

1. Lo studio della vita

La biologia (bios logos) è lo studio della vita, studio degli organismi viventi. I vari viventi discendono da un'origine comune, una forma vivente comune LUCA, comparsa circa 4 miliardi di anni fa. Last Universal Common Ancestor. Da luca discendono i due domini: eucarioti (più complessi, animali, piante, funghi) e procarioti (ex archeobatteri e "batterio modello"). Eucarioti composti da cellule più complesse.

I viventi sono costituiti da atomi e molecole esattamente come i non viventi, come li distinguiamo?

Caratteristiche dei viventi: (da sole non sono sufficienti a definire un vivente, perchè definiscano un organismo vivente devono essere tutte compresenti, dai viventi più semplici ai più complessi)

- Costituiti da una serie di componenti comuni: carboidrati, acidi grassi (lipidi), acidi nucleici (in cui ci sono DNA e RNA), aminoacidi. (quattro grandi classi di macromolecole).
- La maggior parte sono costituiti da cellule delimitate da membrane plasmatiche. Non vale per i virus, che sono al confine tra viventi e non viventi, per alcuni si ma non per tutti i virus. I viventi hanno come unità fondamentale minima la cellula. Vale per tutti i viventi a composizione cellulare (la maggioranza) --> hanno le cellule delimitate da membrana plasmatica di natura lipidica.
- Trasformano molecole ambientali in nuove molecole biologiche (trasformazioni chimiche). Tutti i viventi svolgono trasformazioni chimiche nel loro metabolismo.
- Estraggono energia dall'ambiente (principalmente dal sole) e la utilizzano per svolgere processi biologici. Trasformano energia. Trasformare energia non è esclusivo nei viventi. Anche nel sole si svolgono sempre trasformazioni energetiche ma ciò non definisce il sole organismo vivente
- Contengono informazione genetica che utilizza un codice universale per specificare le proteine, cioè la presenza di un'informazione genetica che definisce quell'oggetto. Vale per tutti i viventi, dai virus agli organismi cellulari più complessi. Possiedono un'informazione genetica che definisce quell'oggetto biologico. La presenza di un acido nucleico, vero per tutti i virus, siano essi virus a DNA o RNA, comunque sia c'è un acido nucleico che porta l'informazione per quell'oggetto biologico, anche per funghi, animali, piante, batteri protisti. In questa informazione viene anche codificata la modalità con la quale devono essere prodotte le proteine, che sono le più versatili molecole che incontriamo nelle diverse costituenti dei viventi.
- Condividono una similarità (da questa similarità si deduce come siano tutti imparentati) tra una serie di geni fondamentali e replicano (con diverse strategie) la propria informazione genetica quando si riproducono. Informazione genetica si trasmette di generazione in generazione.
- Evolvono nel tempo. Le diverse specie di viventi, che poi si parla di diverse popolazioni di una specie, evolvono nel tempo perchè i viventi nel tempo subiscono cambiamenti e sotto la pressione selettiva dell'ambiente si modificano, ossia nel tempo cambia la composizione genetica dei diversi viventi. Queste diversità genetiche vengono di generazione in generazione contro-selezionate o favorevolmente selezionate, in modo che è chi è favorevolmente selezionato arricchisce nella generazione successiva le proprie varianti genetiche.
- Mantengono un'omeostasi, un proprio equilibrio interno. Spendono continuamente energia per mantenere il proprio interno un sistema ordinato, abbassando continuamente l'entropia (il disordine interno), c'è una spesa energetica per mantenere il sistema ordinato. Essere vivi vuol dire spendere energia per mantenersi ordinati all'interno del proprio sistema biologica. La morte è il contrario, l'organismo morto non spende più energia e diventa progressivamente un sistema disordinato che va incontro a una degenerazione.

I vari organismi attuali sono riconducibili a LUCA, che riassumerebbe in sé tutte delle caratteristiche imprescindibili che ritroviamo in tutti i viventi, a partire da un particolare tipo di informazione genetica, codificata allo stesso modo e interpretata allo stesso modo in tutti gli organismi viventi, dai virus ai batteri, fino agli eucarioti più complessi. Anche se la vita può aver avuto delle origini multiple, con diverse organizzazioni dei viventi, attualmente tutti i viventi condividono solo una determinata tipologia di organizzazione, per questo vengono tutti ricondotti a uno o poche forme primordiali dalle quali tutti i viventi attuali sarebbero derivati.

La terra ha 4,6/4,5 miliardi di anni. Almeno mezzo miliardo (600 milioni di anni) dopo sarebbero comparsi i primi viventi. Stima fatta sulla base dei più antichi fossili viventi ritrovati, impronte di ipotetici pluricellulari, impronte dette stromatoliti. Sono state retrodatate a 3 miliardi e mezzo di anni fa. Probabilmente i viventi possono essere comparsi un po' prima (circa 4 miliardi di anni fa). Tempo necessario ad una serie di macromolecole per organizzarsi nei primi protoviventi.

La storia della Terra può essere rappresentata da un mese di 30 giorni. Tappe fondamentali della comparsa di diverse organizzazioni di viventi. Mezzo miliardo di anni con terra priva di viventi. Al quinto giorno i primi viventi (protoviventi) in grado di auto-replicarsi, avevano un'organizzazione di tipo procariote. Poi primi fossili. Fino al miliardo e mezzo di anni, terra abitata solo da procarioti. Poi comparve la fotosintesi. A un miliardo e mezzo comparsa dei primi eucarioti, si ipotizza tramite fusione di procarioti. Eucarioti all'inizio di tipo monocellulari. Poi organizzazioni pluricellulari. Poi forme viventi di tipo acquatico, ambiente più protetto dai raggi UV. Poi colonizzazioni dell'ambiente della crosta terrestre delle terre emerse. Prime piante terrestri e primi animali terrestri. Grazie alla fotosintesi sarebbe stata immessa una grande quantità di ossigeno che avrebbe creato uno strato di ozono che riparava dalla fortissima radiazione ultra violetta. Poi primi mammiferi, predominanza dei grandi rettili (dinosauri). Poi primi uccelli, classe più giovane dei mammiferi. Sia uccelli sia mammiferi derivati da progenitori di tipo rettiliano. Poi angiosperme e grande diffusione dei mammiferi. Ultimo giorno Homo Sapiens, ultimi 5 minuti del giorno 30.

Molecole biologiche complesse sono probabilmente derivate da casuali associazioni fisiche di specie chimiche. Gli attuali viventi a composizione cellulare derivano da altre cellule. Inizialmente come si sono formati i primi viventi in un pianeta privo di viventi?

Esperimenti di simulazione delle condizioni nella terra primordiale dimostrano che ciò è possibile e pure probabile. Esperimento di Miller e Urey. Ipotesi che l'atmosfera iniziale primordiale fosse inizialmente riducente, cioè priva di ossigeno, ricca di metano, CO₂, vapore acqueo... Tutti questi gas avrebbero avuto al loro interno tutti gli elementi che costituiscono i viventi (carbonio, acqua, fosforo, idrogeno, azoto). Principali elementi dei viventi. Erano presenti a livelli di atmosfera. Le molecole di questi gas in seguito a un input energetico si unirono dando origine alle macromolecole dei viventi. Miller, Urey creano questa atmosfera primordiale all'interno di un'ampolla. Per simulare un input energetico che poteva esser dovuto al sole, energia termina... Loro danno delle scariche elettriche. Alla fine, questi elementi si combinarono nell'esperimento in mattoncini primordiali (zuccheri semplici, aminoacidi semplici, lipidi semplici...). Dopo essersi formati Miller le ha fatte ricadere attraverso un raffreddamento in un tubo che rappresenta i bacini acquatici di allora. Qui si sarebbe accumulata una materia organica (basata sul carbonio) formatasi in modo abiotico, cioè in assenza di viventi, solo per eventi di combinazione delle molecole innescate da questi apporti energetici. Questo esperimento ha dimostrato che era probabile che sia successo davvero così, e vista la velocità dell'esperimento anche probabile.

Gli acidi nucleici furono molecole essenziali, inizialmente formatesi in modo abiotico, ma poi che potevano riprodurre se stesse e fare da stampo per la sintesi proteica. Hanno la capacità di guidare la sintesi delle proteine. In parallelo a quest'evoluzione ci sarebbe stata un'evoluzione della formazione dei compartimenti biologici. Un altro passaggio fu la delimitazione delle molecole biologiche da parte di

membrane biologiche. Questo creò un ambiente interno nel quale le reazioni potevano essere controllate e integrate. I proto compartimenti avrebbero finito per inglobare gli acidi nucleici.

Procarioti

Primo protovivente con un'organizzazione procariotica. Membrana cellulare e parete batterica, all'interno però non ci sono compartimenti. Il dna, l'info genetica è sparsa libera nel citoplasma. Seconda immagine composizione cellulare più complessa, organizzazione eucariotica, anche all'interno ci sono endomembrane.

Per 2 miliardi di anni, vita rappresentata da procarioti, procarion nucleo primitivo.

I due principali gruppi di procarioti emersero precocemente: batteri (bacteria) e archeobatteri (archaea). I batteri nel loro DNA, nel loro genoma, risultano più imparentati ad alcuni organelli che troviamo negli eucarioti, in particolare i mitocondri e i cloroplasti. Gli archeobatteri a dispetto del loro nome sono una cellula recente, la cui chimica degli atomi nucleici, assomiglia più agli eucarioti rispetto ai batteri.

La fusione di questi due gruppi ha dato vita agli eucarioti.

Alcuni procarioti iniziarono a vivere in relazioni strette ed indipendenti, fino alla fusione, formando un terzo filone di organizzazione della vita: gli eucarioti.

Eucarioti

Compaiono solo dopo 2 miliardi almeno di anni dopo dei procarioti.

Caratterizzati da un materiale genetico racchiuso all'interno di un compartimento nucleare. Membrana cellulare e sistema interno di endomembrane. Organelli delimitati da membrana perchè erano essi stessi anticamente cellule autonome. Le cellule eucarioti hanno membrane interne che racchiudono organelli specializzati intracellulari, compreso il nucleo, contenente il materiale genetico.

Evoluzione da "monocellularità" a "pluricellularità"

Ad un certo punto, alcune cellule eucariotiche non si sarebbero separate dopo la divisione, iniziando a vivere come colonie. Nell'ambito dei procarioti non si raggiunge una vera e propria multicellularità, ma raggiunsero una forma coloniale in cui ogni cellula manteneva la sua autonomia. Le impronte di stromatoliti sono impronte di forme coloniali procariote.

La forma coloniale si evolve anche negli eucarioti fino ad arrivare alla multicellularità, in cui le cellule perdono la loro autonomia e si sotto-funZIONalizzano in determinati ruoli all'interno del pluricellulare.

Un evento di novità dal punto di vista metabolico è rappresentato dalla fotosintesi. Prima i metabolismi dalla comparsa dei viventi fino alla fotosintesi erano metabolismi che in modo eterotrofo ossidavano i composti organici per trarre energia. Il metabolismo più generale e semplice presente in tutti i viventi è la glicolisi, che trae energia dalla parziale ossidazione del glucosio. E' un meccanismo universalmente presente nei viventi. Due miliardi e mezzo di anni fa alcuni viventi avrebbero cominciato a effettuare la fotosintesi. Deve esserci stata una sintesi evolutiva che ha indotto i viventi a cominciare a fabbricare da sé cibo organico sfruttando l'energia solare. Questa pressione evolutiva è probabilmente dipesa dal fatto che gli iniziali organismi erano consumatori, hanno cominciato a consumare a scopo alimentare la materia organica che si era nel frattempo accumulata in modo abiotico. A un certo punto questa materia organica deve aver cominciato a scarseggiare. Scelta morire di fame o imparare a fabbricarsi il cibo. Per fabbricare il cibo nei viventi autotrofi (coloro che sanno produrre materia organica, sanno fare entrare la CO₂ nei composti organici), ci sono due principali strategie: sfruttare come input energetico la luce nella fotosintesi, oppure come fanno solo alcuni batteri si può organizzare la CO₂ con un input energetico che deriva dalla ossidazione di composti inorganici. A ossidare i composti organici non bravi tutti. Ossidare i composti inorganici riescono solo alcuni batteri, i chemio-autotrofi, fabbricano il cibo tramite questa ossidazione.

I foto-autotrofi invece sfruttano l'input energetico dei fotoni (input luminoso) per fare entrare la CO₂ nella materia organica, sfruttando l'energia solare. Questo processo trasforma l'energia del sole in energia biologica. La fotosintesi è la base della maggior parte della vita sulla Terra; fornisce cibo agli organismi. Le fotosintesi sono di vari tipi. La fotosintesi batterica sfrutta la luce per caricare la CO₂ ma usa come donatore di idrogeni, di elettroni non l'acqua ma altri composti come l'acido solfidrico.

La fotosintesi clorofilliana usa l'acqua come donatore di potere riducente, tramite l'idrolisi libera ossigeno. La fotosintesi clorofilliana è una fotosintesi ossigenica.

L'O₂ in atmosfera permise anche la vita nelle terre emerse, lasciare l'acqua di alcuni animali e colonizzare le terre emerse.

L'accumulo di O₂ condusse alla formazione dello strato di ozono (O₃), che assorbe la radiazione UV dannosa.

A partire da 500 milioni di anni fa, ci fu sufficiente ozono da permettere agli organismi di lasciare la protezione dell'acqua.

Primordialmente potevano fare la fotosintesi clorofilliana i batteri Cianobatteri (o alghe azzurre). Questi tipi di batteri avrebbero cominciato a immettere nell'atmosfera del pianeta ossigeno, cambiando la composizione dell'atmosfera.

L'atmosfera diventa da riducente (povera di ossigeno) a ricca di ossigeno. Effetti negativi per i viventi ma nel lungo termini positivi per altri aspetti.

Positivi: l'ossigeno avrebbe nel tempo creato uno strato di ozono protettivo dagli UV, permesso alle forme acquatiche di colonizzare le terre emerse. Negativi: atmosfera da riducente a ossidante è stato per molte forme di vita catastrofico, erano adattate a una atmosfera riducente, cioè povera di ossigeno, cioè erano organismi anaerobi. Alcuni morirono a causa dell'ossigeno, alcuni "fuggirono", batteri che vivono in nicchie ipossiche (povere di ossigeno), sono sopravvissuti come anaerobi obbligati.

Altri avrebbero evoluto una tolleranza all'ossigeno, imparando a usarlo in meccanismi di tipo aerobio, ex respirazione. Sarebbero evoluti batteri aerobi ad esempio batteri viola, questi dal punto di vista genetico assomigliano molto ai nostri mitocondri, cioè antichi batteri liberi in grado di usare ossigeno. Evoluzione del metabolismo aerobio, ha permesso una maggiore resa dal punto di vista della produzione di ATP, quindi ha permesso maggiore attività delle cellule fino alla pluricellularità, che è energeticamente più costosa.

Alcuni viventi hanno iniziato a ospitare endosimbioticamente internamente una cellula in grado di gestire l'ossigeno. In questo modo un proto/archeo batterio inglobando un piccolo batterio aerobio, sarebbe divenuto il capostipite degli attuali eucarioti, i quali tutti aerobi ospitano all'interno i mitocondri. I mitocondri sono organelli che erano anticamente degli antichi batteri liberi autonomi di tipo aerobio.

Quindi l'ossigeno apre la strada al metabolismo aerobio, permettendo così l'evoluzione degli organismi aerobi o, la possibilità di evolvere il metabolismo aerobio e anaerobio in modo compresente.

Fasi dell'evoluzione del metabolismo

Ipotetica linea del tempo per l'evoluzione del metabolismo:

- Comparsa della glicolisi come meccanismo di produzione di monetine energetiche ATP, meccanismo che non richiede l'ossigeno, può avvenire in anaerobiosi
- Evoluzione della glicolisi
- Evoluzione di fotosintesi sia di tipo batterico e poi clorofilliano
- Evoluzione della fissazione dell'azoto, un altro aspetto che solo i batteri sanno fare (i ciano batteri in particolare e altri..)
- Evoluzione della respirazione aerobica

1d Acidi nucleici - speciazione

Terminologia relative alla genetica molecolare, che si occupa degli acidi nucleici e della loro chimica

Genoma: in senso ampio la somma totale di tutto il DNA in una cellula o di un organismo o in generale di una specie (ex genoma umano), quindi la totalità di tutti i nucleotidi che compongono nell'intera lunghezza tutte le molecole di DNA che troviamo in una cellula. In un senso più stretto si intende l'insieme dei geni di un organismo o cellula, certamente tutti i geni di un organismo sono all'interno del genoma, ma ne occupano solo una parte. Ci sono i geni, cioè tratti dotati di un'informazione, ma tra gene e gene abbiamo anche del DNA non genico che una volta era definito (DNA spazzatura) ma che si chiama DNA spaziatore, svolge vari ruoli (spaziare i geni tra loro, regolare i geni, può anche avere ruoli strutturali all'interno della cellula). Quindi genoma sotto forma di DNA, questa definizione è valida per tutti gli organismi a costituzione cellulare, infatti essi hanno il genoma hanno il genoma rappresentato da molecole di DNA. Fanno eccezione alcuni virus, il cui genoma è sotto forma di RNA.

Il **DNA**, acido desossiribonucleico, è un polimero di subunità ripetute dette nucleotidi. Per la precisione sono desossiribonucleotidi. A differenza dell'RNA che invece è costituito da ribonucleotidi.

Gene: tratto di DNA con l'informazione per trascrivere un RNA. All'interno del DNA, negli organismi ovviamente in cui il genoma è a DNA, il gene è un tratto di DNA che contiene l'info per produrre con la trascrizione l'RNA. La propria info può essere convertita in una copia sotto forma di RNA. Questa è la definizione più corretta e ampia di gene. Siamo però abituati a pensare al gene come un tratto che contiene l'informazione per poter fare poi una proteina; certo ci sono geni nel nostro genoma, che vengono chiamati geni strutturali...

Gene strutturale: tratto di DNA che contiene l'informazione per fare un RNA messaggero che ha il messaggio per fare la proteina.

Sono solo una parte dei nostri geni.

Esistono altri tratti di DNA che hanno l'info ma non per fare una proteina. Esistono i geni per l'RNA ribosomiale, questi geni hanno l'info per fare l'RNA, non è un RNA messaggero, è un RNA i, cioè un tipo di RNA che poi associato a proteine ribosomiali formano un ribosoma. Esistono anche geni nel nostro genoma, che hanno l'info per fare RNA transfer, questi sono piccoli RNA con ruolo di trasportatori, adibiti al trasporto di aminoacidi durante la sintesi proteica. Anche questi sono geni. Oltre a questi esistono altri particolari geni codificanti per particolari RNA di altre categorie.

Rappresentazione del DNA a doppia elica. Nel DNA a doppia elica i "rami della scala a pioli" hanno una composizione monotona, data da un'alternanza di zucchero, gruppo fosfato, zucchero, gruppo fosfato...

ma i famosi nucleotidi sia nel DNA che nel RNA hanno una composizione tripartita, cioè sono costituiti da zucchero, gruppo fosfato, gruppo chimico (base azotata) costituito da un singolo o doppio anello a contenuto ad azoto. Queste basi azotate sono in realtà le componenti dei pioli della scala. Queste sono la parte variabile del DNA. La parte monotona è zucchero, fosfato, zucchero... ciò che varia è che in ogni nucleotide la base azotata può essere diversa e rientrare in 4 tipi (adenina, guanina, timina e citosina). Adenina e guanina sono le basi puriniche a doppio anello. Timina e citosina sono le basi pirimidiche a doppio anello. Le pirimidine si appaiano alle purine (si era già ipotizzato in degli esperimenti che ci fosse un rapporto 1:1 tra purine e piridimine). Per l'esattezza una timina può appaiarsi con una adenina con due deboli interazioni a idrogeno. Una guanina può appaiarsi con una citosina con tre legami a idrogeno. Queste interazioni sono deboli, in effetti la doppia elica del DNA in alcuni momenti ha la possibilità di aprirsi, quindi i labili legami a idrogeno possono essere interrotti per allontanare i due filamenti tra loro. All'interno del doppio filamento polimerico di nucleotidi, per la precisione ricordiamo desossiribonucleotidi, abbiamo dei tratti che contengono l'info (i geni). I geni che hanno un ruolo strutturale sono tratti che trascritti producono un RNA messaggero che corrisponde poi al messaggio per produrre una proteina. Le proteine sono polimeri di un altro tipo di mattoncini, gli aminoacidi. In natura ci sono circa una ventina di tipologie di aminoacidi.

Concetti di cellula, tipi cellulari, differenziamento, proliferazione e morte cellulare

Nei multicellulari o pluricellulari le cellule si presentano in diverse tipologie, questo perchè l'organismo pluricellulare parte inizialmente in fase embrionale come singola cellula totipotente, quindi una staminale che è in grado di dare cellule figlie in grado a loro volta di differenziarsi in tipi cellulari diversi. Queste staminali embrionali progressivamente da totipotenti diventano multi potenti, e infine oligo potenti o uni-potenti, ossia prendono di volta in volta decisioni cellulari sempre più irreversibili e che le incamminano solo verso determinati specifici destini, percorsi, di differenziamento. Quindi poi si differenziano nei diversi tipi cellulari presenti in un multicellulare. ex in un multicellulare animale avremo cellule della linea eritroide che daranno origine ai globuli rossi, cellule che daranno origine a cellule muscolari, cellule neurali del sistema nervoso, cellule che hanno ruoli ormonali di segnalazione (come le cellule beta del pancreas che producono ormoni), cellule che svolgono ruoli strutturali (come i controblasti, osteoblasti o osteociti che costituiranno le porzioni cartilaginee e ossee del nostro organismo).

Tutte le cellule di un organismo multicellulare hanno lo stesso genoma; tuttavia, cellule diverse hanno diverse funzioni e strutture. Cellule diverse esprimono parti diverse del genoma.

Il DNA nella sua conformazione a doppia elica è una molecola nella sua eventualità disposta ad aprirsi nei due diversi filamenti, i quali una volta con conformazione aperta, possono fungere da stampo a loro volta per nuovi filamenti, in quel processo chiamato replicazione. In questo momento della chimica dell'acido nucleico, il DNA a doppio filamento può dare origine a due molecole figlie ciascuna a doppio filamento. È una modalità di replicazione semi conservativa, le molecole figlie avranno ciascuna un filamento tutto vecchio (quello originale) e uno del tutto nuovo. Il processo prosegue nella lunghezza totale della molecola normalmente con pochissimi errori, esistendo anche enzimi della riparazione, della correzione. Tuttavia alcune mutazioni, errori, possono avvenire. Queste mutazioni se non riparate rappresentano motori di evoluzione, di novità nelle molecole del DNA. Il concetto di mutazione e le sue conseguenze lo vedremo più avanti.

Il genoma dev'essere replicato quando le cellule si dividono. Il processo non è perfetto; possono avvenire errori detti mutazioni.

La scoperta del DNA e di come funziona ha trasformato le scienze biologiche.

Alcuni concetti di evoluzione

Cos'è una specie? È un gruppo di organismi interfecondi tra loro, quindi con gameti compatibili, in grado di dare una prole a sua volta fertile. Naturalmente le diverse specie nel pianeta terra occupano determinate aree, in queste aree noi abbiamo popolazioni appartenenti a diverse specie.

Una popolazione è un gruppo di individui della stessa specie che si trovano in una determinata area geografica e interagiscono tra loro. Nell'evoluzione le popolazioni (quindi le componenti delle specie) variano nel tempo. Le popolazioni nel tempo possono cambiare, con diversi motori di variabilità, tra cui mutazioni e ruolo della selezione naturale. L'evoluzione agisce sulle popolazioni; è il cambiamento genico della popolazione nel tempo.

Chi si è occupato dei cambiamenti delle specie nel tempo? Dal punto di vista storico il primo studioso che propose teorie sull'evoluzione dei viventi è Lamarck. Successivamente Charles Darwin, la cui teoria dell'evoluzione riscuoterà molto successo nonostante le iniziali critiche. Darwin ipotizza che i viventi siano già prodotti in modo variabile nell'ambiente e che ci siano meccanismi operati dall'ambiente, meccanismi di selezione naturale, che di generazione in generazione selezionano gli individui più adattati contro selezionando invece gli individui meno adattati. Quindi nel corso del tempo le popolazioni cambiano in merito alle proprietà che permettono loro di sopravvivere e adattarsi in un determinato ambiente.

L'evoluzione è il maggior principio unificante della biologia. Charles Darwin raccolse dati a favore dell'evoluzione. Egli ipotizzò che il tasso differenziale di sopravvivenza e di riproduzione tra individui in una popolazione (selezione naturale) potessero spiegare gran parte dell'evoluzione della vita.

Darwin propose che tutti gli organismi discendessero da un progenitore comune (aveva già intuito quello che oggi è noto come LUCA). A partire da questo progenitore comune si sarebbero evolute le diverse specie e popolazioni. Alcune mutazioni danno origine a cambiamenti negli organismi; le varianti genetiche possono cambiare in frequenza nella popolazione → la popolazione evolve. Darwin all'epoca non riusciva a spiegare come potesse esistere già allora questa variabilità intrinseca nei viventi. Oggi noi con le teorie di Darwin abbinate alle conoscenze molecolari, sappiamo che a varietà intrinseca nei viventi dipende dalla variabilità genetica presente negli organismi.

Propone che ambientalmente quindi ci siano dei meccanismi che possono selezionare positivamente o negativamente gli individui. Quest'idea di selezione era un concetto intuitivamente già assimilato allora. Lui stesso conosceva la selezione artificiale quindi quella selezione operata dall'essere umano che può campionare determinati organismi selezionabili per determinate caratteristiche. Lui stesso era un allevatore di piccioni, aveva dimestichezza con l'allevamento e la selezione di animali domestici. Darwin conosceva la selezione artificiale di determinati caratteri negli animali domestici; lo stesso processo poteva operare in natura (selezione naturale). Solo una piccola percentuale di una nuova generazione sopravvive fino alla riproduzione; un carattere che conferisca un aumento della probabilità di sopravvivenza e riproduzione si diffonderà nella popolazione.

La selezione nel tempo porta a fare evolvere degli adattamenti, anche estremamente diversi, a partire da organismi che magari inizialmente erano anche molto simili tra loro e strettamente imparentati. Ex anfibi, sono una classe di vertebrati e nell'ambito di questa classe c'è l'ordine degli anuri (rane, rospi...). In questo ordine in cui gli organismi sono abbastanza strettamente imparentati tra loro essendo una precisa categoria tassonomica, in questo ordine però è straordinario vedere come nel tempo si siano evoluti adattamenti diversi a seconda dei diversi ambienti. Abbiamo anuri che sono in realtà specializzati nella deambulazione o nel salto, anuri specializzati nell'arrampicamento, anuri specializzati nel nuoto e quindi con arti palmati, anuri che addirittura evolvono una rudimentale capacità di volare (possono effettuare salti abbinati a vere e proprie planate). Questo ricorda un po' la divergenza di adattamenti nell'ambito di un'altra classe, quella dei mammiferi, dove ritroviamo mammiferi adattati alla deambulazione terrestre, al salto, arrampicamento, nuoto, e anche al volo (come rappresentato dai pipistrelli).

La selezione naturale conduce ad adattamenti: caratteri strutturali, fisiologici o comportamentali che aumentano le probabilità di un organismo di sopravvivere e riprodursi

Quindi nel tempo popolazioni possono accumulare una serie di mutazioni, di variazioni, tali per cui alla fine si avrà un meccanismo di speciazione. Nella speciazione un gruppo di organismi inizialmente della stessa specie accumula in quelle che sono popolazioni diverse di quella specie, una serie di variazioni talmente spinte per cui si formeranno due gruppi a un certo punto incompatibili nei loro gameti, cioè incompatibili dal punto di vista riproduttivo. Quando due gruppi inizialmente della stessa specie si isolano dal punto di vista riproduttivo si creano di fatto delle specie distinte, cioè si ha la speciazione. Per la speciazione ci sono vari meccanismi, negli animali di solito prevale il meccanismo della speciazione allopatrica (cioè in patrie diverse, due gruppi di animali possono evolvere così drasticamente in modo diverso nel tempo perchè ci sono delle separazioni geografiche tra i due gruppi). Questo è un meccanismo tipico in specie mobili e quindi in grado di allontanarsi geograficamente. Per quanto riguarda le piante invece un tipico meccanismo di speciazione è simpatico, cioè nella stessa patria (le piante possono in una stessa zona speciare, quindi formare specie diverse a partire da individui che condividevano la stessa area. Questo si può spiegare con il fatto che le piante se subiscono riarrangiamenti genetici in realtà possono sopravvivere a tali riarrangiamenti. Se un gruppo inizialmente omogeneo di piante, alcune subiscono questi meccanismi di diversificazione, questo gruppo diventa riproduttivamente incompatibile rispetto alle piante vicine, così si evolvono specie distinte).

Quando le popolazioni diventano isolate ed evolvono differenze, esse possono arrivare ad essere considerate specie diverse (speciazione). Le specie che condividono una storia evolutiva recente sono generalmente più simili tra loro rispetto a specie che condividono progenitori più distanti.

Come vengono denominate le specie? Si usa un sistema binomiale.

Ogni specie ha un nome scientifico binomiale: Nome generico – nome specifico Esempio: Homo sapiens. Il sistema binomiale usa due nomi: nome generico (tipicamente sostantivo) e nome specifico (tipicamente un aggettivo). Il nome generico informa immediatamente anche sul genere al quale appartiene quella specie. Un genere è un gruppo di specie che condividono un progenitore comune recente. Il genere è la categoria immediatamente superiore alla più piccola categoria (la specie). Specie appartenenti ad uno stesso genere sono raggruppate in un gruppo tassonomico che rappresenta una serie di specie dal punto di vista evolutivo strettamente imparentate tra loro.

1e Filogenesi – metodo sperimentale

In effetti pian piano arriviamo al concetto di parentela evolutiva tra le specie. Vediamo una serie di aspetti dei viventi come il grado di parentela dei viventi e successivamente vediamo i metodi di studio dei viventi. Innanzitutto, le parentele tra viventi vengono oggi stabilite sulla base del confronto tra sequenze di DNA, di RNA e di proteine, quindi sulla base di tecniche molecolari. Sulle base di queste tecniche, di questi confronti, sono stati ricostruiti alberi filogenetici, cioè alberi genealogici dei pedigree che ci informano sulle parentele più o meno strette, o più o meno distanti, tra i viventi.

La nostra conoscenza delle relazioni evolutive è stata enormemente accresciuta dalle tecniche molecolari quali il sequenziamento dei genomi. Un albero filogenetico illustra le storie evolutive di diversi gruppi di organismi.

Rappresentazione di un albero filogenetico: ci sono i bacteria e gli archea e il dominio degli eucarioti.

Tutti gli organismi sono riconducibili a una forma di vita ancestrale, LUCA, che probabilmente presentava un'organizzazione cellulare semplice di tipo procariote simile a quanto osserviamo oggi nei batteri e nei archeobatteri. Successivamente due importanti eventi di endosimbiosi avrebbero portato alla costituzione degli attuali eucarioti. In particolare in un primo evento di endosimbiosi un ancestrale archeobatterio avrebbe inglobato un piccolo batterio aerobio che sarebbe poi diventato all'interno della cellula ospite l'attuale mitocondrio, organello in grado di gestire l'ossigeno. Attualmente infatti tutti gli eucarioti sono organismi aerobi che possono gestire l'ossigeno attraverso i mitocondri. Una parte di questi eucarioti aerobi sarebbe diventata poi gli attuali protisti fotosintetici, gli attuali animali e funghi. Una parte invece con un secondo evento di endosimbiosi avrebbe inglobato un altro tipo di batterio, probabilmente simile agli attuali cianobatteri o alghe azzurre, questo batterio sarebbe evoluto come l'organello cloroplasto, permettendo agli eucarioti di essere fotosintetici. Questi sarebbero poi evoluti nelle attuali piante e in dei protisti fotosintetici.

Numero di specie: i batteri sono ambientalmente molto diffusi e sono milioni di specie, gli archeobatteri sono meno diffusi ambientalmente (sono batteri più specializzati in nicchie ecologiche e sono intorno al milione di specie), poi circa mezzo milione di specie di piante, circa un milione di specie dei diversi tipi di protisti, dai 10 ai 100 milioni stimati di specie di animali, circa 1/2 milioni di specie di funghi.

Tre domini della vita: oggi i viventi per convenzione si dividono in due domini (procarioti e eucarioti); all'interno di questi abbiamo...

- Bacteria (procarioti)
- Archaea (procarioti)
- Eukarya (eucarioti)

Per più di metà della storia della Terra ha ospitato solo forme monocellulari o unicellulari. Le specie unicellulari rimangono attualmente forme ubiquitarie e di successo. Gli eucarioti multicellulari (piante, animali e funghi) si sono evoluti da protisti - eucarioti monocellulari. Per 2 milioni di anni addirittura queste forme monocellulari erano esclusivamente a organizzazione procariote, a un certo punto l'organizzazione unicellulare avrebbe raggiunto una maggiore complessità con gli eucarioti monocellulari e solo più recentemente sono evolute forme multicellulari nell'ambito degli eucarioti e in particolare in tre regni dove è stata raggiunta maggiormente la multicellularità, cioè regno degli animali, delle piante e dei funghi.

C'è quindi una gerarchia biologica di organizzazione, dalla costituzione in atto di molecole che è una costituzione condivisa con la materia fino alla costituzione di macro-molecole, organelli e cellule. Le cellule in questa gerarchia nei pluricellulari si organizzano in tessuti con relazioni molto strette (ex tessuti epiteliali) o in relazioni più lasse (ex tessuti connettivi).

Le cellule diventarono specializzate negli organismi multicellulari; emerse una gerarchia biologica. Cellule differenziate sono organizzate in tessuti. Diversi tipi di tessuto formano organi (es: un cuore); gli organi si raggruppano in sistemi (o apparati). Diversi tessuti si organizzano tridimensionalmente negli organi (ex cuore o un tratto del sistema digerente) I diversi organi che concorrono a una stessa funzione si organizzano in sistemi o apparati (ex vari organi deputati alla digestione organizzati nell'apparato digerente).

Vediamo alcuni concetti propri della ecologia, l'ecologia studia le specie e le loro relazioni nell'ambiente fisico in cui vivono. Organismi della stessa specie sono interfecondi tra loro, in grado di dare prole fertile. Le specie sono organizzate in popolazioni, che occupano diverse aree. Specie diverse interagiscono tra loro nelle comunità, le comunità sono costituite da specie diverse interagenti tra loro. Le comunità abitano in un ambiente fisico abiotico e l'insieme delle comunità più l'ambiente fisico abiotico costituiscono l'ecosistema.

Un gruppo di individui della stessa specie è una popolazione. Popolazioni di tutte le specie che vivono e interagiscono in un'area definita sono dette comunità. Le comunità con il loro ambiente abiotico costituiscono un ecosistema.

Atomi, molecole, macro-molecole, organelli, cellule, fino all'organismo pluricellulare. Organismi interfecondi tra loro appartengono alla stessa specie, nella stessa area sono popolazioni. Quindi popolazioni, specie, comunità, ecosistema. Vari ecosistemi occupano il pianeta terra. Nel pianeta terra, la parte del pianeta compatibile con la vita è chiamata biosfera, è una parte di terre emerse e acque, che è la parte di atmosfera compatibile per l'ospitalità dei viventi.

Gli individui delle varie specie interagiscono tra loro in una serie di rapporti che possono essere di competizione (ex due predatori, o preda e predatori), ci sono anche rapporti di cooperazione, ci sono anche rapporti di strettissima cooperazione, addirittura di interdipendenza in una sorta di super organismo (ex come avviene nella simbiosi, dove organismi diversi si uniscono letteralmente per, attraverso la condivisione delle loro proprietà, per colonizzare gli ambienti che sarebbero estremi per ciascuno dei due organismi separatamente)

Gli individui possono competere tra loro per le risorse. Oppure, essi possono cooperare (es.: in una colonia di termiti). Anche le piante possono competere per luce ed acqua, e molte di esse formano complesse relazioni (simbiosi) con funghi, batteri e animali.

Quindi tutte queste relazioni tra individui di varie specie è oggetto della ecologia. L'ecologia si occupa anche di studiare quello che è il flusso di energia e materia tra i viventi. L'energia in modo monodirezionale deriva dal sole e in un passaggio trofico al successivo, ha una riduzione. Quindi l'energia arriva sul pianeta, una parte di questa è recuperata dai produttori fotosintetici, e parte di questa dai produttori fluisce ai consumatori primari, secondari, terziari.... Questa si chiama rete trofica.

Anche la materia fluisce tra viventi e non viventi, tra viventi e ambiente fisico, nei cosiddetti cicli bio-geo-chimici, che descrivono il passaggio di elementi chiave dai viventi all'ambiente non vivente (ex ciclo bio-geo-chimico del carbonio, dell'azoto, del fosforo...)

Le interazioni di specie vegetali ed animali sono le maggiori forze evolutive che producono adattamenti specializzati. Le interazioni delle specie tra loro e con l'ambiente sono il soggetto dell'ecologia.

Gli organismi assumono nutrienti dal loro ambiente. I nutrienti forniscono energia e materiali per le reazioni biochimiche. Alcune reazioni rompono molecole di nutrienti in unità più piccole, rilasciando energia.

L'energia viene poi usata dai viventi per compiere dei lavori, viene trasformata nei viventi. Arriva primariamente come energia luminosa di fotoni di luce, viene trasformata in energia chimica (quindi un'energia di legame stoccata in monetine energetiche, molecole chimiche che all'occorrenza possono essere idrolizzate per liberare energia), viene poi trasformata in altri lavori.

Esempi di lavoro cellulare:

- Movimenti di molecole (ex interazione tra actina e miosina nella contrazione muscolare) o dell'intero organismo
- Sintesi di molecole complesse a partire da molecole semplici; costruzione di nuove molecole complesse a partire da semplici subunità chimiche
- per produrre flussi di ioni, quindi di particelle cariche, in quello che è il Lavoro elettrico o elaborazione di informazioni nei sistemi nervosi, conduzione di stimolo elettrico nei neuroni.

Esempi di trasformazione energetica, ex energia cinetica di movimenti nei lemuri. A destra energia che viene stoccata come riserve energetiche di uno scoiattolo.

Alla fine in questo delicato interscambio di energia e materiali, i viventi continuamente spendono energia per mantenere se stessi come sistemi ordinati, per abbassare l'entropia (il disordine interno). Questo equilibrio mantenuto con un input energetico, viene chiamato omeostasi del vivente.

Gli organismi devono regolare il loro ambiente interno, costituito da fluidi extracellulari. Il mantenimento della ristretta gamma di condizioni che sostengono la sopravvivenza è noto come: omeostasi.

1.2 Come studiano la vita i biologi?

Le ricerche scientifiche si basano su osservazioni, dati, sperimentazioni e logica. Applicano il metodo scientifico. Come già Galilei aveva proposto, il metodo scientifico si basa su osservazione dei fenomeni della natura, successivamente si formulano delle ipotesi, per poi verificare o confutare le ipotesi si raccolgono dei dati e questi dati vengono analizzati da un punto di vista statistico, applicando metodi statistici, in base ai quali si può capire se tali dati siano o no significativi.

L'osservazione è stata migliorata dalle nuove tecnologie.

Le informazioni, o dati, devono essere quantificate usando metodi matematici e statistici.

L'approccio ipotesi-predizione ha tradizionalmente cinque fasi:

1. Fare osservazioni
2. Formulare domande
3. Formulare ipotesi, o tentativi di risposta
4. Fare predizioni sulla base delle ipotesi
5. Verificare le predizioni

C'è una prima parte di lavoro, quando ci si pone la domanda, in cui si applica la logica induttiva, cioè a partire da una serie di fenomeni si può elaborare un'ipotesi che sia unificatrice, cioè che possa nel suo insieme spiegare i diversi fenomeni osservati. La logica induttiva usa osservazioni o fatti per sviluppare un tentativo di risposta o ipotesi. Fatta l'ipotesi si possono dedurre una serie di conseguenze, se è così allora dovrebbe venire così... si applica la logica deduttiva. Sulla base delle potenziali conseguenze previste si possono elaborare esperimenti che provino o confutino quell'ipotesi. La logica deduttiva è usata per predire quali fatti debbano essere veri per poter essere compatibili con l'ipotesi. Si possono poi progettare esperimenti per verificare la predizione.

Gli esperimenti devono essere controllati, controllati sia l'ambiente in cui si effettua la sperimentazione, in modo che si verifichi solo quel fenomeno e non ci siano interferenze di altri fenomeni. Inoltre l'esperimento è controllato nel senso che oltre ad avere il gruppo sperimentale si deve avere anche il gruppo di controllo, cioè gruppo nel quale quel determinato fenomeno non si verifica. Questo ci fa da controllo interno del nostro esperimento.

Gli esperimenti controllati gestiscono uno o più fattori da verificare. Il fattore, o variabile, viene variato in un gruppo "sperimentale" e i risultati vengono comparati con i dati di un gruppo di controllo non modificato.

Esempio. Caso della atrazina, potente erbicida che tende ad accumularsi in laghi pozzi e stagni con potenziali effetti di inquinamento.

L'osservazione per la quale questa si accumula lì, l'altra osservazione è che si riscontrano un grande numero di anfibii che si sviluppano in modo anomalo. L'ipotesi può essere: è la atrazina che è causa di questo errato sviluppo delle gonadi in particolare.

Se questa è l'ipotesi, allora si dovrebbe dedurre che più la atrazina viene aumentata e più riscontriamo difetti negli animali. Gli effetti in questi animali a causa dell'esposizione alla atrazina sono in particolare un'alterazione della formazione delle gonadi sia maschili sia femminili. Cioè la atrazina agirebbe come un'interferente endocrino e una delle prime conseguenze è l'alterato sviluppo delle gonadi. Pertanto, l'esperimento tipo che potrebbe verificare questa ipotesi terrà conto di una VI e una VD.

Una variabile viene modificata mentre le altre sono mantenute costanti.

Variabile indipendente: la variabile che viene modificata.

Variabile dipendente: la risposta che viene misurata, varia a seconda della VI.

La VI potrebbe essere la concentrazione di atrazina che mettiamo in dei campioni d'acqua a concentrazioni diverse. La VD potrebbe essere la risposta endocrina, cioè quanti più difetti riscontriamo negli animali.

Gli esperimenti devono essere comparativi, la comparazione si può effettuare ad esempio tra popolazioni di anfibii esposte a diverse dosi di atrazina. Non solo, avremo anche un controllo che potrebbe essere costituito da una popolazione di anfibii non esposta alla atrazina.

Gli esperimenti comparativi si focalizzano sulle differenze tra campioni o gruppi. Le variabili non possono essere controllate; i dati sono raccolti da gruppi diversi e confrontati.

Nel confronto statistico dei dati raccolti, come lavorano i test di statistica? Valutano i campioni in relazione a un'ipotesi nulla. L'ipotesi nulla di partenza è che indipendentemente dalla atrazina presente, non ci sia una variazione a livello delle gonadi di quegli animali. Quindi, l'ipotesi zero è che non ci siano differenze. Rispetto a questa ipotesi nulla, i nostri dati mettono oppure non mettono in luce delle significative differenze tra i vari gruppi sperimentali? Questo è ciò che effettua il test statistico di confronto. I metodi statistici aiutano gli scienziati a determinare se le differenze tra gruppi siano significative. I test statistici partono con un'ipotesi nulla: le differenze non esistono.

Diversi metodi statistici calcolano la probabilità che queste differenze siano dovute al caso o se siano dovute alla atrazina, cioè alla variabile indipendente. I metodi statistici calcolano la probabilità di ottenere un particolare risultato per caso, anche qualora l'ipotesi nulla sia vera. I metodi statistici eliminano la possibilità che i risultati siano dovuti a variazioni casuali.

Di fatto un imprescindibile aspetto della biologia e della biologia sperimentale è l'utilizzo di sistemi modello. Questi esperimenti con atrazina sono stati effettuati, verificati in anfibio, e successivamente si è scoperto che non solo la atrazina aveva effetti di disturbo endocrino negli anfibii, ma che questo effetto endocrino avveniva anche in altre classi di vertebrati, quindi anche in altri animali. In questo caso l'anfibio è stato un organismo modello che ha modellizzato un fenomeno che poi è stato esteso e verificato anche in altri animali.

Sistemi modelli sono sistemi che sperimentalmente permettono di modellizzare un fenomeno per poi estenderlo anche ad altri sistemi.

Sistemi modello: utilizzo di un tipo di organismo modello per comprendere gli altri organismi. Ciò è possibile in quanto le forme di vita sono collegate ad un progenitore comune, condividono un codice genetico e consistono di mattoni simili – le cellule. In biologia sistemi modello possono essere rappresentati da colture cellulari in vitro, organoidi, tessuti ex vivo, o organismi modello nella loro interezza.

Nella storia della biologia ci sono organismi usati come modello. Scoperte fondamentali della biologia sono avvenute non nell'uomo ma negli organismi modello e poi sono state estese anche ad altri organismi.

Ex Arabidopsis thaliana, parente della senape, viene utilizzata per comprendere lo sviluppo delle piante.

La conoscenza dello sviluppo animale, incluso l'uomo, deriva da studi su ricci di mare, rane, polli, vermi cilindrici, topi e moscerini.

Nell'ambito dei mammiferi questi sono organismi piccoli e proliferi, queste due caratteristiche sono condivise anche da altri organismi (piccoli e in grado di produrre una progenie numerosa). Ogni organismo può avere proprietà che possono facilitare l'osservazione di un fenomeno.

La distinzione tra scienza e non scienza: le ipotesi scientifiche devono essere verificabili ed avere il potenziale di essere rifiutabili. La scienza si occupa di fenomeni osservabili per i quali è possibile formulare un'ipotesi e per i quali è possibile settare esperimenti che dimostrino o confutino l'ipotesi. La non scienza si occupa di aspetti religiosi, filosofici per i quali non è possibile settare esperimenti che confutino o confermino l'ipotesi.

La scienza dipende da prove che derivano da osservazioni riproducibili e quantificabili.

Le spiegazioni religiose o spirituali di fenomeni naturali non sono verificabili e pertanto non sono scienza.

La scienza non dice necessariamente che le credenze religiose siano errate, esse semplicemente non sono parte del mondo scientifico poiché numerose credenze religiose non sono verificabili usando metodi scientifici.

Molte scoperte scientifiche che contribuiscono al benessere umano sollevano anche questioni etiche. A scienza di per sé non è negativa o oppositiva, è un sistema di indagine e l'insieme delle conoscenze che derivano da queste indagini. La scienza ci informa sul perché dei fenomeni, effettua scoperte scientifiche ma non ci dice se queste debbano andare applicate o no. questo è oggetto di discussione di natura politica, economica, etica... non è oggetto della scienza.

La conoscenza scientifica ci permette di fare molte cose, come utilizzare cellule staminali per riparare i corpi, ma non ci dice se dovremmo farlo o no.

Possono esserci convergenze tra scienza e non scienza. Comprendere i principi biologici è essenziale per le nostre vite e per mantenere le funzioni della Terra, dalle quali dipendiamo.

Perché è importante la biologia?

Ci sono aspetti che fruiscono delle conoscenze scientifiche che poi hanno impatto nella nostra società.

Ex L'agricoltura moderna dipende dalla biologia:

- La conoscenza della biologia delle piante ha aumentato la produzione di cibo, permettendo al pianeta di supportare una popolazione umana più grande.
- Nuovi ceppi di piante da raccolto sono stati sviluppati per resistere a parassiti o tollerare la siccità.

Ex la biologia è alla base della pratica medica:

- La ricerca biologica spiega come gli organismi funzionino e come essi sviluppino problemi e patologie
- Ora sappiamo che alcune malattie derivano da variazioni genetiche

I principi evolutivi ci aiutano a comprendere come organismi patogeni evolvano la resistenza ai nostri farmaci, o come il virus dell'influenza evolva così rapidamente da richiedere nuovi vaccini ogni anno. Quindi fenomeni evolutivi (argomento biologico) hanno impatto sulla nostra vita.

Ex. La biologia può informare la politica pubblica e economica:

- La nostra nuova capacità di decifrare e modificare i genomi solleva questioni etiche e politiche
- I biologi sono chiamati ad informare le agenzie governative su numerose questioni, come ad esempio la pesca eccessiva del tonno pinna-blu (tonno rosso). Può informarci su quanto l'impatto della pesca sia più o meno deleterio sulle popolazioni di tonno.

La biologia è cruciale per comprendere gli ecosistemi:

- Le attività umane hanno impatto con cambiamenti a tassi mai raggiunti prima sui sistemi terrestri. Ex hanno impatto sul clima.
- L'aumento della CO_2 atmosferica è responsabile del riscaldamento del clima, contribuendo all'estinzione di specie e alla diffusione di malattie. Le attività umane stanno facendo aumentare l'immissione di CO_2 nell'atmosfera.

La biologia aiuta a capire ed apprezzare la biodiversità, comprendere la nostra storia biologica e evolutiva.

La maggior parte degli umani è impegnato in attività che dipendono dalla biodiversità, come l'osservazione di uccelli, il giardinaggio, la caccia, la pesca, le escursioni o il campeggio.

Questi interessi supportano la crescente industria del turismo. Apprendere la biologia aumenta l'apprezzamento per queste attività.

Quindi l'applicazione del metodo scientifico applicato a tutte queste branche della biologia permette di rispondere a domande biologiche.

Ex più di un terzo delle specie di anfibi nel mondo sono a rischio di estinzione. Ex atrazina. L'atrazina nell'ambiente può colpire anche altre specie, oltre agli anfibi? È un esperimento che si presta al controllo negativo e a un controllo positivo. Dimostrato che la atrazina ha effetto su alcuni organismi, si può formulare un'altra ipotesi. Se ha effetto anche su altre specie.

Il paradosso di Fermi. È l'apparente contraddizione tra le alte stime di probabilità di esistenza di civiltà extraterrestri, come previsto ad esempio dall'equazione di Drake, e la mancanza di prove che tali civiltà esistano. La probabilità di sviluppo della vita nell'universo è alta e significativa, ma comunque non siamo venuti in contatto con forme di vita extraterrestri. Ci sono spiegazioni valide:

ex nonostante l'alta probabilità, non sono comparse altre civiltà. Una civiltà intelligente tende a prendere sopravvento sulle risorse naturali fino a distruggere se stessa. Può essere distrutta da esplosione di una stella, meteoriti ecc... anche se esistono civiltà intelligenti nell'universo sono troppo lontane nello spazio per entrare in contatto. Ma anche troppo lontano nel tempo.

2. Piccole molecole e chimica della vita