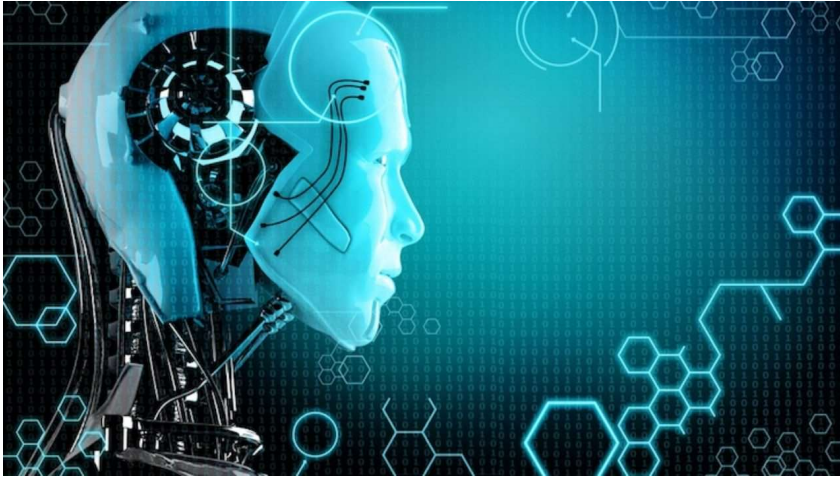


HOMO SAPIENS



Esiste un legame indissolubile tra la vita sulla terra e le stelle.

Tutto ciò che vediamo lassù in cielo e quaggiù sul nostro pianeta è fatto della stessa sostanza. Atomi. Ma la domanda è: come hanno fatto questi atomi a unirsi per dar vita a noi?

E poi, siamo l'unica forma di vita che si pone questa domanda?

L'universo è costituito essenzialmente da una manciata di ingredienti basilari come idrogeno, Elio, carbonio e via dicendo, tutti elementi chimici che, in proporzioni diverse, compongono ciò che siamo noi, e, sono gli stessi che, in diverse misure costituiscono ogni cosa.

Ma allora gli esseri umani sono solo rocce un po' più complesse?

Come le rocce, infatti anche noi siamo costituiti di elementi come il ferro, il rame, il manganese.

Questo vuol dire che quando ci troviamo in montagna circondati dai sassi, siamo insieme ai nostri cugini?

Non lo possiamo escludere. Non possiamo escludere che sia stato il caso a creare dal caos gli esseri viventi, organismi che possono crescere, riprodursi. E talvolta, pensare.

Noi siamo forse l'unica parte cosciente dell'universo, un vero miracolo che unisce la fisica alla chimica alla biologia.

Quando alziamo gli occhi al cielo e comprendiamo di essere parte di tutto questo, l'emozione che si prova è struggente, sembra davvero di trovarci di fronte ad un miracolo meraviglioso.

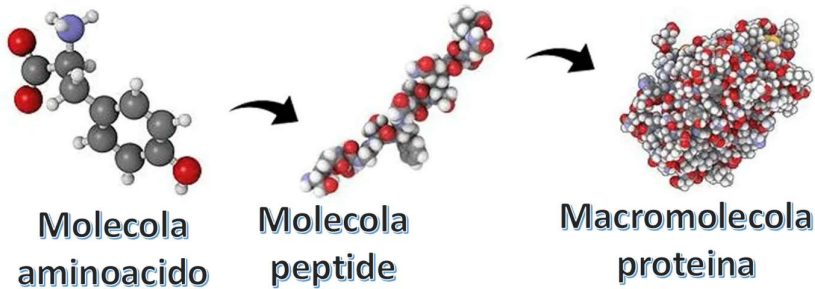
Oggi disponiamo di modelli matematici standard per la cosmologia del Big Bang e la fisica delle particelle, ma al momento non abbiamo ancora scoperto alcun modello standard per l'origine della vita.

Per quel che ne sappiamo non c'è una forza della vita, in quanto tale: la vita sembra emergere spontaneamente da reazioni chimiche complesse.

Proviamo a immaginare:

La giovane Terra era un mondo d'acqua con piccole aree di terraferma. Molti scienziati ritengono che la vita sia iniziata proprio nel fondo degli oceani, o nei laghi, o nelle pozze termali.

Molti degli ingredienti che hanno dato inizio alla vita si sono formati insieme alla terra, altri possono essere stati trasportati dalle comete e dai meteoriti. Questi composti chimici hanno formato un "brodo primordiale" fatto di aggregati di atomi: le molecole.

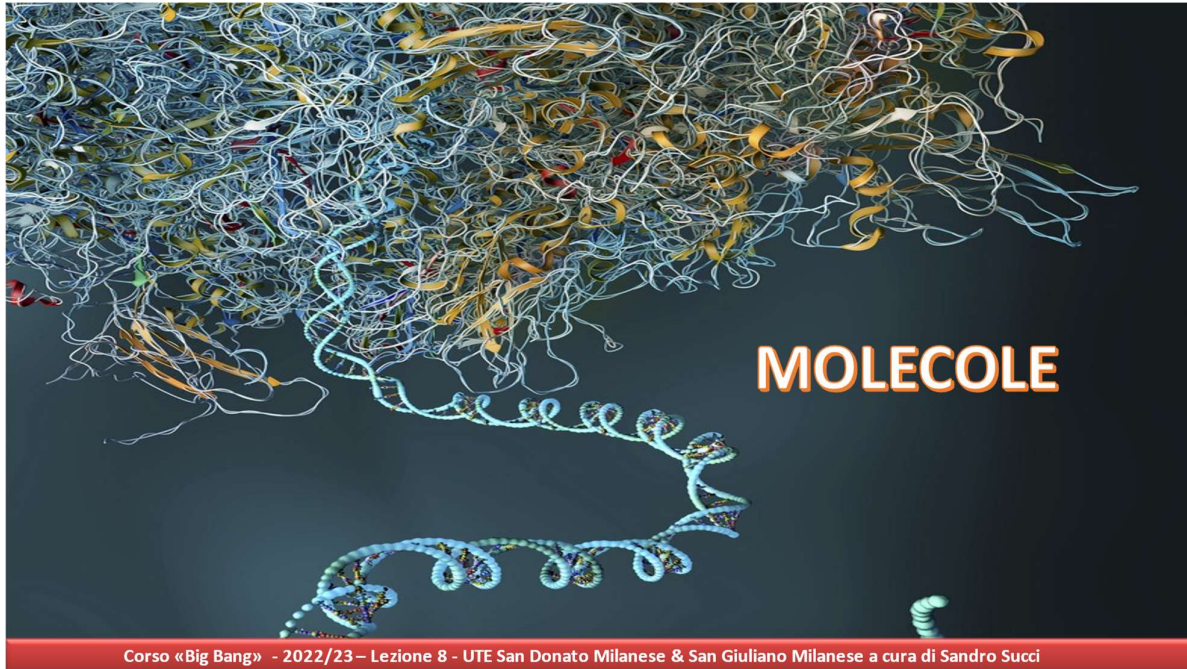
MOLECOLE E MACROMOLECOLE

Corso «Big Bang» - 2022/23 - Lezione 8 - UTE San Donato Milanese & San Giuliano Milanese a cura di Sandro Succi

Qui vedete la trasformazione da una semplice molecola di un aminoacido in un aggregato di molecole fino alla grossa macromolecola che è la proteina, che si trasformano in seguito a reazioni chimiche sempre più complesse.

Ma quante molecole si sono formate. Beh, pensate che solo su ognuno dei miliardi di miliardi di granelli di sabbia dei nostri mari si possono contare da 10.000 a 100.000 batteri, che a loro volta sono composti da moltissime molecole.

Miliardi di miliardi di miliardi di molecole.



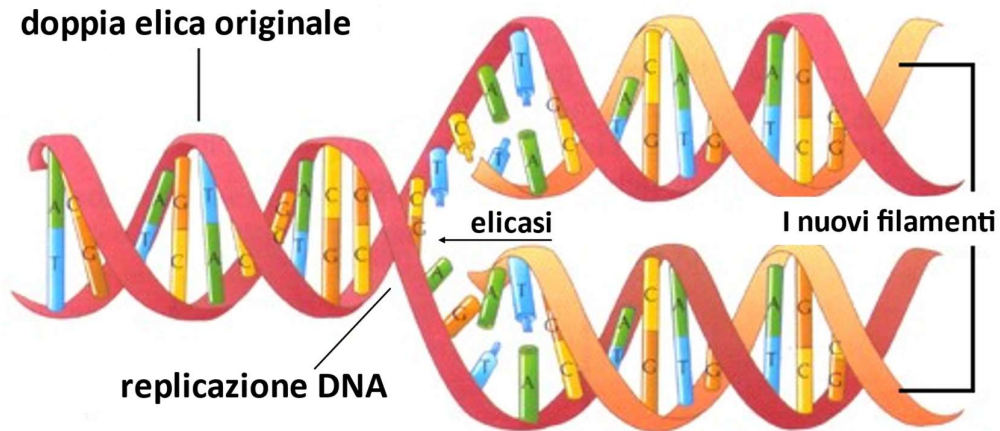
Molecole sempre più complesse.

Molecole filamentose aggrovigliate dalle quali uscì una molecola con un filamento a forma di doppia spirale, il DNA.

Un giorno, circa quattro miliardi di anni fa, si verificò un incidente: una molecola di DNA ruppe la doppia elica e iniziò a fare copie di sé stessa.

Sulla Terra era iniziata la vita.

REPLICA DEL DNA



Homo Sapiens – 2022/23 – Lezione 1 – UTE San Donato & San Giuliano milanese – a cura di Sandro Succi

Il DNA è una struttura di due filamenti entrambi arrotolati insieme per formare la caratteristica doppia elica. Ogni singolo filamento di DNA è una catena di quattro tipi di nucleotidi.

I nucleotidi sono chiamati adenina, citosina, guanina e timina, comunemente abbreviate come A, C, G e T.

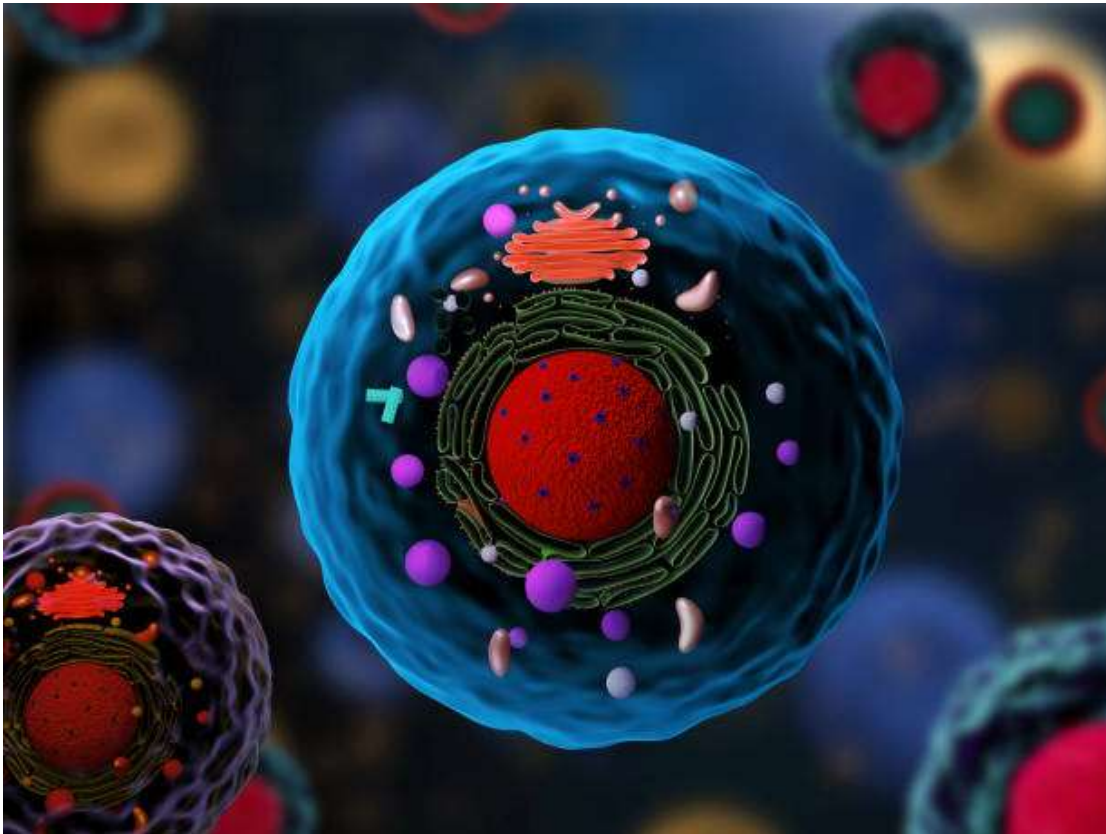
La replicazione del DNA è il processo di produzione di due molecole figlie identiche di DNA, da una molecola di DNA originale. Questo processo si verifica in tutti gli organismi viventi ed è la base della trasmissione dell'ereditarietà biologica.

Durante la replicazione, i filamenti originali si separano. Ogni filamento della molecola di DNA originale diventa quindi il modello per la produzione della sua controparte complementare.

La replicazione del DNA ha inizio in punti specifici. Lo srotolamento e la produzione di nuovi filamenti, per l'intervento di un enzima noto come elicasi, determinano la crescita delle forcelle di replicazione. Un enzima chiamato RNA polimerasi sintetizza i nuovi filamenti (crea i nuovi filamenti) dove l'altro enzima DNA prende i nucleotidi adatti e li ricollega.

E' così che aggiungendo nucleotidi ad ogni filo della forcella si ottengono due altre molecole di DNA identiche all'originale.

Ed eccola qui la forma più elementare della vita. La cellula.



La base chimica della vita è molto semplice, solo una ventina di aminoacidi, il DNA e alcuni lipidi; tutto qui.

Chissà quanti tentativi andati a vuoto, ma alla fine questi pochi elementi mescolati insieme da un programma scritto nel DNA è già vita.

Queste prime cellule nelle profondità dell'oceano utilizzarono le molecole e gli atomi dell'ambiente circostante e non passò molto tempo prima che iniziassero anche loro a creare copie di sé stesse. Improvvisamente vi

furono centinaia, migliaia, milioni miliardi di cellule sparse in ogni angolo dell'oceano.

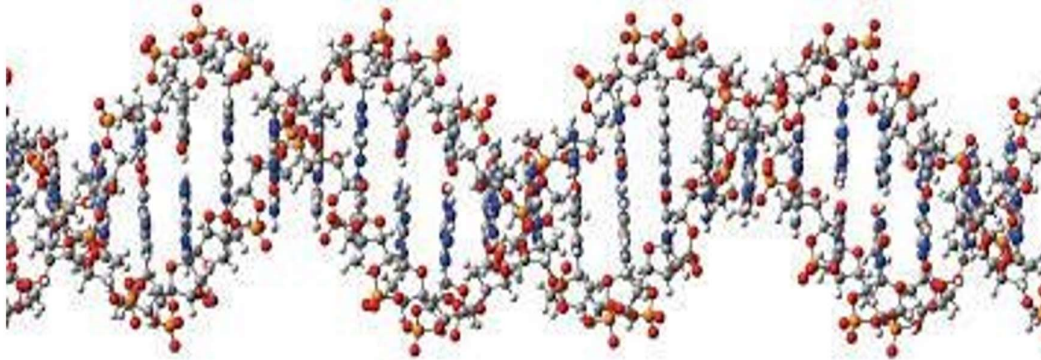
Il DNA di una cellula è complessivamente lungo due metri e si compatta nel nucleo della cellula che è di dieci micrometri, cioè dieci millesimi di millimetro. Nelle cellule, ogni elemento (nucleotide) deve trovare il suo posto. È come giocare con un puzzle da un milione di pezzi.

Ogni essere vivente, animale o pianta, è legato a tutti gli altri. Noi abbiamo un DNA simile a quello di una banana. Insomma, è ovvio che abbiamo un aspetto diverso da una banana, ma se guardiamo il nucleo della cellula della banana vediamo che la sua cellula è quasi identica alla nostra.

Ma, condividiamo solo il 50% dei suoi genomi iscritti nel DNA.

Il DNA è il sistema operativo della vita. Quando pensiamo alla cellula, ci concentriamo spesso su come è fatta, ed è importante perché contiene aminoacidi, molecole eccetera, ma la differenza fondamentale tra la vita e la semplice chimica sta nelle informazioni, nel programma che la cellula ha al suo interno; paragonando una cellula ad un computer, non è l'hardware che è meraviglioso, ma è il software. E' questa la proprietà più grande del DNA, la sua abilità di trasmettere le informazioni della vita, attraverso l'RNA messaggero, anche alle molecole di DNA sue figlie, in modo che anche le nuove cellule possano utilizzare le istruzioni ricevute per produrre tutte le proteine che ci permettono di respirare, pensare, muoverci...vivere.

MUTAZIONI ERRORI DI REPLICAZIONE DEL DNA



Homo Sapiens – 2022/23 – Lezione 1 – UTE San Donato & San Giuliano milanese – a cura di Sandro Succi

In miliardi di anni, grazie ai piccoli errori di replicazione del DNA, di generazione in generazione, da una singola cellula si è passati all'immensa varietà di forme di vita che abbiamo oggi.

Sì, perché in fase di replicazione può succedere che uno di quei miliardi di nucleotidi non trovi il posto giusto nella doppia spirale; oppure può avvenire che il DNA venga danneggiato a causa di un intervento esterno, (radiazioni ad altissima frequenza, raggi ultravioletti, raggi X, raggi gamma), le quali possono modificare la catena di nucleotidi.

Questi errori di replicazione o danneggiamenti del DNA si chiamano mutazioni, ovvero sono copie imperfette dell'originale. Le mutazioni possono essere dannose, (cancro) ma a volte sono più che positive. Una minima differenza nel DNA dette vita alle piante e poi, mutazione dopo mutazione, agli animali.

In alcuni casi (per l'uomo è stato così) un cambio casuale ha permesso un miglior metabolismo, (alimentazione, digestione, gestione dell'energia);

ci ha dato una vista leggermente migliore così che abbiamo potuto guardare più lontano e vedere per tempo i predatori; oppure ci ha reso più alti, per poter vedere oltre una barriera, che so, un cespuglio, una roccia, nella savana.

Questi descritti, sono stati dei cambiamenti vantaggiosi per il genere Homo, ma furono mutazioni casuali, minime, molto rare, che però ci hanno portato ad essere leggermente diversi dagli scimpanzè (con i quali condividiamo circa il 99% del DNA).

Avere gli occhi azzurri o la pelle chiara, ad esempio, è il frutto di piccole differenze rispetto al nostro DNA originale quando avevamo la pelle nera e gli occhi scuri.

Questa evoluzione di mutamenti casuali, comunque, ci ha portato ad essere come siamo adesso, e hanno fatto estinguere tutte le altre specie di HOMO comparsi sulla terra prima di noi.

Di tutte le mutazioni che conducono alla vita, la più importante è anche una delle più antiche.



Gli scienziati hanno ricondotto il tutto a un singolo fenomeno di mutazione chiamato fotosintesi. Questo fenomeno, (un errore di copia del DNA), portò a un vero superpotere. Delle cellule chiamate cianobatteri furono i primi organismi a sviluppare questo superpotere, erano in grado di usare la luce del sole per alimentarsi. Per la prima volta una forma di vita generò la propria risorsa interna di energia (l'alimentazione) con la luce del sole.

Quelle che a prima vista sembrano delle rocce cresciute nei bassi fondali marini circa 3,5 miliardi di anni fa, nella Shark Bay in Australia, sono in realtà delle montagne di batteri, una colonia che prende il nome *stromatolite (tappeto di pietra)*. Le stromatoliti sono gli oggetti viventi più antichi del pianeta. Dico "oggetti viventi" perché una stromatolite non è viva in senso stretto, non è un essere vivente unico, ma è il prodotto dell'attività biologica di un tappeto batterico e di microalghe che si sono sovrapposti strato dopo strato nei millenni e hanno costruito scogliere grandi quanto quelle più recenti di coralli e di alghe, con un'altezza di 10 ÷ 100 m e più, e una lunghezza di centinaia di chilometri.

Quasi per magia, dunque, questi batteri trasformano la luce del sole in cibo. Questo processo chiamato appunto fotosintesi utilizza la luce del sole per convertire anidride carbonica e acqua in glucosio, uno zucchero semplice che è diventato il loro alimento, ma l'aspetto fondamentale di questa innovazione che ci riguarda direttamente è che questi batteri fotosintetici nel loro metabolismo emettevano come scarto l'ossigeno, gas vitale per noi oggi. Praticamente tutto l'ossigeno che oggi si trova nell'atmosfera è stato prodotto dai batteri o dalle piante nel corso dei tempi. La cosa sorprendente è che in questo primo periodo l'ossigeno era addirittura una sostanza tossica, una specie di inquinamento. Solo la graduale apparizione di forme viventi capaci di utilizzarlo come carburante lo trasformerà in una risorsa. L'ossigeno trasforma l'atmosfera. Senza saperlo le stromatoliti hanno creato l'elemento più importante per lo sviluppo della vita. Senza di

loro nessuna forma di vita più complessa sarebbe potuta esistere. Quando respiriamo dobbiamo ringraziare quelle antiche colonie di batteri.



I batteri sono microrganismi, esseri viventi unicellulari, ovvero esseri microscopici composti da una singola cellula. A differenza di noi esseri umani, la loro sopravvivenza è garantita dall'unica cellula di cui sono composti. I batteri sono invisibili all'occhio umano, infatti, hanno una grandezza di circa 1 micrometro. Per farsi un'idea è sufficiente prendere in mano un righello, provare a concentrarsi su un millimetro e immaginare di dividerlo in mille parti.

Per un tempo lunghissimo il nostro pianeta è stato soltanto una specie di acquario di batteri ma i batteri a poco a poco cominciarono a modificarsi a specializzarsi, ad assumere caratteristiche diverse e a moltiplicarsi molto velocemente.

Sono loro i veri dominatori della terra, e ancora oggi sono ovunque anche dentro il nostro corpo. La cosa straordinaria è la capacità dei batteri di sopravvivere in condizioni proibitive. Sopravvivono ovunque, anzi si trovano benissimo anche in condizioni che per qualsiasi altro organismo sarebbero immediatamente fatali, come i fondali oceanici o i ghiacciai.

Insomma, le tracce più antiche di vita apparsa sul pianeta Terra sono state trovate in sedimenti rocciosi dell'Australia e del Sud Africa e risalgono a circa 3,5 miliardi di anni fa. I primi organismi erano piuttosto semplici, simili ai batteri, delle vescicole con dentro delle molecole organizzate.

La comparsa della vita si fa però risalire a un periodo precedente, circa quattro miliardi di anni fa: l'intensa attività vulcanica del pianeta, appena solidificato, trasformò infatti l'atmosfera primordiale (costituita soprattutto da elio e idrogeno) in una miscela di acqua, metano, ammoniaca e acido solfidrico. Contemporaneamente si formarono gli oceani. La presenza di fonti di energia come raggi ultravioletti, scariche elettriche temporalesche, radioattività e temperatura elevata, provocò una serie di reazioni fotochimiche, grazie alle quali si formarono in un primo tempo gli idrocarburi, e in un secondo tempo amminoacidi, zuccheri e le basi che costituiscono tuttora la catena del Dna, molecola responsabile della trasmissione dei caratteri ereditari. Quei composti, accumulati nell'oceano, nei laghi e negli stagni, si riunirono in masserelle sferiche, in vescicole, formando l'antenato della cellula, il primo passo verso la vita come la intendiamo noi, capace di auto organizzarsi e di riprodursi.

Ora vediamo quando, quali e quanti esseri viventi si sono evoluti da allora.



Datiamo Il Precambriano con la formazione della Terra, circa 4,6 miliardi di anni fa.

Nei primi 600 milioni di anni, la Terra fu una palla incandescente allo stato fuso. Successivamente, la superficie terrestre, raffreddandosi, permise la formazione di una crosta e delle placche continentali, e l'accumulo di una grande quantità d'acqua che formò i primi oceani.

Circa 3,7 miliardi di anni fa apparvero le prime forme di vita: esseri unicellulari privi di nucleo, ma con tutti gli elementi necessari a diventare vita, chiamati Procarioti (gli antenati dei batteri). Tuttavia, è solo, da 2,5 miliardi di anni fa a 540 milioni di anni fa, che vi fu la comparsa di organismi unicellulari più complessi, come le cellule dotate di nucleo, e delle prime forme pluricellulari, sebbene l'ambiente di vita rimase confinato solo all'acqua.

Nei quasi tre miliardi di anni del Precambriano si passò dalle prime semplici forme di vita alle prime piante.



Continuando nel nostro viaggio immaginario, saltando qualche miliardo di anni di vita noiosa, arriviamo al Paleozoico.

Questo periodo dura circa 300 milioni di anni e si colloca cronologicamente tra il Precambriano (circa 540 milioni di anni fa) e il Mesozoico circa 240 milioni di anni fa.

Consideriamo che nei quasi tre miliardi di anni dell'era precedente, il Precambriano, si passò dalle prime semplici forme di vita alle prime piante, nel Paleozoico invece in solo 300 milioni di anni vi fu invece una grande espansione e varietà di viventi. Questa esplosione delle forme di vita, che per molto tempo risultò inspiegabile, viene oggi ricollegata alla rottura del Pangea, il supercontinente che in quel periodo costituiva l'insieme di tutte le terre emerse.

Lo smembramento del supercontinente ebbe come conseguenza un aumento delle superfici costiere e variazioni climatiche che favorirono la diversificazione della vita, producendo una straordinaria varietà dei viventi

progenitrici delle attuali, che apparvero simultaneamente. Il fenomeno è noto come Esplosione cambriana.

In terra, compaiono gli insetti ancora senza ali, prime forme documentate di vita animale terrestre. Compare anche un particolare gruppo di pesci dalle pinne carnose con caratteristiche intermedie tra pesci e anfibi. Sembra che il *Tiktaalik*, un pesce abituale frequentatore delle terre emerse, vissuto approssimativamente 375 milioni di anni fa con le sue molte caratteristiche simili a quelle degli animali a quattro zampe, rappresenti un esempio di come in alcune antiche linee di pesci si siano sviluppati adattamenti agli habitat di acque basse. Adattamenti che hanno portato poi all'evoluzione in anfibi.

Questo periodo, detto anche "Età dei pesci", si distingue per la varietà e l'abbondanza degli abitanti degli oceani.



Intorno ai 240 milioni di anni fa entriamo nell’Era mesozoica, cioè l’Era della “vita di mezzo”, così chiamata perché l’evoluzione degli esseri viventi presentò allora forme intermedie che precedettero l’avvento dei Mammiferi. In quell’era il centrosud dell’Europa è ricoperta dal mare, e un clima di tipo tropicale permette ai coralli di costruire le gigantesche scogliere che diventeranno poi le nostre Dolomiti.

Il nord Europa e gli altri continenti ora sono ricoperti da foreste di alti alberi, antenati delle conifere dei nostri giorni.

In quel paesaggio verde, ma tanto diverso dal mondo a cui siamo abituati, si aggirano “strani” abitanti. Per tutti i 160 milioni di anni di quell’Era, infatti, i dominatori del pianeta sono i Dinosauri, che con una moltitudine di specie popola ogni ambiente, dalle profondità dei mari alle vastità dei cieli.

I Dinosauri dominano la terra fino ai 65 milioni di anni fa quando un meteorite di 10 Km si schiantò sulla terra e contribuì all’estinzione di moltissime specie viventi di grandi dimensioni, compresi quasi tutti i dinosauri. Dai 65 ai 55 milioni di anni fa, approfittando dell’estinzione di massa avvenuto col meteorite, piccoli mammiferi cominciarono ad espandersi e a colonizzare il pianeta.

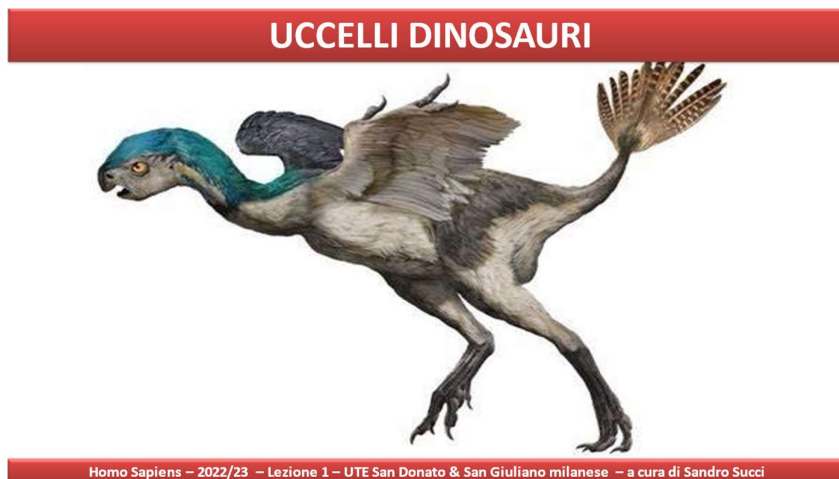


I Mammiferi hanno avuto grande espansione negli ultimi 65 milioni di anni.

Il fenomeno, come abbiamo già visto, sembra fosse dovuto alla separazione dei continenti avvenuta nel tardo Mesozoico, poiché in ciascuno di essi si evolsero linee di Mammiferi diversi.

La fauna dell’Australia caratterizzata da un’abbondanza di marsupiali ne è un buon esempio.

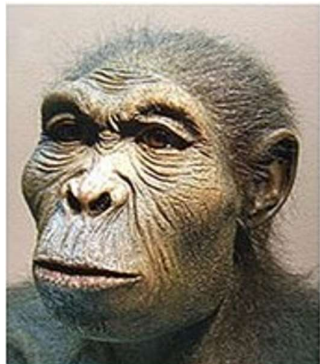
Nell’era Cenozoica i Mammiferi sostituirono in tutti gli ambienti i Rettili.



Dai 55 ai 34 milioni di anni fa compaiono gli uccelli, con molta probabilità gli ultimi eredi dei dinosauri.



I progenitori dell'uomo sono dei mammiferi di piccole dimensioni, dall'aspetto di toporagni, per la maggior parte adattati alla vita arboricola, quasi tutti ad attività diurna, viventi per lo più nelle zone calde del globo; pentadattili e unguicolati, sono provvisti di una dentatura completa e hanno piedi prensili, pollici spesso opponibili alle altre dita, due mammelle sempre pettorali, corpo rivestito da una pelliccia; da questi Primati si evolvono le scimmie e gli Ominoidi.

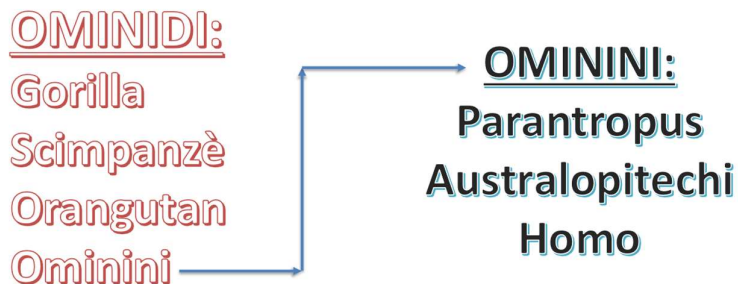


**Antenato comune
Homo-Scimpanzè
vissuto circa
6 milioni
di anni fa**

Homo Sapiens – 2022/23 – Lezione 1 – UTE San Donato & San Giuliano milanese – a cura di Sandro Succi

Andiamo un po' più avanti nel tempo, fermiamoci a circa sei milioni di anni fa e a quello che possiamo considerare il più antico antenato bipede dell'uomo, ma che era ancora in grado di arrampicarsi sugli alberi. I tempi non sono ancora maturi e dobbiamo aspettare altri due milioni di anni per vedere comparire un nostro parente più vicino.

GLI OMINIDI e gli OMININI



Homo Sapiens – 2022/23 – Lezione 1 – UTE San Donato & San Giuliano milanese – a cura di Sandro Succi

L'evoluzione della specie umana a partire dall'antenato in comune con le scimmie è avvenuta lentamente nel corso del tempo, da esse si svilupparono via via esseri più progrediti, sempre più intelligenti e capaci di sopravvivere e decisamente più somiglianti all'uomo moderno.

Facciamo parte della famiglia degli ominidi, insieme a gorilla, scimpanzé e orangutan: le grandi scimmie. Gli ominini sono un sottoinsieme degli ominidi e cioè, tecnicamente parlando, una sottofamiglia. Comprendono noi, genere Homo, e i nostri parenti oggi estinti, dei generi Australopithecus, Paranthropus, e altri.

Chiamiamo australopitechi alcune specie di ominini, di piccole dimensioni, da cui probabilmente hanno avuto origine le varie specie del genere Homo.

Ma ricapitoliamo.

Sappiamo che, intorno a sei milioni di anni fa, nell'Africa in cui vivevano l'antenato comune di uomo e scimpanzé, il clima cambia. Da caldo e umido, diventa più secco. Le conseguenze si vedono nella vegetazione: la foresta viene via via sostituita da un nuovo ambiente povero di piante ad alto fusto, la savana. Così come il cambiamento ambientale, anche la risposta a

questo cambiamento da parte dei nostri antenati ha richiesto centinaia di migliaia di anni. Un po' alla volta, però, una parte degli antenati comuni di uomo e scimpanzé si è avventurata sempre più spesso nella savana, e ha dovuto adattarsi al nuovo ambiente. Nella savana è indispensabile accorgersi per tempo dell'arrivo di qualche creatura ostile. Tenersi ritti su due gambe permette un miglior controllo dello spazio circostante e fughe più tempestive.

Finalmente arriva il periodo chiamato **Pliocene** che va da 5,3 a 2,5 milioni di anni fa, periodo che vede la comparsa della specie Homo.

Abbiamo scoperto di essere composti di atomi, particelle di materie che fanno parte di un viaggio antico come l'universo prima che diventassero parte di noi. Queste particelle sono state nel passato animali, piante; erano nei dinosauri, nei pesci primitivi e nelle cellule primordiali, formate da molecole contenenti atomi che arrivarono per la prima volta sulla terra da comete e asteroidi nati all'interno di una nebulosa gigante e scagliati nello spazio da una supernova.

Su un ramoscello dell'albero evolutivo, sorse un tipo molto strano di scimmie, queste scimmie erano strane perché i loro cervelli avevano formato cervelli che non elaboravano solo dei pensieri semplici, come ho fame, ho sete, ma pensieri molto più complessi come di cosa siamo fatti e da dove viene ogni cosa. Erano gli uomini.