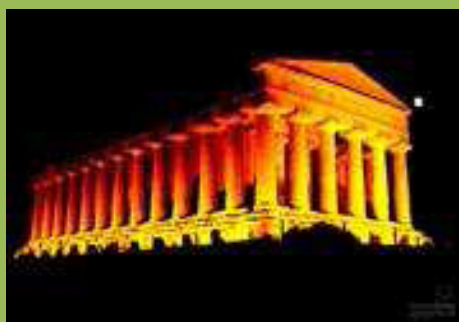


SCUOLA PERMANENTE PER L'AGGIORNAMENTO DEGLI INSEGNANTI DI
SCIENZE

Il tempo nella Scienza. La Scienza nel tempo



Hotel Kaos, Agrigento
27 - 31 luglio 2009

A cura di

Michele A. Floriano
Delia Chillura Martino



Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?

Contributi alla Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze

IV edizione: "IL TEMPO NELLA SCIENZA. LA SCIENZA NEL TEMPO"

Agrigento, 27 – 31 luglio 2009

Editors:

Michele Antonio Floriano

Delia Chillura Martino

Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Numero speciale 1

Deputy Editor in Chief: Claudio Fazio – University of Palermo, Italy

Editorial Director: Benedetto di Paola - University of Palermo, Italy

ISSN on-line 1592-4424

First edition, May 2011

SCUOLA PERMANENTE PER L'AGGIORNAMENTO DEGLI
INSEGNANTI DI SCIENZE



SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA

Il tempo nella Scienza. La Scienza nel tempo

Hotel Kaos, Agrigento
27 - 31 luglio 2009

A cura di:
Michele Antonio Floriano
Delia Chillura Martino
Università di Palermo

AIC **AIF** **ANISN** **SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA**

SPAIS *Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze*

Quali conoscenze per comprendere l'innovazione?

IV Edizione
27 – 31 luglio 2009
Hotel Kaos. Agrigento

***Il tempo nella Scienza.
La Scienza nel tempo***

Università di Palermo **MUR U.S.R. Sicilia - Direzione Generale** **Progetto Lauree Scientifiche**

Indice

Saluti del Direttore Generale dell'Ufficio Scolastico Regionale per la Sicilia

Dott. Guido di Stefano

La SPAIS come modello formativo

7

Programma della Scuola

8

Prefazione

di Michele A. Floriano e Delia Chillura Martino

SPAIS: quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?

7

1 Anna Caronia e Maria Concetta Consentino

Contesti scolastici, formazione docente e aspetti didattici

11

2 Giuseppe Gembillo

L'irrompere del tempo nelle scienze

1.1 Premessa, 14

1.2. Fourier e l'entropia come misura della dissipazione dei corpi, 14

1.3. Wegener e la storia della Terra, 17

1.4. Hubble e l'espansione dell'universo, 21

3 Paolo de Bernardis e Silvia Masi

13.7 miliardi di anni: il tempo e l'età dell'universo

2.1. Il tempo in fisica, 24

2.2. L'età dell'universo, 26

4 Carlo Bernardini

Prodigiosa importanza della nozione di invarianza fisica

37

5 Giovanni Villani

Il ruolo del tempo nei sistemi chimici

4.1. Introduzione, 41

4.2. La chimica: prima scienza della complessità sistemica, 41

4.3. Il concetto di sistema in Fisica e Biologia, 42

4.4. Il tempo nei sistemi chimici. Confronto tra la Fisica e la Biologia, 43

4.5. Conclusione, 44

6 Paola Ambrogi ed Elena Ghibaudi

*Il tempo nella scuola. Il punto di vista dei partecipanti a SPAIS
sulla recente riforma Gelmini*

46

7 Marina Alfano e Rosolino Buccheri

I modi della temporalità tra Ratio e Relatio

50

8 Gianmarco Ieluzzi

Scienziati nelle pieghe del tempo

51

9 Gianmarco Ieluzzi

Una storia per immagini

53

10 Fabio Caradonna

Origine ed evoluzione dei genomi: dal brodo primordiale al DNA umano

66

11 Mariano Venanzi

I tempi delle molecole

10.1. Il tempo dei moti elettronici, 72

10.2. Il tempo dei moti molecolari, 73

10.3. L'energia ridistribuita. I tempi del rilassamento energetico delle molecole, 75

10.4. I tempi delle interazioni intermolecolari. I moti del solvente, 76

10.5. I tempi di molecole complesse, 79

12 Rosario Iaria

La morte di una stella, la morte di una stella morta e la sua rinascita

11.1. Introduzione, 82

11.2. La fine della stella: meccanica quantistica e relatività speciale si incontrano, 83

11.3. Le stelle di neutroni e le pulsar: la vita di una stella morta, 84

11.4. Le pulsar possono risorgere, 86

13 Vita Fortunati

L'importanza degli Studi di Genere (Gender Studies)

12.1. Le caratteristiche degli Studi di Genere (Gender Studies), 88

12.2. Il concetto di Genere/Gender, 88

12.3. Il corpo della Donna tra natura e cultura, 89

12.4. Donne e Scienza, 90

12.5. Qualche proposta per introdurre la dimensione di genere nelle scuole, 91

14 Valerio Agnesi

Dal tempo biblico al tempo geologico

93

Origine ed evoluzione dei genomi: dal brodo primordiale al DNA umano

Fabio Caradonna

Dipartimento di Biologia Cellulare e dello Sviluppo, Università di Palermo

Premessa. Per una migliore comprensione dell'origine e dell'evoluzione dei genomi è conveniente posizionare l'inizio e il decorso di tale processo all'interno della successione di evoluzioni che partono dall'origine dell'universo e che ancora oggi non si possono, per definizione, ritenere conclusi. Il Big Bang conclude l'evoluzione cosmica universale e dà origine all'evoluzione planetaria con la formazione dei sistemi solari ed i loro pianeti. Considerando il nostro sistema solare, e la terra in particolare, l'evoluzione geotermica, il raffreddamento del pianeta, fornisce una condizione fisica opportuna ad un'evoluzione chimica che, a conclusione, porta al brodo primordiale. Le molecole semplici possono aggregarsi a formare monomeri di un polimero o policondensato, basi fondamentali per la chimica complessa, la chimica della vita: parte l'evoluzione biochimica con i primi proto-genomi a RNA con proprietà replicanti e funzioni non solo codificanti ma anche catalitiche del tipo "ribozyme-like". L'archo-atmosfera, fortemente riducente, favorì la comparsa del ribonucleotide ridotto, cioè del desossiribonucleotide, e alcune proto-molecole di RNA poterono replicarsi in maniera casuale includendo anche desossiribonucleotidi. Attraverso un intermedio evolutivo, il PNA, si arriva quindi al DNA. Solo le macromolecole racchiuse in ambienti ristretti riescono ad essere più efficaci e dunque si fa strada l'evoluzione cellulare con la comparsa dei cromosomi. Da questo momento la cellula, unità fondamentale della vita è protagonista di un'evoluzione i cui stadi intermedi ancora oggi sono visibili.

L'uomo, figlio evoluto pro tempore di quest'ultimo tipo di evoluzione, quella biologica, a sua volta è protagonista di un'evoluzione molto più rapida e dagli effetti visibili a tempi brevi, come quella culturale. Molto affascinante risulta l'accostamento dell'evoluzione biologica con quella informatica che recentemente e con tempi rapidissimi si sta imponendo nel mondo umano. Molte analogie, i virus ad esempio, dimostrano che i processi evolutivi procedono con uno schema-tipo che non può variare anche al cambiare dei parametri di base, valido "dal cosmo al byte". I virus informatici sono informazioni semi-autonome, come lo sono quelli biologici, entrambi sono in grado di diffondersi, entrambi potrebbero essere utili se opportunamente "trasformati" ma entrambi non sono in grado di vivere e diffondersi se avulsi da un contesto esecutore delle informazioni.

I genomi, cioè la totalità delle informazioni genetiche necessarie alla costruzione ed al mantenimento di un organismo vivente, possono essere considerati delle vere e proprie "cabine di regia" di un organismo vivente.

Queste informazioni sono contenute e mantenute in una macromolecola, il DNA, che, per avere questa struttura e questo grado di complessità, garanzia di efficienza, è l'ultimo arrivato di tutta una serie di processi evolutivi che partono dalla nascita dell'universo (Fig. 1).

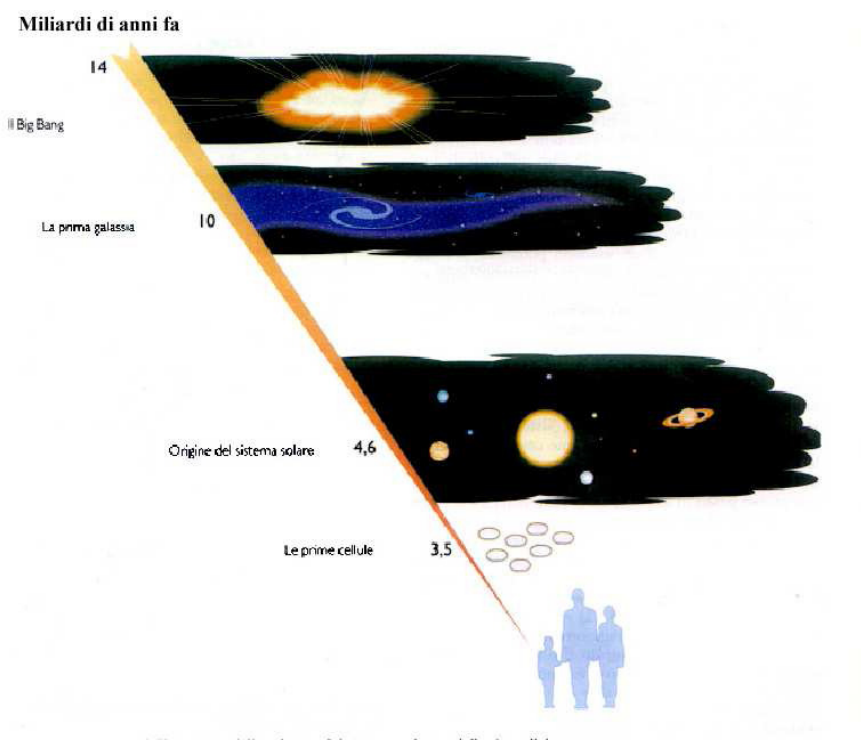


Figura 1: (Brown, 2003)

La successione delle evoluzioni che hanno portato al costituente primo dei genomi sono veramente tante e, soprattutto, non sono ancora concluse, visto che un processo evolutivo, per definizione, è proprio quel processo che non conosce mai fine in quanto anche la stessa conclusione può essere definita come una transizione ad un altro processo.

Miller ricreò in laboratorio quello che presumibilmente è successo miliardi di anni fa quando ebbe inizio sulla terra l'evoluzione chimica. Egli dimostrò che in condizioni verosimilmente esistenti al tempo, cioè atmosfera riducente, assenza di ossigeno, e presenza di scariche elettriche, idrocarburi primari come il metano ed altri riuscivano a catalizzare la loro trasformazione in amminoacidi ed acidi nucleici primordiali, che costituiscono ancora oggi i costituenti strutturali e funzionali di tutti i viventi (Fig. 2).



Figura 2

I primi genomi, detti protogenomi, ormai è assodato, furono di RNA e non di DNA. Questo non poté essere storicamente compreso prima della scoperta dei ribozimi (Fig. 3), molecole di RNA oggi esistenti negli organismi viventi che hanno funzione catalitica, quasi come se fossero enzimi. Essendo degli acidi nucleici, però, oltre alla funzione catalitica conservano sempre la funzione codificante cioè quella capacità di contenere nella propria struttura chimica un "messaggio".

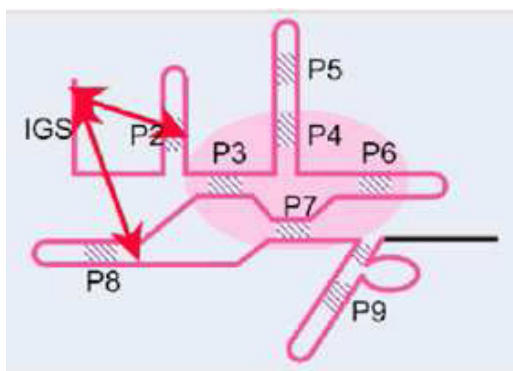


Figura 3: (Lewin, 2006)

Inoltre gli RNA primordiali non erano dotati di replicazione accurata né tantomeno di sistemi di correzione delle bozze; questo ha causato una replicazione lenta e poco accurata che ha generato una grande varietà di sequenze di RNA, sulle quali l'ambiente ha operato una forma di selezione naturale in modo tale che predominassero i sistemi migliori.

Ad un certo punto dell'evoluzione comparvero i primi enzimi (Fig. 4). Gli enzimi sono più efficienti perché più plastici in quanto fatti da 20 amminoacidi anziché da 4 nucleotidi; rimpiazzano i ribozimi lasciando all'RNA la possibilità di diventare solo codificante, ruolo per il quale non è adatto perché instabile: comincia dunque il processo evolutivo che porta alla formazione del DNA ed alla sua affermazione sulla scena della vita come molecola autoreplicante depositaria dell'informazione genetica.



Figura 4

L'atmosfera riducente spinge alla riduzione dei ribonucleotidi formando i primi desossiribonucleotidi. Forse comparve un intermedio chiamato PNA che contraeva legami più stabili (peptidici al posto dei futuri fosfodiesterici) conferendo ai sistemi primordiali sia un vantaggio che uno svantaggio.

I primi genomi a DNA sarebbero stati quindi formati da tante molecole a DNA, ognuna codificante una singola proteina. L'unione dei singoli geni nei primi cromosomi ha migliorato l'efficienza della distribuzione dei geni durante la divisione cellulare e da questo momento parte l'evoluzione della vita ad una velocità che sicuramente non è uguale a prima (Fig. 5). L'evoluzione infatti procede "a balzelli" piuttosto che in maniera costante.



Figura 5

L'evoluzione morfologica di ogni organismo vivente è stata sempre accompagnata dall'acquisizione di nuovi geni secondo un ritmo non costante, come detto prima. Una prima esplosione del numero dei geni, da poche migliaia a più di 10.000, è avvenuta con la comparsa degli eucarioti e, successivamente con l'apparizione dei primi vertebrati. Nuovi geni possono essere comparsi per duplicazione di interi genomi (poliploidia) quando, ad esempio, un errore durante la meiosi portò alla formazione di gameti fertili diploidi che si incrociavano. A dimostrazione di ciò si consideri che anche oggi molte specie, in particolare piante e anfibi hanno un genoma poliploide. Oppure, nuovi geni possano aver fatto la loro prima apparizione per duplicazione di un gene o gruppi di geni preesistenti (Fig. 6). *La duplicazione di tratti più o meno estesi del genoma costituisce un meccanismo evolutivo fondamentale e ripetutamente sfruttato dall'evoluzione.* Le duplicazioni possono aver avuto luogo anche tramite scambio diseguale tra cromatidi fratelli. Il risultato iniziale della duplicazione è la formazione di due geni identici. La pressione selettiva assicurerà che uno mantenga la sua funzione iniziale, mentre l'altro può accumulare mutazioni, che spesso lo inattivano facendolo diventare un pseudogene, ma possono anche conferire una nuova attività genica utile all'organismo.

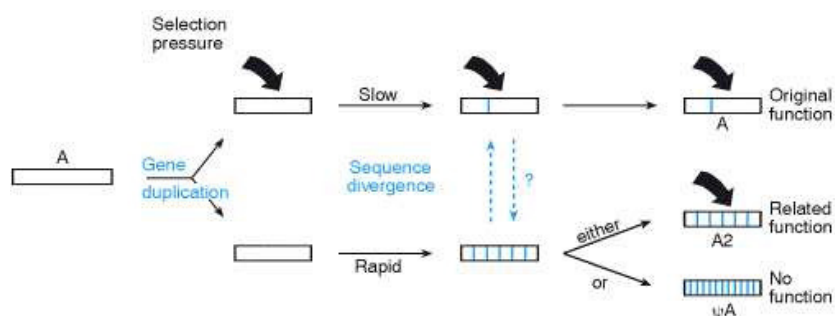


Figura 6

Che le cose siano andate secondo queste direttive, è dimostrato dalla composizione in sequenze peptidiche di alcune proteine con funzione correlata fra loro, quali quelle implicate nel processo della coagulazione del sangue (Fig. 7). La chimotripsina ed il fattore IX della coagulazione hanno vaste zone di omologia segno che hanno un'origine comune e che poi la divergenza genica abbia portato alla differenziazione in funzioni diverse.

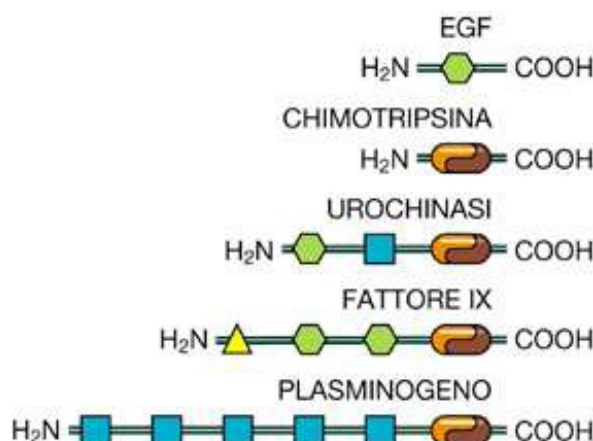


Figura 7

Inoltre questo modello predice l'esistenza delle famiglie multigeniche cioè quelle famiglie di geni simili in sequenza e funzione che coesistono in varie parti del genoma e che assolvono a funzioni diverse ma inquadrare in un unico segmento del metabolismo, come la famiglia delle globine; oppure come i geni facenti parte del cosiddetto DNA ripetitivo come i geni per l'RNA ribosomale che è organizzato a ripetizioni dello stesso "motivo" questa volta non per differenziare la sua funzione ma per sopperire alla necessità della cellula di dover avere gran quantità di quel particolare prodotto in pochissimo tempo.

Se questa ipotesi è vera è possibile dunque "sistemare" gli organismi viventi che sfruttano questi geni riordinandoli da quello che possiede il gene ancestrale non duplicato a quello che ne possiede tantissime copie: si può fare quello che gli esperti chiamano "orologio molecolare" (Fig. 8).

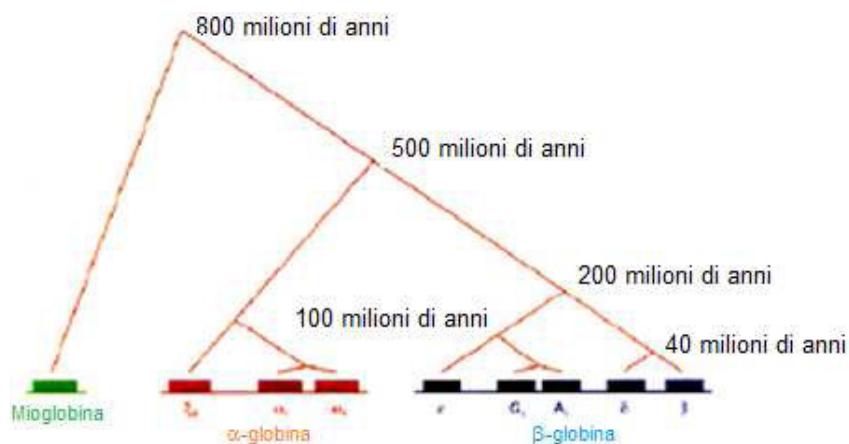


Figura 8: (Brown, 2003)

Infine, la sussistenza di questa ipotesi fa scaturire come automatica la presenza di un DNA non codificante che si potrebbe chiamare "spazzatura" in quanto a funzione sconosciuta. Infatti, dopo i processi di duplicazione e divergenza di sequenze ancestrali secondo meccanismi del tutto casuali, è molto probabile che alcune di queste combinazioni siano risultate assolutamente abortive in quanto non possiedono un messaggio con senso e dunque oggi, nei genomi degli organismi evoluti, dovrebbe trovarsi una gran quantità di DNA "inutile" cioè frutto di statistici tentativi attualmente considerati falliti con cui il genoma si è evoluto. Infatti è proprio così: prendendo in considerazione un genoma "evoluto" (quello umano) il DNA codificante è solo il 3% del totale; il resto è tutto DNA non codificante ma assolutamente utile per il presente, una certa parte, e per il futuro la restante parte.

Ad onor del vero potrebbe valere anche il contrario. Cioè il DNA non codificante potrebbe essere un serbatoio da cui attingere per formare nuove combinazioni di geni con cui fare evolvere il genoma. Probabilmente sono vere entrambe le ipotesi: ma la realtà delle cose ci spinge a dire che questo tipo di DNA chiamato per troppo tempo DNA spazzatura, lungi dall'essere inutile, rappresenta invece antiche vestigia di ciò che siamo stati e mattoni primordiali di ciò che potremmo essere.

Bibliografia:

Brown, TA: Genomi 2, Edises, 2003
Lewin, B: Il gene VIII, Zanichelli, 2006