCIENZA contro INDOLENZA

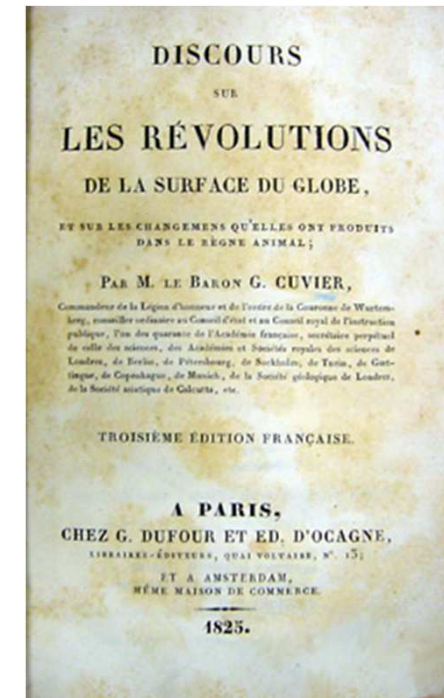
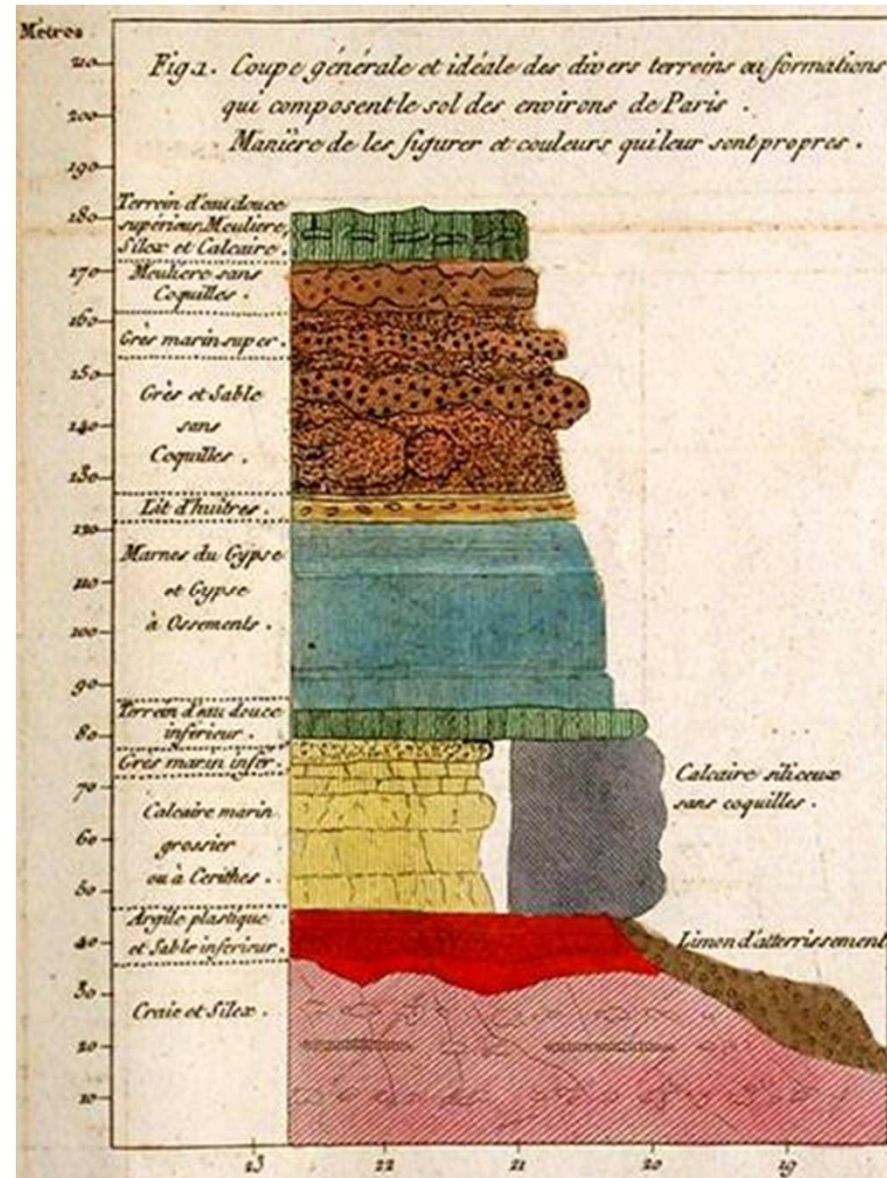
**“Never was there a doctrine more calculated to foster indolence, and to blunt the keen edge of curiosity, than this assumption of the discordance between the former and the existing causes of change... The student was taught to despond from the first. Geology, it was affirmed, could never arise to the rank of an exact science... [With catastrophism] we see the ancient spirit of speculation revived, and a desire manifestly shown to cut, rather than patiently untie, the Gordian Knot”.
(Lyell, PoG, ed. 1854, p. 196)**

**RETORICA E COSTRUZIONE DEL NEMICO
(scienza vs pseudoscienza)**

L'AVVERSARIO

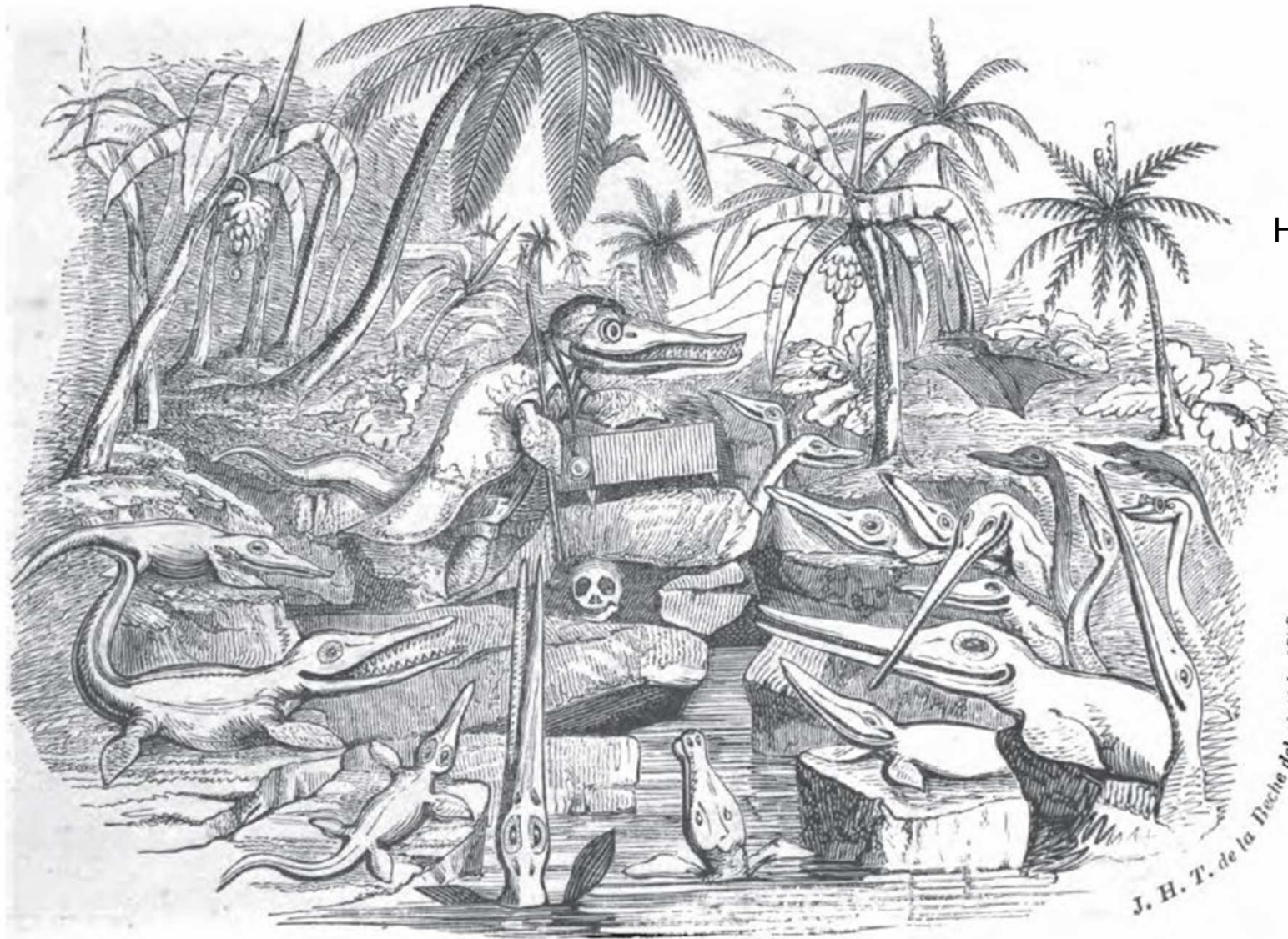


**Georges Cuvier
(1769-1832)**



- Rotture della continuità
- Punti di non ritorno (la freccia del tempo)

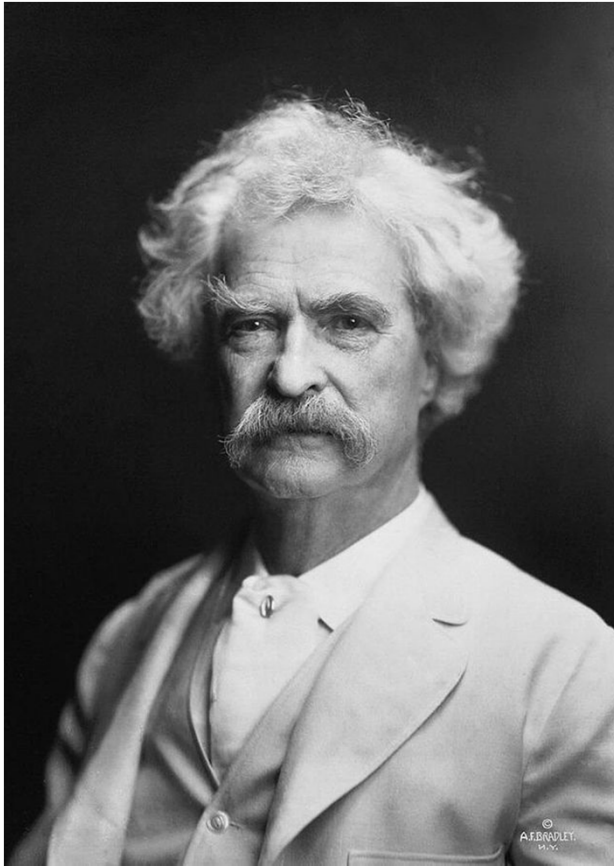
AWFUL CHANGES.
MAN FOUND ONLY IN A FOSSIL STATE——REAPPEARANCE OF ICHTHYOSAURA.



Henry T. de la
Beche, 1830

J. H. T. de la Beche del. & lith. 1830.

A Lecture.—"You will at once perceive," continued PROFESSOR ICHTHYOSAURUS, "that the skull before us belonged to some of the lower order of animals; the teeth are very insignificant, the power of the jaws trifling, and altogether it seems wonderful how the creature could have procured food."



«L'uomo esiste da 32.000 anni. Il fatto che siano occorse centinaia di milioni di anni per preparare il mondo per lui è una prova del fatto che esso fu creato per l'uomo. Suppongo che sia così, non lo so di sicuro. Se la torre Eiffel rappresentasse l'attuale età del mondo, lo strato di vernice sulla punta del suo pinnacolo rappresenterebbe la durata dell'uomo, e tutti percepirebbero che quel sottile strato fu ciò per cui fu costruita la torre. Io credo che lo percepirebbero, ma non lo so di sicuro».

(Mark Twain)

Quanto è psicologicamente accettabile la storicità del Tempo Profondo?

Come si può fare scienza rigorosa del Tempo Profondo?



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Per una scienza della storia

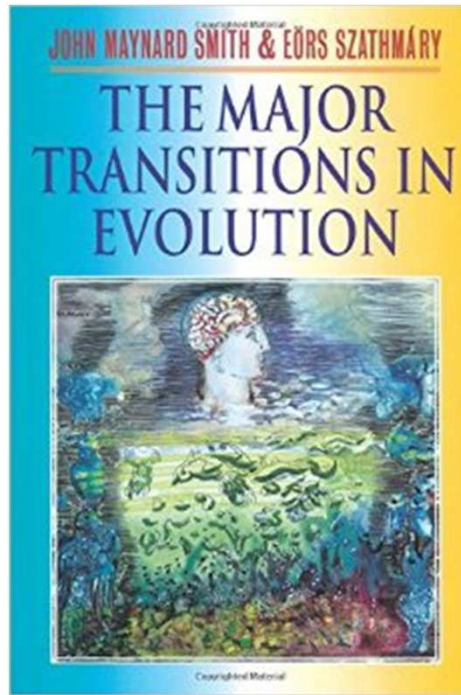
“Hypotheses about the remote past can never be tested by experiment, and so they are unscientific. No science can ever be historical”

(Henry Gee, 1999, p. 5)



Scienze storiche VS scienze sperimentali?

**(cause prossime e cause remote in diverse scienze oggi:
astrofisica, scienze della Terra, paleontologia, biologia
evoluzionistica)**



Problema aggiuntivo...

Replicating molecules	→	Populations of molecules
Independent replicators	→	Chromosomes
RNA	→	DNA
Prokaryotes	→	Eukaryotes
Asexual clones	→	Sexual populations
Protists	→	Animals, plants, fungi
Solitary individuals	→	Colonies
Primate societies	→	Human societies, Language

**Le stesse «leggi» dell'evoluzione evolvono!
(ex. endosimbiosi)**

LA CONTINGENZA EVOLUTIVA

- 1) («la biologia è la scienza delle cause molteplici», Mayr) **INCONTRO DI CATENE CAUSALI INDIPENDENTI** (ex. fattori ecologici, genetici, accidenti ambientali)
- 2) **CONTINGENZA NON E' VIA DI MEZZO FRA CASO** (fluttuazioni statistiche) **E NECESSITA'** (leggi deterministiche): **POTERE CAUSALE DEL SINGOLO EVENTO**
- 3) **MODULAZIONI DI PROBABILITA'** (processi «law-like» abbassano il grado di improbabilità)

Sliding doors...

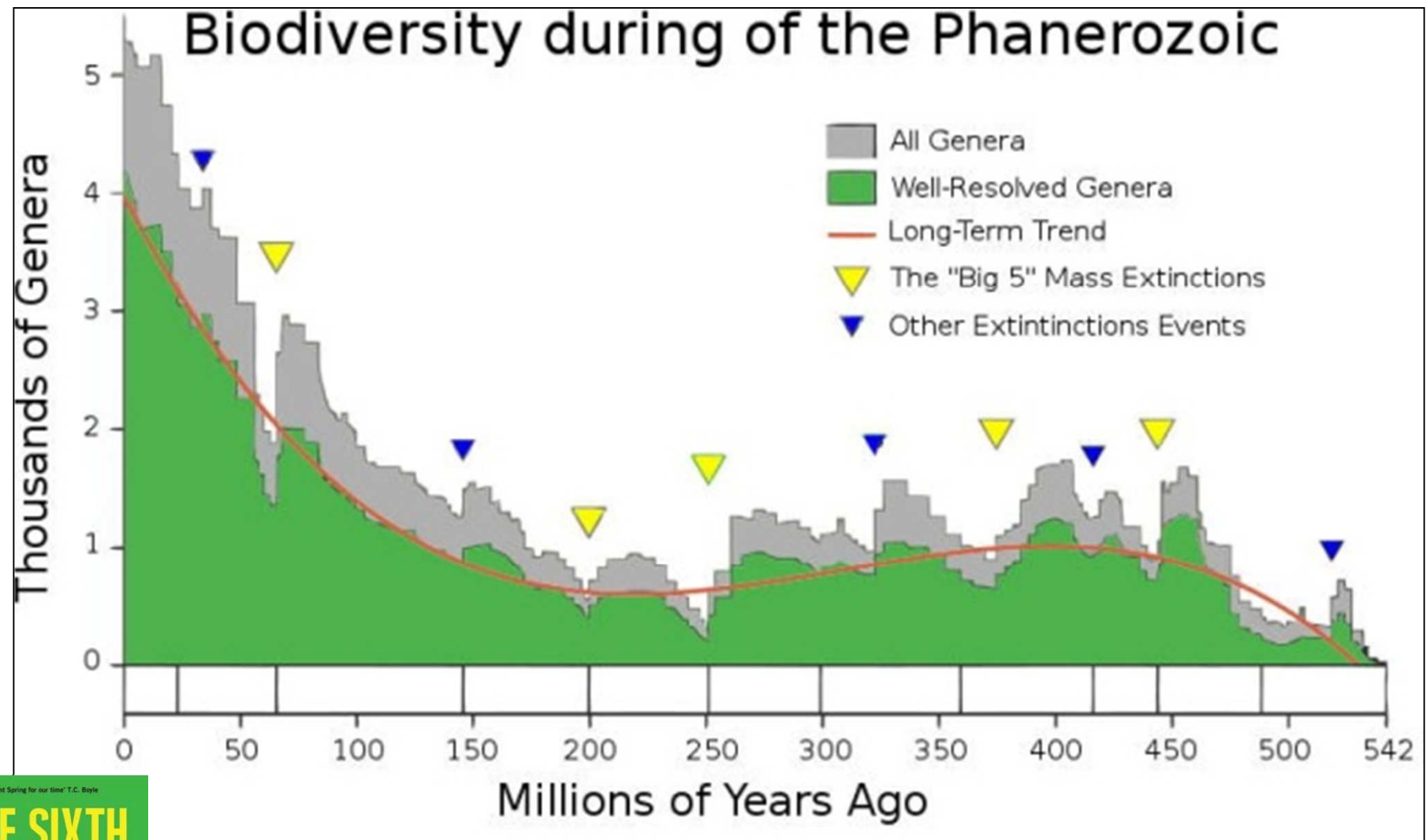


RESISTENZA AI CONTRO-FATTUALI (mondi possibili)

1. MASSIMA – **Processo deterministico** (no controfattuali possibili; leggi universali e senza tempo che producono predizioni)
2. MINIMA – **Processo random** (qualsiasi controfattuale avrà la stessa probabilità)
3. MODULAZIONE DI PROBABILITA' – **Contingenza evolutiva** (la probabilità del controfattuale dipende da un intreccio di pattern e di eventi storici singolari)

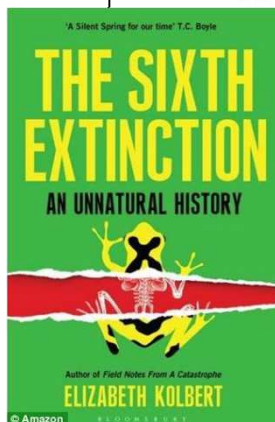


Si può trattare la contingenza storica in modo «scientifico»?



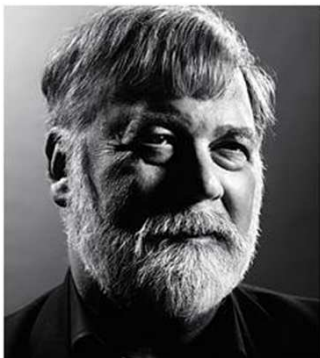
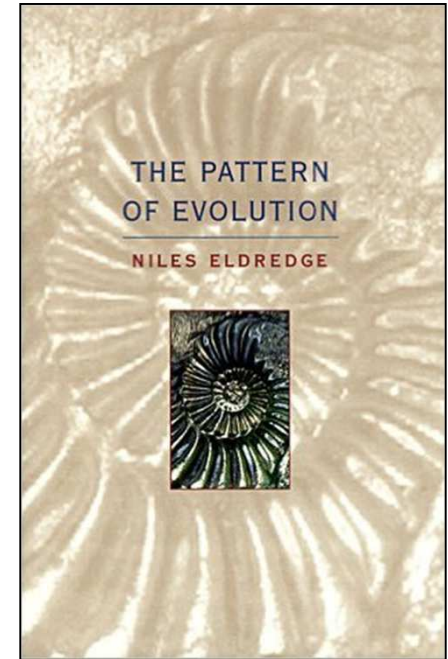
(O. Nielsen, 2009)

**Pattern = schema ripetuto di eventi storici
(suppone una regolarità di processi e cause)**



Patterns sono:

1. **Regularità nei fenomeni storici**
(ex. adattamento per selezione naturale, tipi di speciazione, schemi macroevolutivi, etc.);
2. **Validità non universale;**
3. **Ammettono eccezioni;**
4. **I fenomeni evolutivi incorporano più patterns**
(antagonistici, complementari, integrativi: ex. selezione naturale e deriva genetica).

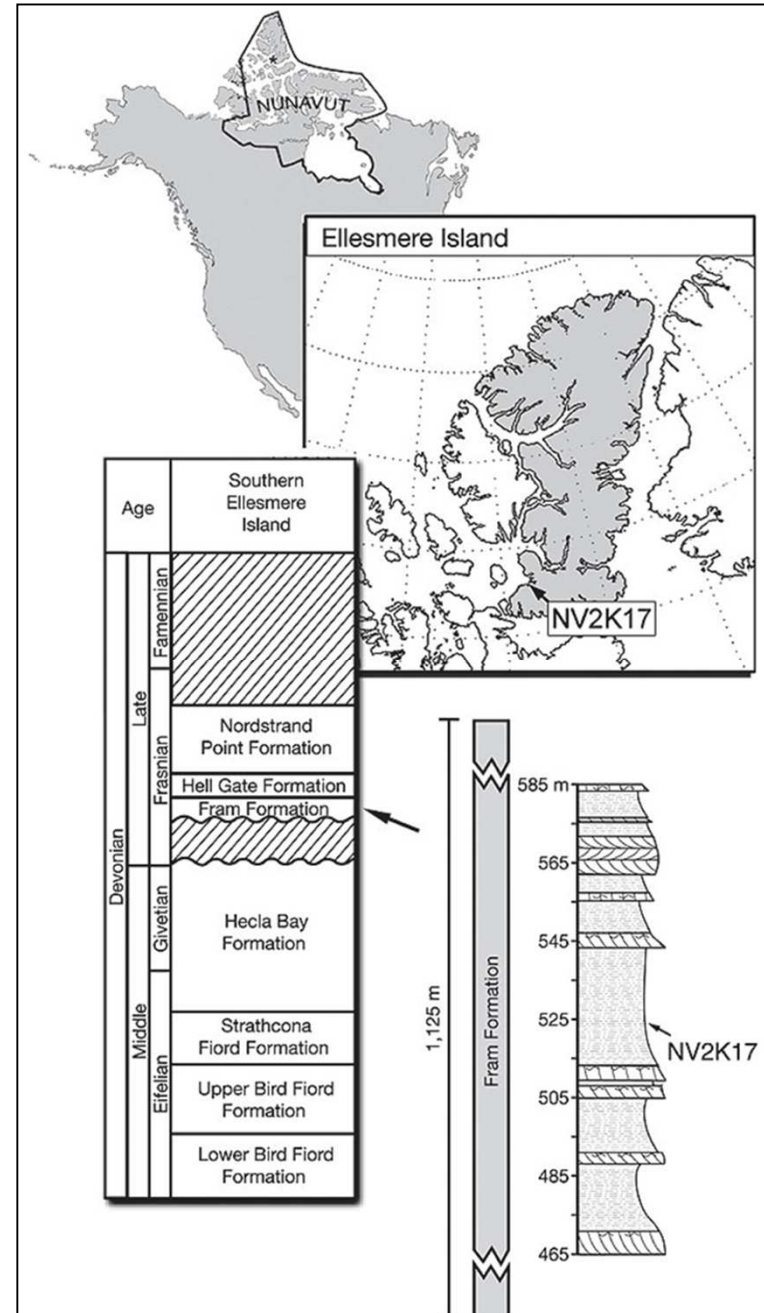
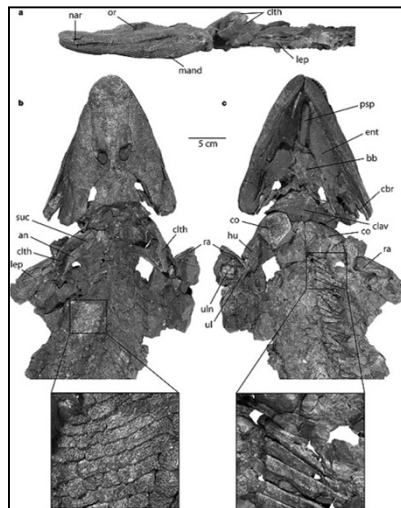


“History is a natural experiment, but also it is a connected sequence of unique events”

(Eldredge, 1989, p. 8)



Retrodizioni e predizioni



Developmental plasticity and the origin of tetrapods

Emily M. Standen¹, Trina Y. Du² & Hans C. E. Larsson²



Nature, Sept. 2014

The origin of tetrapods from their fish antecedents, approximately 400 million years ago, was coupled with the origin of terrestrial locomotion and the evolution of supporting limbs. *Polypterus* is a member of the basal-most group of ray-finned fish (actinopterygians) and has many plesiomorphic morphologies that are comparable to elpistostegid fishes, which are stem tetrapods. *Polypterus* therefore serves as an extant analogue of stem tetrapods, allowing us to examine how developmental plasticity affects the ‘terrestrialization’ of fish. We measured the developmental plasticity of anatomical and biomechanical responses in *Polypterus* reared on land. Here we show the remarkable correspondence between the environmentally induced phenotypes of terrestrialized *Polypterus* and the ancient anatomical changes in stem tetrapods, and we provide insight into stem tetrapod behavioural evolution. Our results raise the possibility that environmentally induced developmental plasticity facilitated the origin of the terrestrial traits that led to tetrapods.

Il Tempo Profondo in laboratorio!

Predictable convergence in hemoglobin function has unpredictable molecular underpinnings

Chandrasekhar Natarajan,¹ Federico G. Hoffmann,² Roy E. Weber,³ Angela Fago,³ Christopher C. Witt,⁴ Jay F. Storz^{1*}

To investigate the predictability of genetic adaptation, we examined the molecular basis of convergence in hemoglobin function in comparisons involving 56 avian taxa that have contrasting altitudinal range limits. Convergent increases in hemoglobin-oxygen affinity were pervasive among high-altitude taxa, but few such changes were attributable to parallel amino acid substitutions at key residues. Thus, predictable changes in biochemical phenotype do not have a predictable molecular basis. Experiments involving resurrected ancestral proteins revealed that historical substitutions have context-dependent effects, indicating that possible adaptive solutions are contingent on prior history. Mutations that produce an adaptive change in one species may represent precluded possibilities in other species because of differences in genetic background.

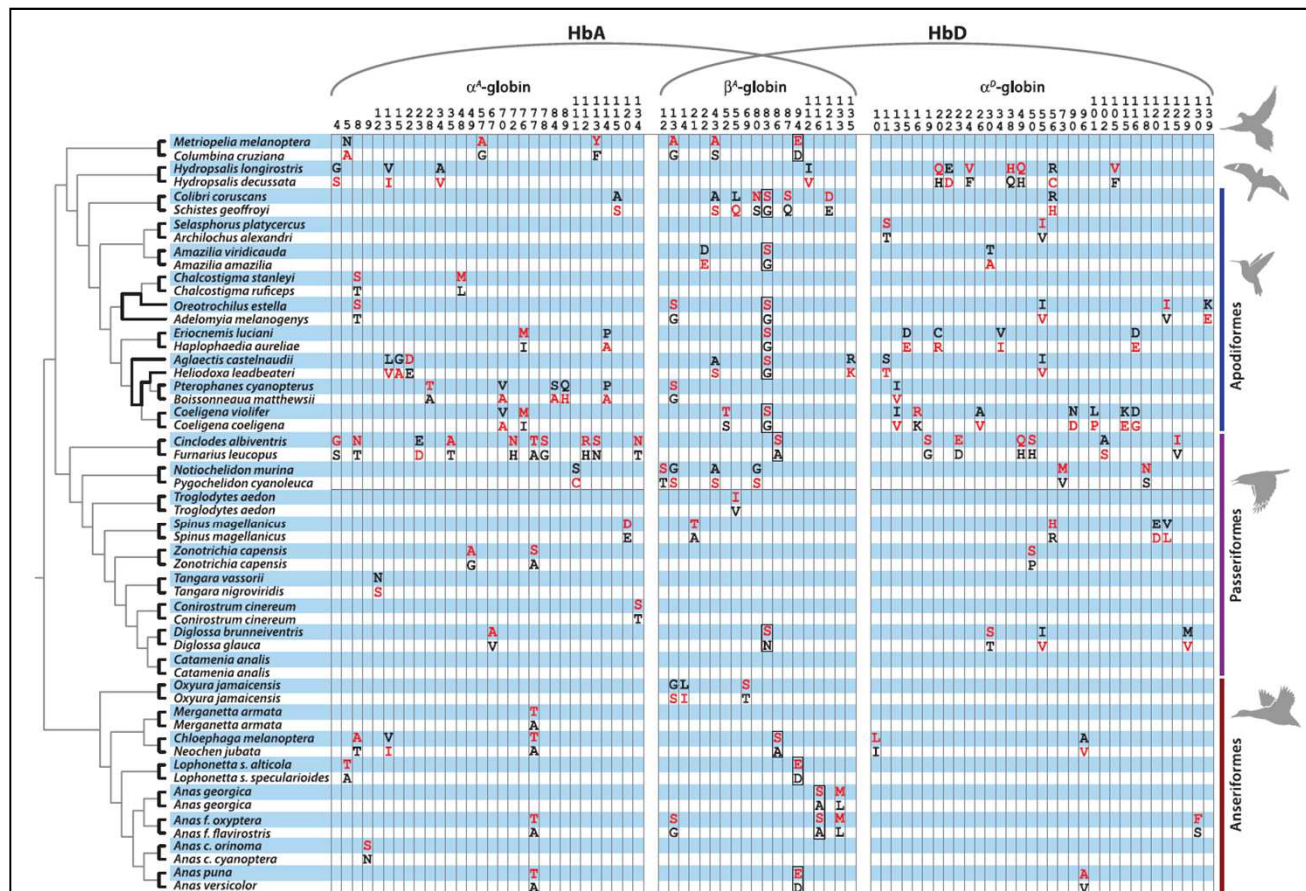
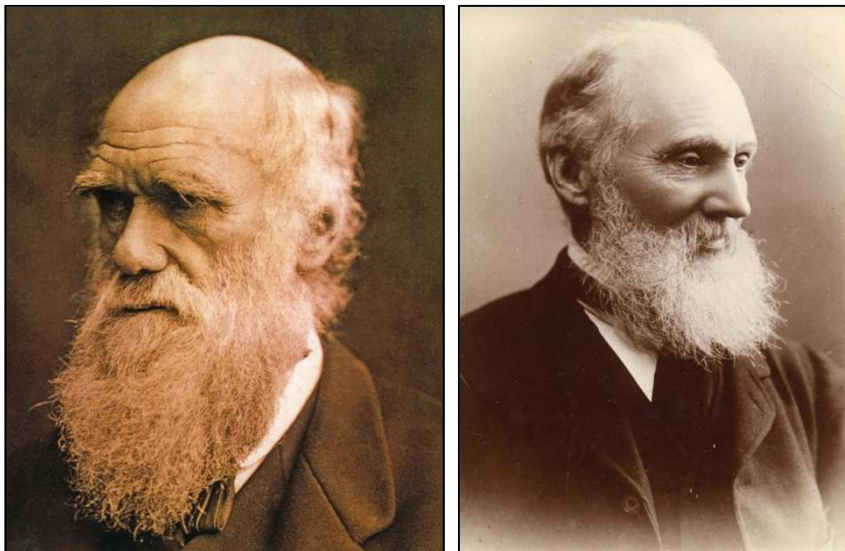


Fig. 1. Amino acid differences that distinguish the Hbs of each pair of high- and low-altitude taxa. Derived (nonancestral) amino acids are shown in red lettering, and rows corresponding to high-altitude taxa are shaded in blue. Subunits of the major HbA isoform are encoded by the α^A - and β^A -globin genes, whereas those of the minor HbD isoform are encoded by the α^D - and β^A -globin genes. Phylogenetically replicated β -chain replacements that contribute to convergent increases in Hb-O₂ affinity (N/G83S, A86S, D94E, and A116S) are outlined. Single-letter abbreviations for the amino acid residues are as follows: A, Ala; C, Cys; D, Asp; E, Glu; F, Phe; G, Gly; H, His; I, Ile; K, Lys; L, Leu; M, Met; N, Asn; P, Pro; Q, Gln; R, Arg; S, Ser; T, Thr; V, Val; and Y, Tyr.

These findings expose a clear demarcation between the realms of chance and necessity at different hierarchical levels. At the level of biochemical phenotype, and even at the level of functional mechanism, evolutionary changes are highly predictable. At the amino acid level, in contrast, predictability breaks down.

When we come to realize that even among the vertebrates there are 50,000 different ‘vertebrate stories’, each one with a different ending and each one with a different narrative landscape; when we truly think in terms of the diverging tree, instead of the line; when we understand that it is absurd to talk of one animal being higher than another; only then will we see the full grandeur of the historical view of life.

R.J. O’Hara, 1992, «Telling the Tree»,
Biology&Philosophy.



Fare scienza della storia resta una sfida!