



Història de la Terra, història de la Geologia

Geologia i Ciències
Ambientals I
1r batxillerat

Índex

1

La Geologia al
llarg de la Història

3

Datació geològica



2

El temps geològic

4

Història de la
Terra

1. LA GEOLOGIA A LA HISTÒRIA



1. La Geologia al llarg de la Història

Catastrofisme vs Uniformisme

Fins al segle XIX, les idees sobre la Geologia i els seus processos s'explicaven segons la Teoria del catastrofisme que es basava en una interpretació pràcticament literal de la Bíblia. Per als catastrofistes el món havia anat canviant al llarg del temps a causa de grans catàstrofes. Algunes de les idees principals del catastrofisme eren les següents:

- La Terra tenia uns milers d'anys.
- Els fòssils que apareixen en les roques eren les restes dels animals que van morir durant el Diluvi Universal, que van quedar enterrats.
- Els plegaments de les roques i la formació de les serralades com a conseqüència de la reducció del volum del planeta produïda al refredar-se

1. La Geologia al llarg de la Història



El científic francès George Cuvier (1769-1832) va ser un dels més fermes defensors del catastrofisme. Se'l considera el fundador de la paleontologia moderna.

1. La Geologia al llarg de la Història

Catastrofisme vs Uniformisme

A la fi del segle XVIII, el científic escocès James Hutton va començar a considerar la Terra com un sistema dinàmic sotmès a un lent procés de transformació contínua.

Proposa dos principis geològics bàsics:

- Principi de l'uniformisme: les lleis i els processos naturals han romàs uniformes al llarg del temps.
- Principi de l'actualisme: els processos que succeeixen avui dia són els mateixos que van tenir lloc en el passat i es produeixen pels mateixos efectes.



La presència en roques sedimentàries d'ondulacions conegudes com a ripples, ens indica que aquesta roca s'ha format en una zona d'aigües poc profundes o una zona costanera.

1. La Geologia al llarg de la Història

Per Hutton, la Terra havia estat modelada, no per fets sobtats i violents, sino per processos lents i graduals: el vent, el clima i el fluir de l'aigua, els mateixos processos que es poden veure en acció en el món actual. Per exemple, si es donava prou temps, un riu pot excavar una vall.

L'**uniformisme** va ser important per tres raons:

- primer, implicava que la Terra té una llarga història, lo qual cosa era una idea nova.
- segon, afirmava que el canvi és en si el curs normal dels esdeveniments.
- tercer, encara que això mai va ser dit expressa i clarament, suggeria que hi podia haver alternatives o la interpretació literal de la Bíblia.

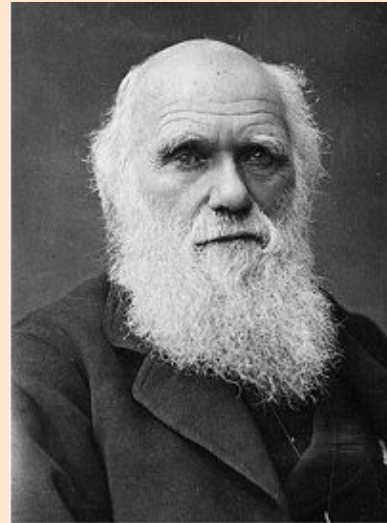
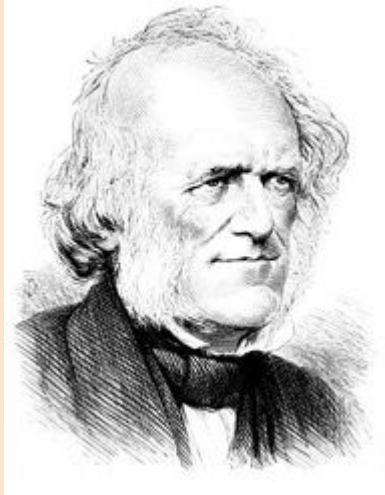
1. La Geologia al llarg de la Història



James Hutton (1726-1797) està considerat com el **pare de la geologia moderna** . En oposició als catastrofistes que consideraven que la Terra no tenia més que uns pocs milers d'anys, Hutton va defensar que l'edat del nostre planeta havia de ser molt més gran, idea que es resumeix en una famosa frase seva: **"no trobem cap vestigi d'un començament ni cap perspectiva d'un final"** . Malauradament, les seves idees van ser molt criticades quan es van publicar i no es van tenir en compte.

1. La Geologia al llarg de la Història

Les idees de Hutton, conegudes com a teoria de l'uniformitarisme, van ser molt criticades quan es van publicar i no es van tenir en compte. Es va haver d'esperar, per ser considerades, al fet que Charles Lyell les reprengués al segle XIX en la seva obra, *Principles of Geology*, que després va servir d'inspiració a Charles Darwin.



1. La Geologia al llarg de la Història

Charles Lyell (1797-1875) va reprendre les idees de Hutton. Va viatjar per Europa cercant evidències de les idees de Hutton. La seva principal obra Principis de Geologia es va convertir en una de les més influents del segle XIX.



El present és la clau del passat .
Aquesta frase resumeix els principis de l'uniformitarisme. Significa que els processos que ocorren avui en dia han operat al llarg de la major part de la història de la Terra

Aquest principi és una de les regles rectores per entendre la formació de les roques i les formes del relleu, reconstruir-ne la seva història i estimar el temps que va trigar a formar-se.

1. La Geologia al llarg de la Història

Aquestes columnes d'un mercat romà situat al sud d'Itàlia van provocar un intens debat entre els geòlegs de principis del segle XIX. Una banda de forats deixats uns mol·luscs bivalves marins en tres columnes de marbre dempeus indicaven que aquestes columnes s'havien mantingut dretes durant segles mentre el lloc s'enfonsava per sota del nivell del mar, i després, va tornar a emergir.



Aquesta característica desconcertant va ser objecte de debat en la geologia primitiva i, finalment, va conduir a la identificació del bradisisme a la zona, fenomen que implica moviments ascendants i descendents graduals de l'escorça terrestre causats per l'ompliment o el buidatge d'una cambra de magma subterrània sense que això impliqui terratrèmols destructius

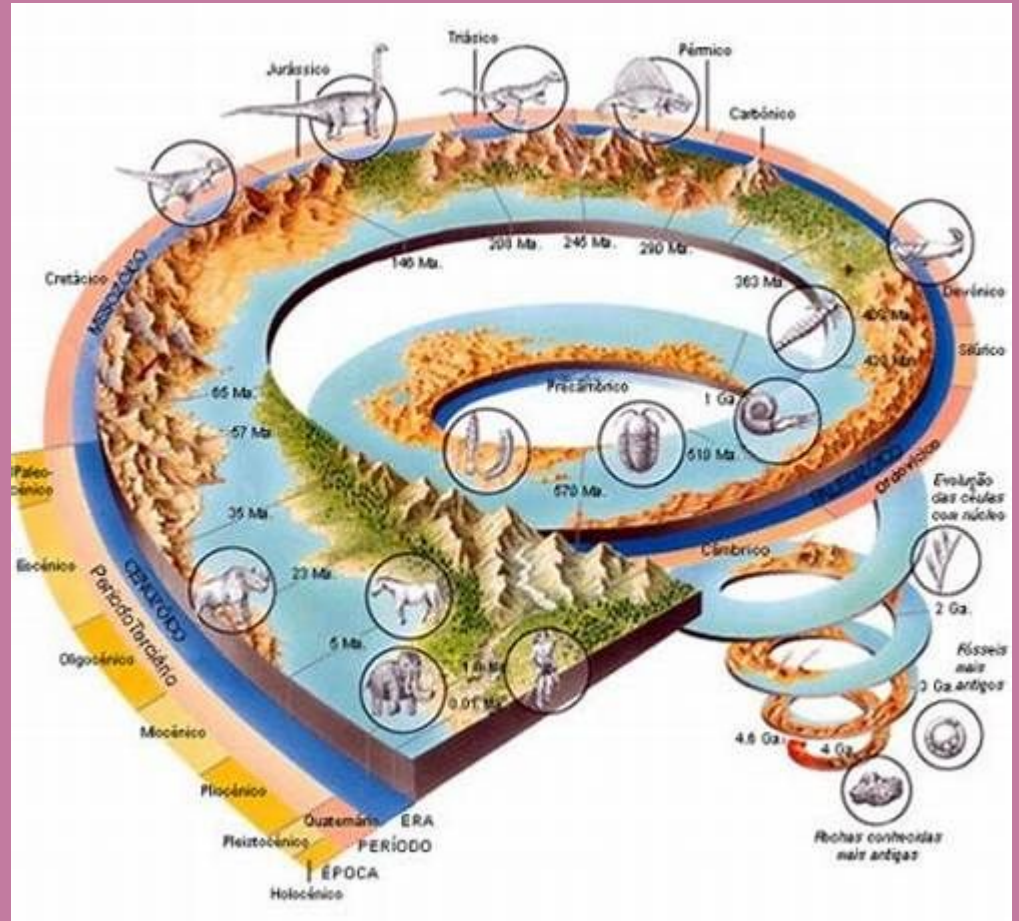
1. La Geologia al llarg de la Història

Avui dia s'accepta que les dues formes de transformació (**uniformisme i catastrofisme**) poden conviure. Els geòlegs opinen que, si bé la forma d'evolució de la terra és lenta i contínua, en poc temps, grans catàstrofes causen canvis notables (per exemple, l'erupció d'un volcà o la caiguda d'un meteorit). Aquesta forma d'evolució terrestre se l'ha anomenat **neocatastrofisme** .



D'altra banda, els geòlegs moderns també s'adonen que no tots els processos que estaven en funcionament en el passat estan passant avui. Els primers milions d'anys de la història de la Terra van ser molt diferents de les nostres condicions actuals. Hi va haver moments en què la Terra estava inundada de restes solars o en què la tectònica de plaques no existia tal com les coneixem.

2. EL TEMPS GEOLOGIC



2. El temps geològic

La Terra es va formar fa un **4540 milions d'anys** . Arribar a saber l'edat de la Terra no va ser fàcil ja que durant molt de temps, es pensava que el nostre planeta era molt més jove, d'acord amb el que es podia deduir a la Bíblia.

Des de llavors fins a l'actualitat el planeta no ha deixat de canviar: s'han unit i separat continents; s'han format i erosionat serralades. Tal com hem vist a l'apartat anterior alguns d'aquests canvis han estat lents i graduals, mentre que d'altres han estat ràpids i intensos.

Avui dia coneixem aquesta història gràcies a l'**ordenació temporal** de les empremtes que els canvis han deixat impresos a les roques terrestres.

2. El temps geològic

Un dels objectius de la geologia és estudiar la història de la Terra. Per això, es procedeix a realitzar la datació de les roques, els fòssils i els esdeveniments geològics. **Datar** consisteix a situar en el temps un succés o un objecte determinat.

A diferència de quan s'estudia la història de l'home en què la unitat de mesura del temps que es fa servir és l'any o el segle, la Terra és tan antiga que quan parlem del temps geològic, la unitat emprada normalment és el **milió d'anys (Ma)**.

2. El temps geològic



Fa 250 milions d'anys tots els continents estaven units formant un supercontinent anomenat Pangea. Així seria el mapa polític actual si aquest supercontinent no s'hagués començat a fragmentar fa 175 milions d'anys.

2. El temps geològic



Signes del passat . Imatge que mostra un bloc erràtic, roques relativament grans que difereixen per la seva mida i tipus de la roca nativa de la zona on es recolza. Els "erràtics" van ser transportats pel gel de les glaceres, sovint a distàncies de centenars de quilòmetres, quedant dipositats quan es va fondre el gel.

2. El temps geològic

Existeixen diferents mètodes que permeten ordenar els esdeveniments del més antic al més modern i recrear la història geològica que els va acompanyar, el que es coneix com a **datació relativa**, que serveixen per ordenar temporalment esdeveniments geològics, però no ens diuen com d'antic o mètodes de **datació absoluta** que permeten mesurar el temps mitjançant valors numèrics i calcular edats aproximades d'estrats, roques i fòssils.

Combinant uns mètodes amb els altres els geòlegs van començar a partir del segle XIX a dividir la història de la Terra en unitats de temps, procés que encara continua millorant-se i perfeccionant-se i que ens ha permès saber cada vegada més dades sobre com era el nostre planeta i el seu passat.

2. El temps geològic



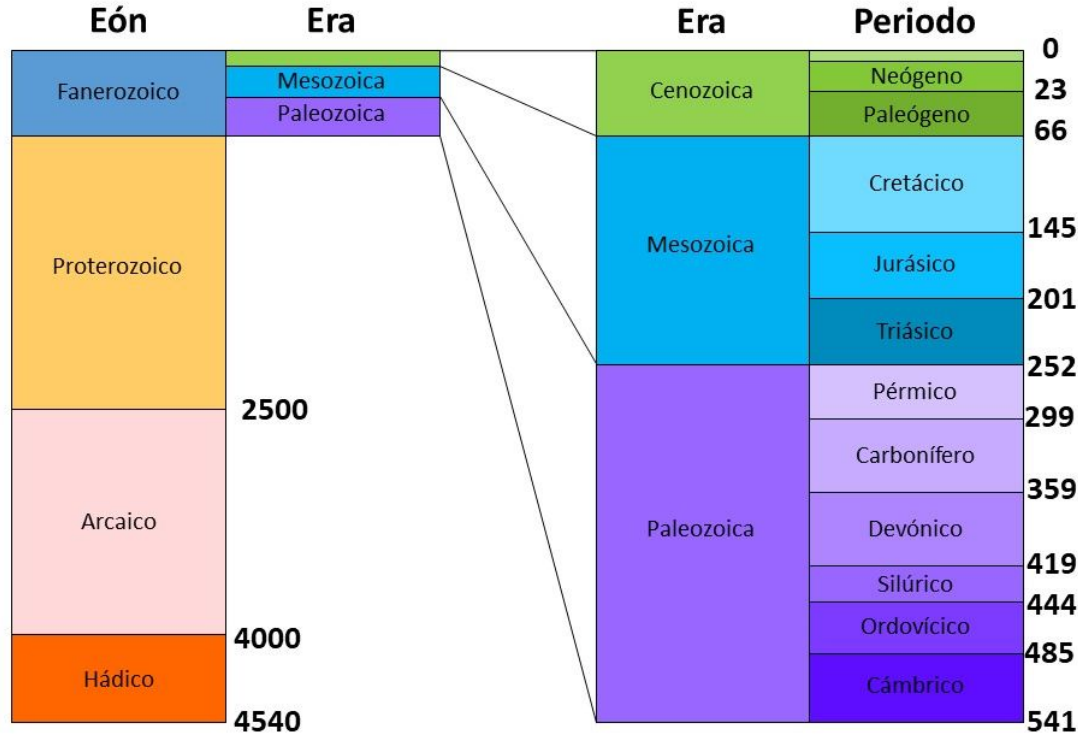
Exemple datació relativa . En aquesta imatge podem veure una successió d'estrats. Segons el Principi de Superposició d'estrats en una seqüència normal els nivells més recents són els superiors i els més antics els inferiors.

2.1 El geocalendari terrestre

De la mateixa manera que l'any es divideix jeràrquicament en mesos, dies hores, etc, els geòlegs han dividit el passat en unitats anomenades: **Eons, Eres, Períodes i Èpoques** basant-se en els següents criteris:

- **Paleontològics** : canvis en les espècies a causa de grans extincions.
- **Sedimentològics** : l'estudi dels estrats i de la seva superposició, és a dir, de l'acumulació de materials en un lloc concret anomenat conca sedimentària.
- Estudi de les **deformacions de les roques** , els canvis en la forma que es produeix en els estrats a causa de forces internes.

2.1 El geocalendari terrestre



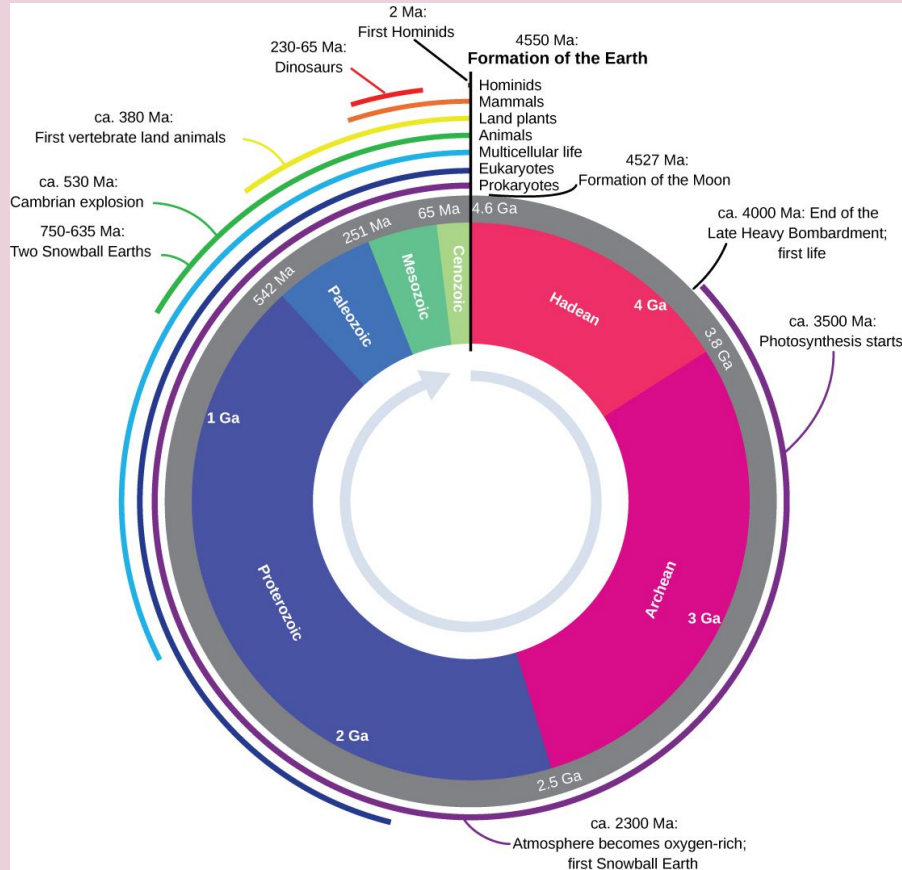
Les **extincions massives** d'han fet servir com a “marques” per dividir la història geològica en diversos períodes. La vida s'inicià en l'eó Arcaic, i la Fotosíntesi i els pluricel·lulars aparegueren al proterozoic, que va donar lloc al Fanerozoic. L'Eó Fanerozoic es divideix en 3 Eres, en les que els fòssils mostren que la vida va experimentar grans canvis.

2.1 El geocalendari terrestre

Era	Período	Épocas	Edad (millones de años)	Principales Eventos
Cenozoico	Cuaternario*	Holoceno	0,0117	Final de la Era de Hielo y surgimiento de la civilización actual.
		Pleistoceno	1,806 2,588	Ciclos de glaciaciones. Extinción de megafauna. Evolución de los humanos Modernos.
	Neógeno	Plioceno	5,33	Formación del istmo de Panamá. Mantos de hielo en Groenlandia y el Ártico. Clima similar al actual
		Mioceno	23,03	Deseccación del Mediterráneo. Reglaciación de la Antártida.
	Paleógeno	Oligoceno	33,9	Origen de los Alpes, Pirineos e Himalaya. Formación de la Corriente Circunpolar Antártica. Congelación de la Antártida. Familias modernas de animales y plantas.
		Eoceno	55,8	Extinción masiva hacia el final. India colisiona con Asia. Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno. Disminuye la concentración de CO2.
		Paleoceno	65,5	Continentes con aspecto actual. Clima cálido y húmedo unificado. Diversificación de animales y plantas.

Els períodes es divideixen en èpoques, les més conegudes de les quals són les èpoques corresponents al Cenozoic. Així podem dir que actualment vivim a l'**Eó Fanerozoic**, l'**Era del Cenozoic**, el **Període Quaternari** i l' **època de l'Holocè**.

2.1 El geocalendari terrestre



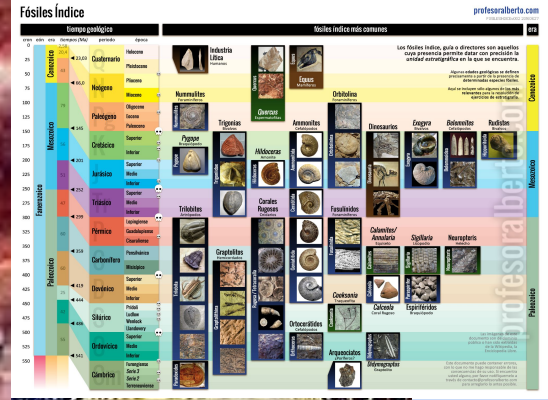
Temps geològic mostrat en un diagrama anomenat **rellotge geològic** , que mostra la longitud relativa dels eons de la història de la Terra i assenyala els esdeveniments principals.

2.1 El geocalendari terrestre

L'eó és la més gran de les unitats de temps geològic i s'han establert 4 eons diferents: *Hadeà*, *Arcaic*, *Proterozoic* i *Fanerozoic*. Els 3 primers s'acostumen a agrupar sota el super-eó Precambrià que compren la major part de la història del planeta uns 4000 Ma. Coneixem les seves característiques bàsiques:

- **Hadeà** (del grec hades=inframón): es caracteritza per l'absència de vida. (4500-4000 Ma)
- **Arcaic** (del grec arque=antic): es caracteritza per l'aparició dels primers éssers vius, organismes procariotes molt senzills. (4000-2.500 Ma)
- **Proterozoic** (del grec proteros=anterior i zoe=éssers vius): es caracteritza per l'existència d'organismes unicel·lulars més complexos que els anteriors (cel·lules eucariotes, tant autòtrofes com heteròtrofes) (2500-540 Ma).
- **Fanerozoic** (del grec faneros=visible i zoe=ésser viu): abasta els altres 540 Ma d'història terrestre i gràcies al seu ric registre fòssil, que inclou organismes pluricel·lulars visibles a simple vista, és el més conegut.

3. LA DATACIÓ GEOLÒGICA



3.1 Datació geològica. La datació relativa

La datació relativa es realitza comparant diversos esdeveniments i determinant si el fet a estudiar és més antic o més recent que el triat com a referència. Per això es tenen en compte quatre principis:

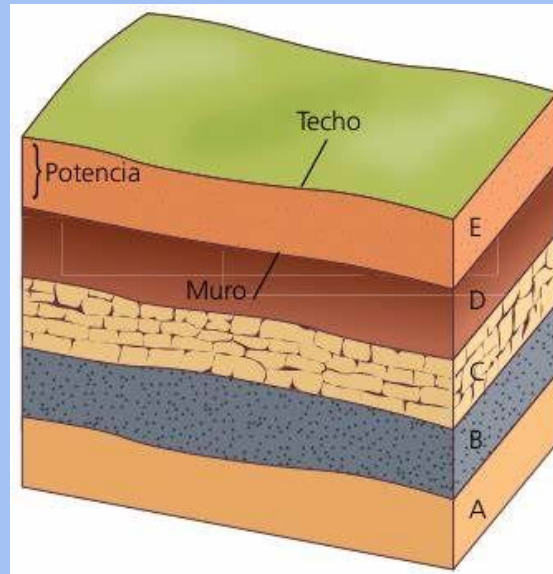
- A. **Principi de superposició d'estrats.**
- B. **Principi d'intersecció**
- C. **Principi de successió faunística.**
- D. **Principi d'actualisme** (el present és la clau del passat). Els processos que es donen actualment són els mateixos que van actuar en època passades. Així estudiant el present podem obtenir informació del que va succeir en el passat i fer-nos una idea dels canvis que s'han produït a la Terra.

Coneixem amb més detall els 3 primers.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats.

Un **estrat** és una capa de roca delimitada per superfícies. La part superior s'anomena **sostre** i la part inferior **mur**. La distància entre el mur i els sostre s'anomena gruix o **potència** de l'estrat.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Formació dels estrats

Els estrats es formen durant episodis de **sedimentació** (acumulació de sediments de manera continua durant un període concret). Els estrats s'acostumen a formar de manera horitzontal (**principi d'horitzontalitat**) donant lloc a una successió d'estrats anomenada **sèrie estratigràfica** .



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Formació dels estrats

Al segle XVII el naturalista danès Niels Steno va formular un principi molt senzill però important per datar els estrats que es coneix com a **Principi de superposició d'estrats o Llei de Steno** i que, si entenem els estrats com a capes de sediments, diu el següent:

En una seqüència normal d'estrats els nivells més recents han de ser els superiors, mentre que els més antics seran els inferiors (els que estan a sota).



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Formació dels estrats

Quan els estrats estan en posició horitzontal és relativament fàcil saber quins són més antics i quins són més recents. Però, que passa si, com a resultat de forces compressives el conjunt d'estrats es troba en posició vertical? Quins són els estrats més antics? En aquest cas cal recórrer als anomenats **criteris de polaritat**.



Quins estrats són els més antics i els més recents?

3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Criteris de polaritat

Tal com ja hem dit, encara que els estrats es col·loquin originalment en ordre i horitzontals, diversos esdeveniments geològics poden alterar l'ordre i la disposició. Per esbrinar la posició original dels estrats es recorre als **criteris o indicadors de polaritat** . Aquests són **estructures** sedimentàries que es van formar alhora que els estrats.

Usant aquests criteris es poden distingir els dos **pols** d'un estrat: la part superior o **sostre** i la part inferior o **mur** .

Els principals criteris de polaritat són les **marques o empremtes** , la **granoselecció** i la **dessecació** .

3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Criteris de polaritat



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Criteris de polaritat

Marques o empremtes : ón estructures impreses i fossilitzades al sostre dels estrats. Entre elles hi ha les icnites (empremtes d'éssers vius), les esquerdes de dessecació, l'impacte de la pluja i les marques de corrents. Totes aquestes estructures deixen un buit o motlle a la part superior de l'estrat. Per tant, allà on estiguin és el sostre



Empremta de dinosaure a La Rioja.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Criteris de polaritat

La **granoselecció**: la granoselecció és una estructura en què apareix una disminució progressiva de la grandària dels grans del sediment des del mur fins al sostre. L'aigua arrossega sediments i perd velocitat, primer es dipositen els materials més grans i, a poc a poc, la resta, ordenats per mides.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Criteris de polaritat

La presència d'**esquerdes de dessecació** també és un altre mètode per esbrinar la polaritat dels estrats. Aquestes esquerdes es formen quan un sediment d'argila s'asseca. Aquestes esquerdes estan més obertes a la superfície i es van tancant en profunditat. En un tall presenten un aspecte en forma de V on el vertex apunta cap el mur de l'estrat.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Història geològica i superposició d'estrats en vídeo.

[Historia Geologica 3D](#)

 [Interpretación de](#)

[CORTES](#)

[GEOLÓGICOS](#)  

[\(Pasos y](#)

[Reconstrucción de la](#)

[Historia Geológica\)](#)



3.1 Datació geològica. La datació relativa

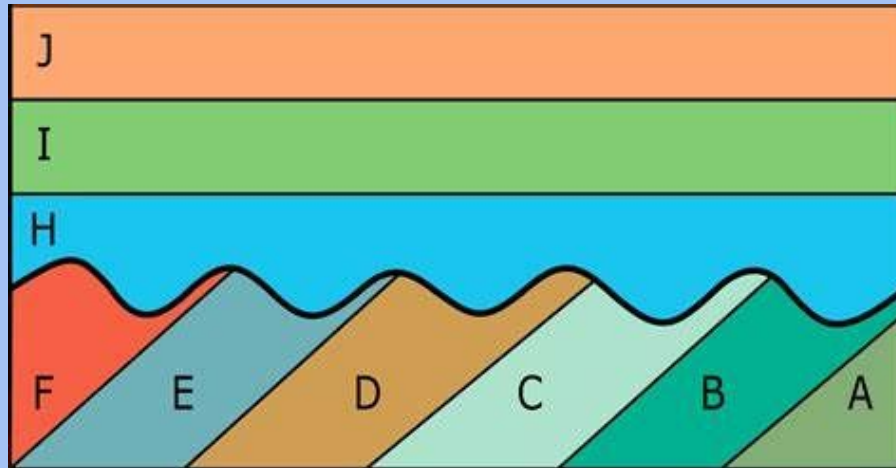
A. Principi de superposició d'estrats. Continuïtat i discontinuïtat .

Les roques sedimentàries estan formades per capes o estrats separats per plans o superfícies d'estratificació. Aquestes superfícies es van produir perquè es va interrompre el dipòsit sedimentari. Quan aquestes superfícies representen períodes grans de temps, com ara milions o desenes de milions d'anys, sense que es produeixi dipòsit de materials o es **produeix erosió** , o ambdós processos, s'anomenen **discontinuïtats estratigràfiques** . Per tant, el registre geològic està incomplet, i l'interval de temps geològic que no ha quedat representat als estrats s'anomena hiat o **llacuna estratigràfica** .

3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Tipus de discontinuïtats

Discordança angular : quan els estrats inferiors presenten inclinació i els superiors tenen una disposició horitzontal, entre els dos conjunts s'interpreta que ha transcorregut un temps durant el qual el conjunt inferior s'ha deformat i erosionat. Per tant la seqüència no es continua i haurà una llacuna estratigràfica.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Tipus de discontinuïtats

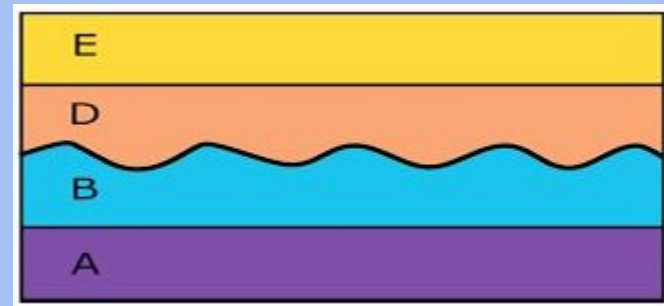
Les capes de l'esquerra es van dipositar en primer lloc; després van ser tectònicament inclinades en sentit antihorari; després erosionades fins a la posició de la discordança. Les capes de la dreta van ser posteriorment dipositades i tot el conjunt va bascular de nou, aquesta vegada en sentit horari.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Tipus de discontinuïtats

Discordança erosiva (també anomenada disconformitat): quan un estrat pateix un procés d'erosió irregular i posteriorment es diposita un nou estrat sobre les seves restes. Si l'estrat erosionat desapareix completament i el nou estrat es col·loques paral·lel a un altre anterior es diu que hi ha una discontinuïtat erosiva (hiat). S'hauria perdut una part de la història geològica.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Tipus de discontinuïtats

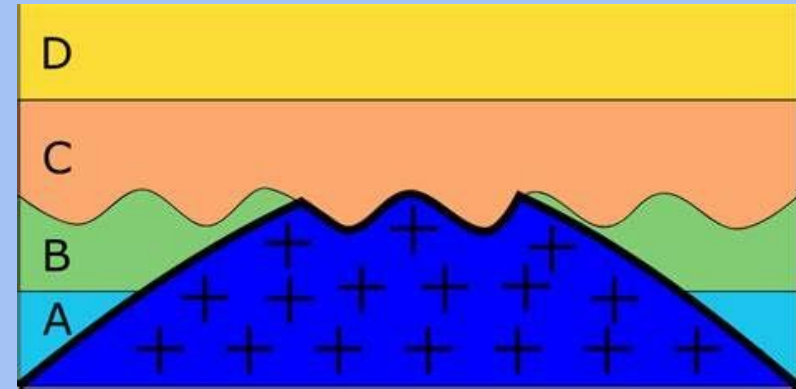
Paraconformitat: interval de temps en el que no s'ha produït sedimentació i generalment tampoc erosió.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

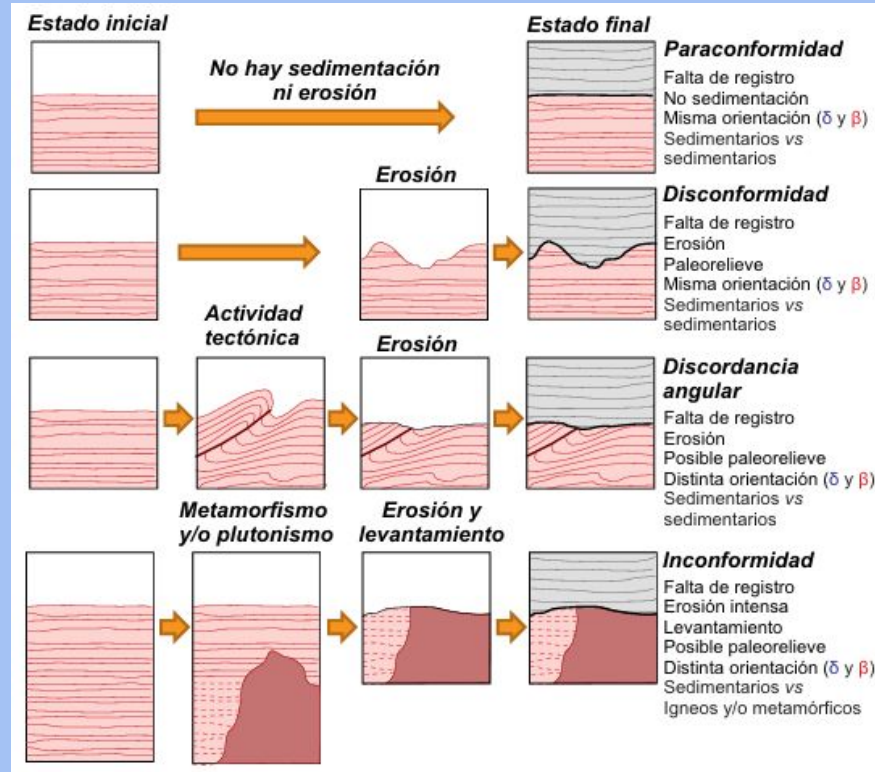
A. Principi de superposició d'estrats. Tipus de discontinuïtats

Inconformitat: Inconformitat: superfície geològica que separa els estrats sedimentaris suprajacents (més a dalt, més moderns) de les roques ígnies o metamòrfiques erosionades, i que representa un hiat important en el registre geològic.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

A. Principi de superposició d'estrats. Resum discontinuïtats



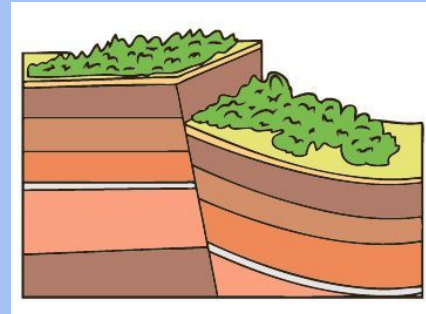
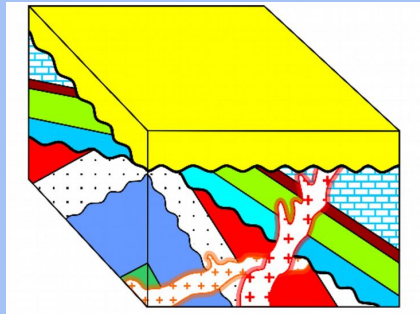
3.1 Datació geològica. La datació relativa

B. Principi d'intersecció

Com hem vist abans el principi de superposició d'estrats pot no ser vàlid si s'ha alterat la posició original dels estrats, és aquest cas, es recorre a altres principis, un dels quals és el principi d'intersecció:

Tota estructura geològica és més jove que les roques que afecta i més antiga que les roques que no han estat afectades per ella.

Per exemple, si una roca apareix plegada o hi ha una falla, la roca serà més antiga que la estructura. Si una intrusió magmàtica procedent de capes profundes travessa diversos estrats, aquests estrats que són travessats són més antics.

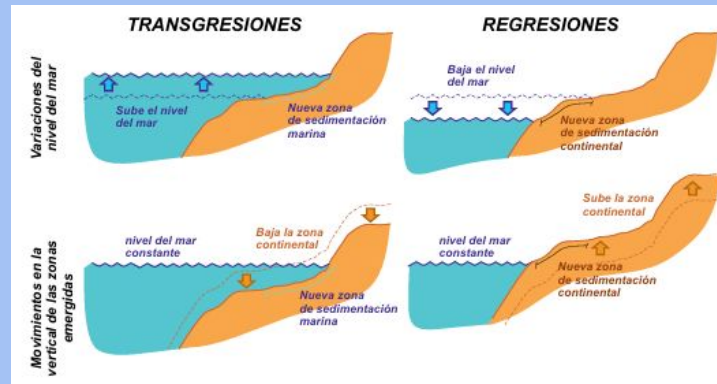


3.1 Datació geològica. La datació relativa

B. Tansgressió i regressió

Les transgressions es poden definir com pujades i baixades relatives del nivell del mar.

Considerem que són relatives perquè en un anàlisi local no podem assegurar si aquestes pujades o baixades estan relacionades amb una variació global del nivell del mar o amb moviment vertical de les zones emergides.



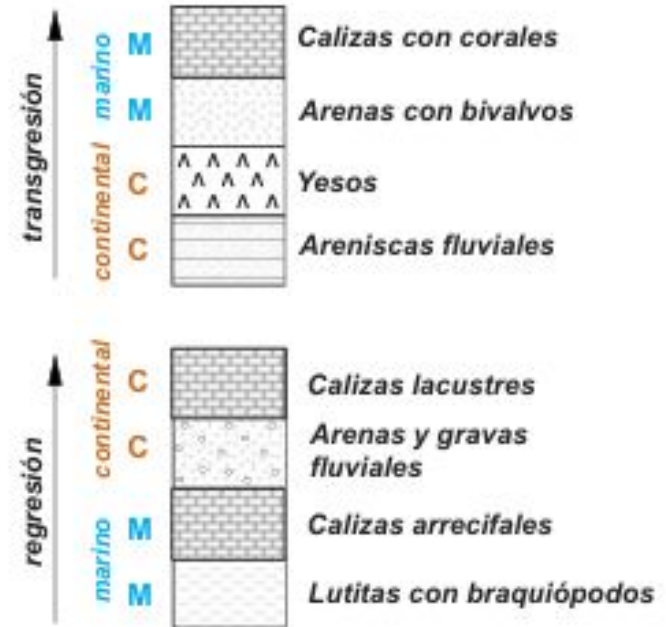
3.1 Datació geològica. La datació relativa

B. Tansgressió i regressió

En interpretar un tall o una columna estratigràfica podem observar aquests fenòmens identificant el tipus d'ambient de sedimentació de cadascun dels materials (marí vs continental), i per descomptat tenint en compte l'ordre cronològic d'aquests ambients.

Hem de tenir en compte el contingut fósilífer de les diferents litologies per a poder assignar un ambient de sedimentació correcte. És important també identificar les possibles estructures sedimentàries que ens permetin definir el seu caràcter continental o no (lacustre, referit a un llac; o fluvial a un curs d'aigua).

Finalment assenyalar que hi ha litologies que poden sedimentar en diferents ambients, com per exemple les calcàries que poden ser d'origen marí o estar relacionades amb un llac (lacustres).



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

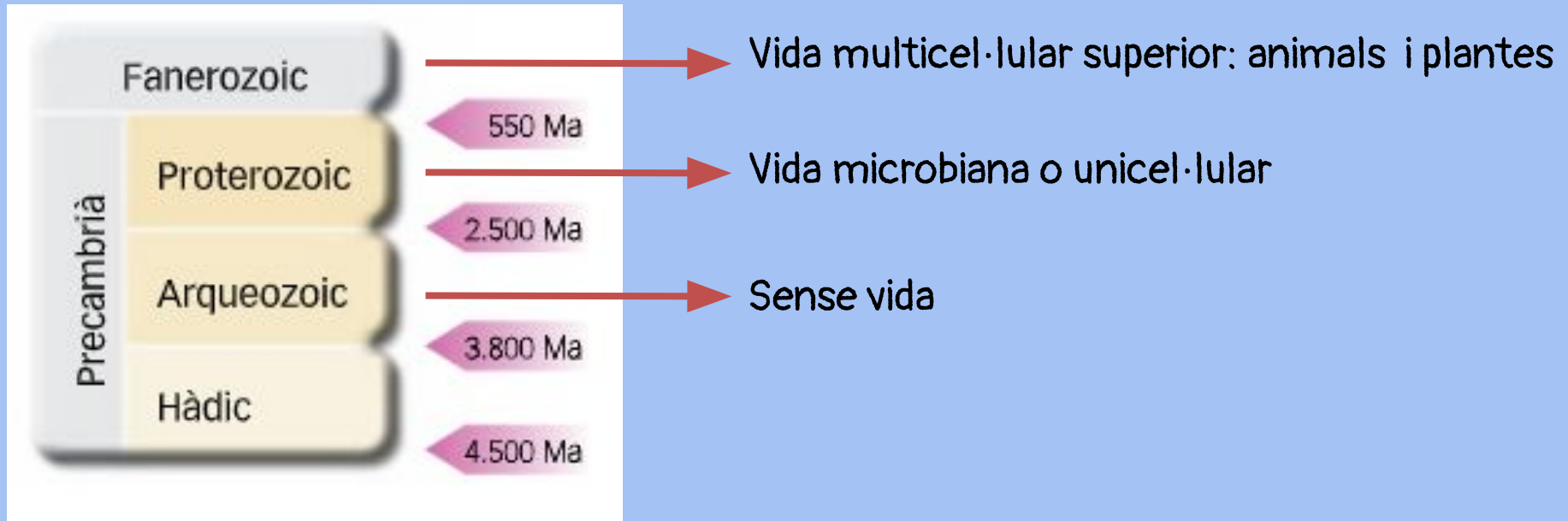
Avui sabem que els primers organismes procariotes van aparèixer molt abans del començament «oficial» del proterozoic:

- L'estudi isotòpic del carboni a unes roques sedimentàries de fa 3.800 Ma trobades a Isua, Greenlàndia, podria indicar un sistema biològic de fixació del CO₂ i per tant, el començament de la vida microbiana a la Terra.
- Durant els següents 3.000 Ma només hi va haver vida microbiana o, en tot cas, unicel·lular.
- De sobte, en 35 Ma, la vida animal multicel·lular apareix, creix, es diversifica i dona com a resultat tots els fílums animals que podem trobar actualment.

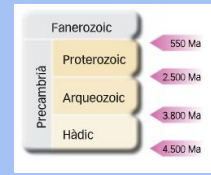
3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

- Classificació segons tipus de vida existent

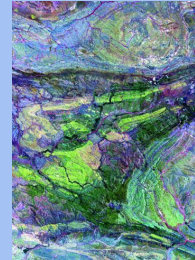


3.1 Datació geològica. La datació relativa



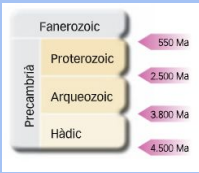
C. Principi de successió faunística. Els fòssils

- Atmosfera sense oxigen o concentració inferior a l'1%.
- Organismes arqueans anaerobis fotosintetitzadors amb estructures molt simples (similars a cianobacteris actuals) incloent-hi els responsables de la formació dels estromatòlits.

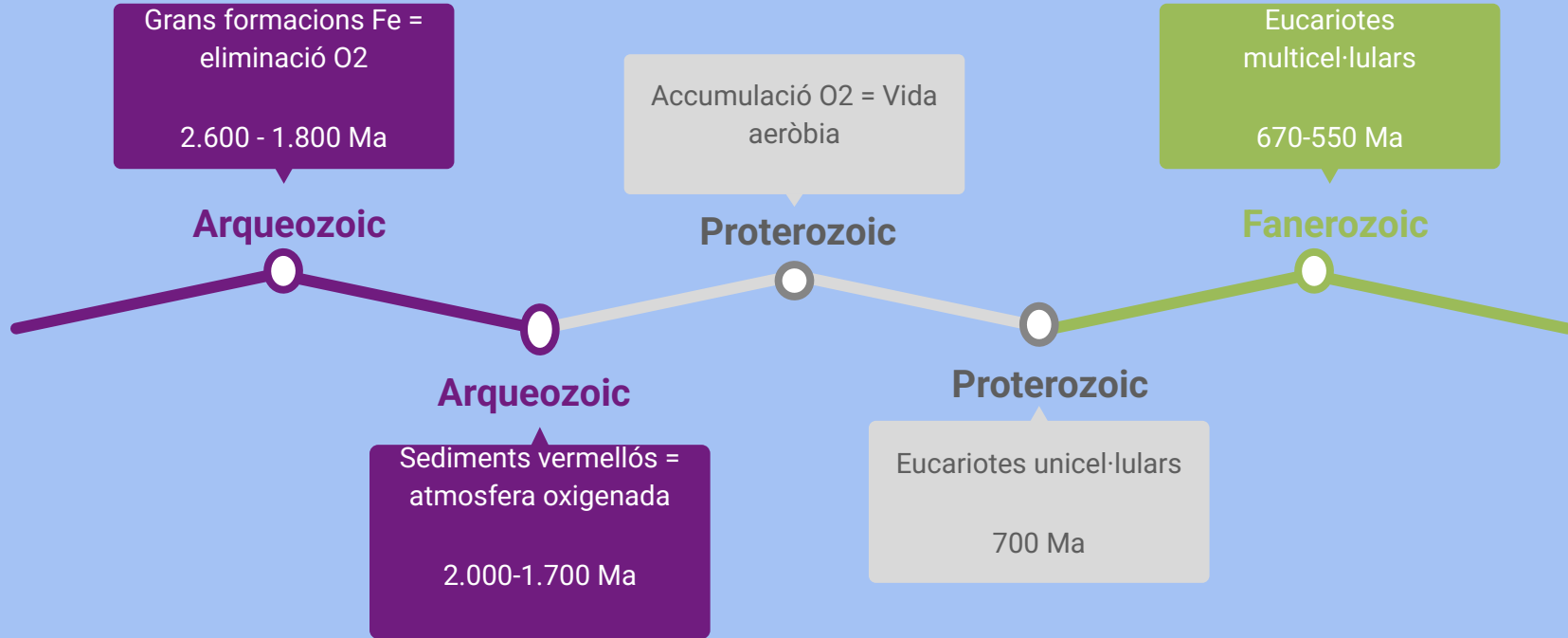


- Procariotes unicel·lulars autòtrofs i heteròtrofs productors d'oxigen.

3.1 Datació geològica. La datació relativa



C. Principi de successió faunística. Els fòssils



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



PUNTS D'INFLEXIÓ

Cambrià inferior (550 Ma): aparició d'una quantitat considerable de nous tipus d'organismes, molts presenten parts dures → fàcil preservació i registre fòssil. → **explosió de vida al cambrià**: pràcticament **tots els fílums actuals** i d'altres que no s'assemblen a res que coneguem actualment.

Ordovicià (510 Ma): **diversificació** espectacular de tots els grups i **extensió** de la població de tots els racons de l'oceà.

Silurià (444 Ma): apareixen els **primers vegetals** amb possibilitat de viure al **medi aeri**, ja que fins a aquell moment tots els vegetals que poblaven la Terra vivien a l'aigua.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



Diversificació vida

Invertebrats

- Foraminífers
- Braquiòpode
- Arqueociats
- Mol·luscs
- Artròpodes
- Graptòlits

Vertebrats

- Àgnats
- Placoderms
- Acontodis
- Selacis
- Peixos òssis
- Amfibis

Flora

- Pteridòfits
- Plantes amb llavor

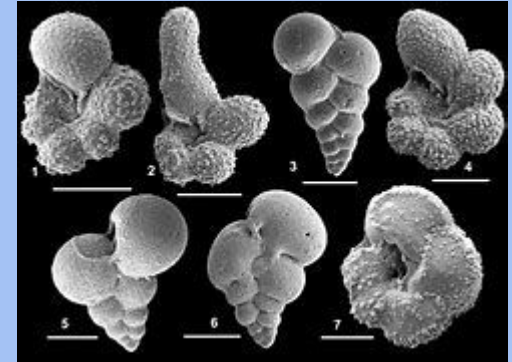
3.1 Datació geològica. La datació relativa

Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Foraminífers

Protozous unicel·lulars amb closca calcària. La majoria són bentònics (sense moviment) i viuen sobre el fons marí. Apareixen al **cambrià**, però tenen la màxima diversificació durant el **carbonífer** i el **permià**.



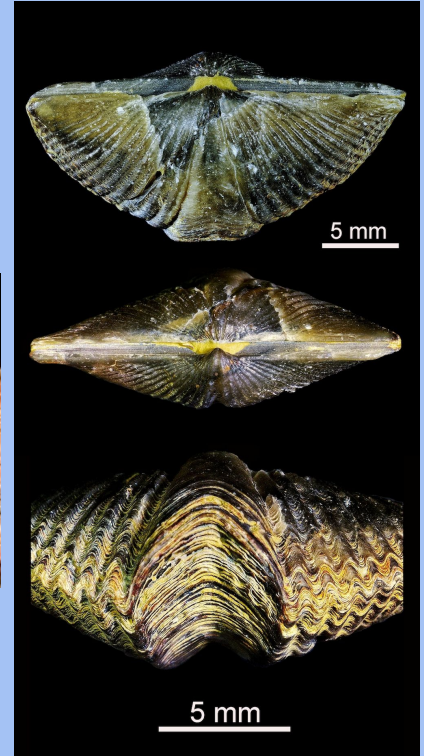
3.1 Datació geològica. La datació relativa

Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Braquiòpodes

Són animals celomats de simetria bilateral formada per dues valves de composició quitinosofosfàtica o calcària. Generalment les dues valves són desiguals i de dimensions i formes diferents. S'originaren al **cambrià inferior i durant el paleozoic van ser molt abundants**. Actualment és un grup molt divers i abundant, comú als litorals de profunditat moderada.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

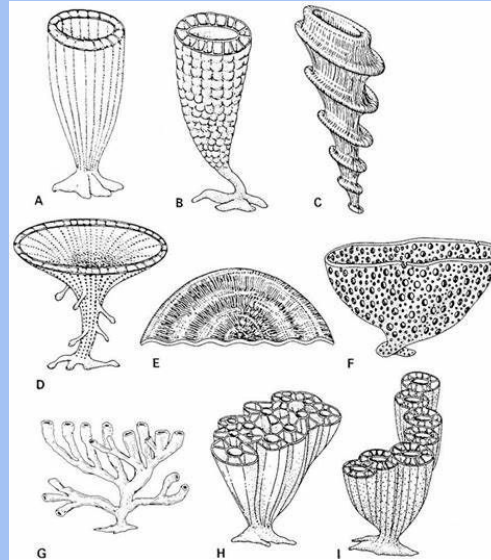
Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Arqueociats

Són un grup d'animals fòssils que apareix a l'inici del **cambrià** i ràpidament es diversifica per desaparèixer gairebé completament al cambrià mitjà.

Actualment s'inclouen dins el fílum dels porífers, que inclou les esponges. Eren uns organismes formats per dos cons porosos encaixats.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Mol·luscs

Els primers van ser força diferents als actuals, però ja es descriuen gastròpodes (el grup més important al començament del **cambrià**), bivalves i cefalòpodes, aquests darrers amb formes i grups exclusius del **paleozoic** com els ortoceràtids. Els ortoceràtids són cefalòpodes de conquilla recta o lleugerament corbada, llisa o ornamentada amb costelles suaus, longitudinals o radials i amb solcs. Es troben en tot el món des de **l'ordovicià fins al triàsic**.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Artròpodes

Destaquen els trilobits, els fòssils més característics del **paleozoic**, i els ostracodes. Pel que fa als trilobits, n'hi ha més de 25 famílies conegudes que van aparèixer progressivament. Són animals marins, amb apèndix i antenes. Tenien el cos dividit en tres regions amb un parell d'ulls compostos.



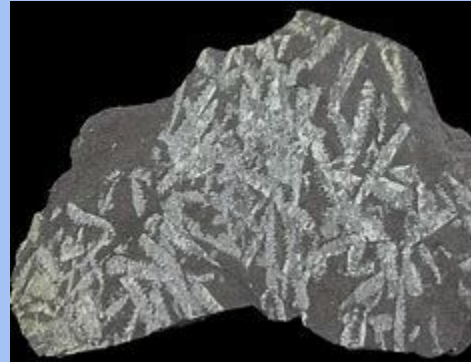
3.1 Datació geològica. La datació relativa

Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Graptòlits

Grup d'organismes **exclusiu del paleozoic inferior**. Actualment es pensa que eren hemicordats; s'agrupaven en colònies formades per una sèrie de tubs o teques amb nombrosos compartiments on s'allotjaven els zooides (individus de la colònia) al voltant d'una estructura central que surava.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Invertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Belemnites

Grup extint de mol·luscs cefalòpodes de la subclasse Coleoidea. Van viure **des del Devonian fins al Cretaci superior**. Vivien en el mar, agrupats en bancs i eren depredadors, alimentant-se de peixos i d'altres animals marins.

Eren molt similar en molts aspectes als moderns calamars i estretament relacionats amb les sípies actuals.

Fòssil guia del **mesozoic**.



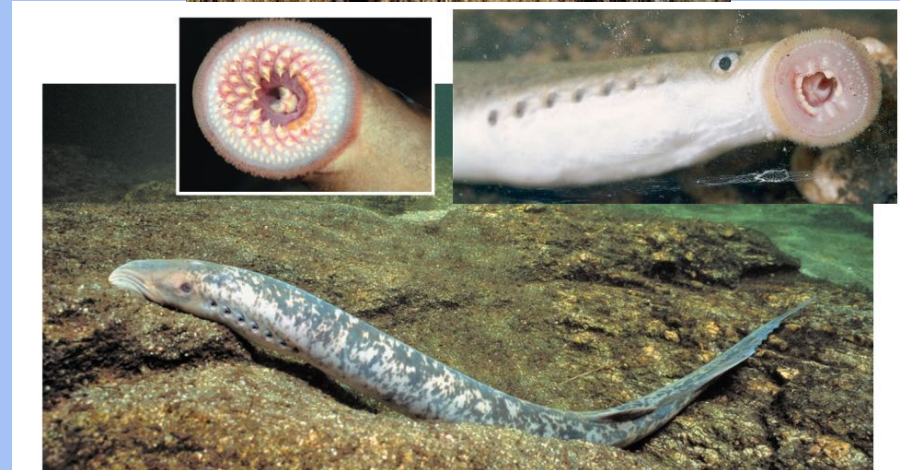
3.1 Datació geològica. La datació relativa

Vertebrates

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Àgnats

Els primers vertebrats pertanyien a la categoria dels peixos sense mandíbules (àgnats). Se'n troben els primers fòssils a l'**ordovicià**, però fou durant el **silurià** que aconseguiren una gran diversitat



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Vertebrates

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Placoderms i acontodis

Durant el **devonià** tingué lloc l'aparició del primer vertebrat amb mandíbules i amb parells d'aletes (placoderms i acontodis).

Aquests primers vertebrats pertanyien als peixos cuirassats, amb el cor cobert d'escates òssies i un esquelet cartilaginós.

Placoderms



Acontodis



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Vertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Selacis

En el **devonià** aparegueren les primeres restes de selacis, d'aspecte molt **similar als taurons**. D'aquests peixos d'esquelet cartilaginós només se'n fossilitzaren les dents.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Vertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Peixos òssis

També en el **devonià** es trobaren els primers fòssils de peixos ossis, amb l'**esquelet ossificat**.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Vertebrats

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Amfibis

Primers vertebrats en colonitzar terra ferma. Tot i que conserven moltes de les característiques dels seus antecessors, ja poden caminar per terra ferma i respirar aire. Van ser molt nombrosos durant el **carbonífer** i van assolir dimensions espectaculars a **final del paleozoic**. La independència total del medi aquàtic s'assolí amb l'aparició dels rèptils, que van desenvolupar un ou que es podia covar fora de l'aigua.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

Flora

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Pteridòfits

Sistema vascular i gran resistència

→ desenvolupar-se com a plantes terrestres (**ordovicià**)

→ Reproducció en ambient humit en determinats moments del seu cicle vital.

→ Vegetació esplendorosa constituïda per nombroses famílies de les diverses classes de pteridòfits en el **carbonífer**

(clima càlid i humit) ⇒ dimensions enormes ⇒ Lepidodendron, Sigillaria, Bothrodendron i Ulodendron.



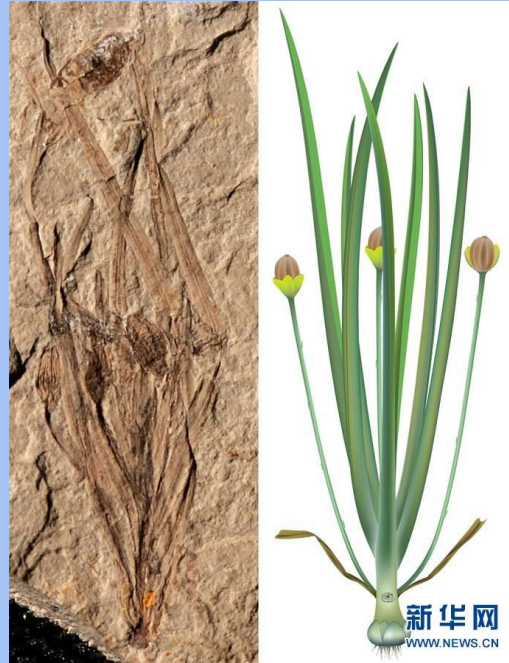
3.1 Datació geològica. La datació relativa

Flora

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Plantes amb llavor

Durant el **paleozoic** aparegueren també les primeres plantes amb llavors, amb aspecte de falgueres, i cap a final del paleozoic ja aparegueren les primeres coníferes.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



La gran extinció a final del permianà

- **Final del paleozoic** → extinció més gran que ha experimentat la biosfera al llarg dels temps geològics ⇒ desapareixen gairebé el 95% de les espècies (especialment marines).
- Afectació terrestre: pteridòfits → sistema d'absorció i conducció de líquids poc adaptat a la manca d'aigua ⇒ no va afectar les gimnospermes

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

La gran extinció a final del permianà

Possibles causes de l'extinció :

- indicis d'impactes de meteorits
- grans canvis climàtics
ocorreguts durant el final del
paleozoic
- continents van topar entre ells
al permianà → Pangea



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

La gran extinció a final del permianà

Conseqüències :

- reducció de l'espai de la plataforma continental
- descens del nivell del mar
- variacions de salinitat de les aigües
- aparició d'extenses àrees a l'interior dels continents amb condicions àrides i, fins i tot, desèrtiques.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Primeres empremtes fòssils: [Ediacara](#)

Descoberts per Reginald C. Springg a Adelaide (Australia)

Mateixes espècies trobades també a jaciments a Europa, Àsia, Amèrica del Nord



La fauna d'Ediacara

Es tracta d'animals de cos tou i sense esquelet. S'han trobat empremtes que recorden els trilòbits o estructures de cinc radis que sortien d'una zona central que fa pensar en els equinoderms actuals. Habitaven zones d'aigües somes, a la vora del mar, ben il·luminades pel sol i sense onades massa violentes que poguessin tenir un efecte destructiu sobre uns animals tan tènues. Hi abundaven animals poc mòbils que sobreviuen en l'aigua, de vegades ancorats al substrat per un peu i excepcionalment, sembla que algunes espècies tenien un cert moviment.

Un fet característic de la fauna d'Ediacara és la falta d'elements d'atac i defensa amb rares excepcions. Ara bé, el plantejament d'un ecosistema sense depredadors és difícil d'imaginar. Qualsevol ésser no autòtrof està obligat a buscar l'aliment orgànic, i les dues solucions són el saprofitisme o la depredació. L'herbivoria és, estrictament, una forma de depredació. Cal pensar, doncs, en sistemes de defensa que no deixen empremtes fòssils, com les cèl·lules urticants, els tentacles, l'acumulació de tòxics, etc.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Els **fòssils** són restes dures d'organismes del passat (esquelets, closques) o de la seva activitat (rastres o excrements) que s'han transformat en roques o han quedat impresos en elles. A partir del seu estudi podem conèixer:

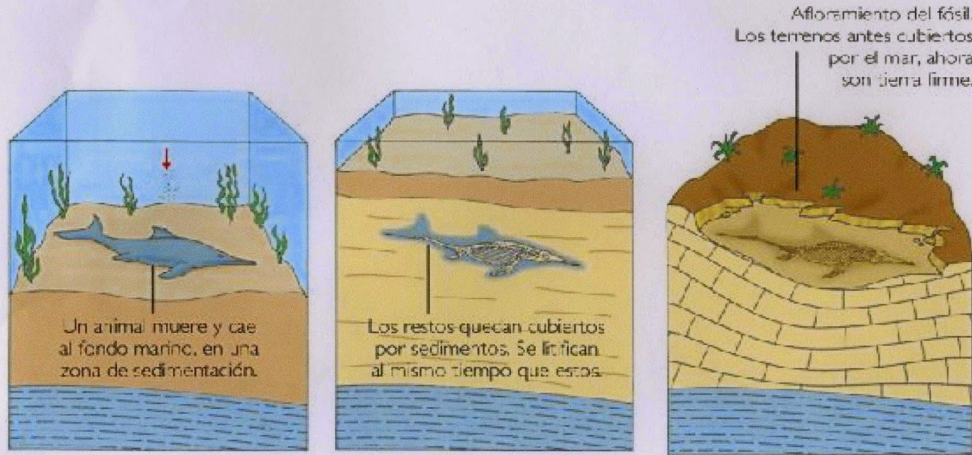
- **L'anatomia** , mode de vida, relació amb altres organismes i distribució geogràfica.
- **L'ambient** en el qual es va formar la roca que conté el fòssil (marítim o continental, càlid o fred).

La ciència que estudia els fòssils s'anomena **paleontologia** . No tots els organismes fossilitzen amb la mateixa facilitat, aquells que tenen **parts dures** com esquelets o closques fossilitzen millor que els que tenen només un cos tou perquè costa més descomposar aquestes parts dures.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

PROCESO DE FOSILIZACIÓN



La **fossilització** és un esdeveniment estrany, ja que el més habitual és que les restes desapareguin sense deixar rastre. Tan sols un petit percentatge de les espècies que han existit s'han conservat a les roques. En aquest procés, es produeixen una sèrie de transformacions químiques en què es va substituint la matèria orgànica per matèria inorgànica, conservant l'estructura i la forma originals.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



Les plantes també poden fossilitzar. Aquí podem veure un tronc petrificat que es formen quan el tronc queda enterrat o sota l'aigua.

Copròlit del Miocè (23-5 Ma). Els copròlits aporten valuosa informació directa de la dieta d'animals extingits



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



L'ambre és reïna fòssil dels pins. A vegades pot contenir insectes empresonats que s'han preservat íntegrament.



Restes momificades d'un vedell de caribú de l'edat de gel descoberts durant activitats mineres en cerca d'or en Klondike, al territori del Yukón, al nord-oest del Canadà.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

El topògraf anglès William Smith va descobrir que cada capa d'estrat contenia un grup característic de fòssils i que alguns eren exclusius de certs estrats. Va enunciar el principi de successió faunística que es basa en els següents apartats:

- Cada període de la història de la Terra té el seu particular **registre fòssil** (representat per organismes que hi van viure). Per tant l'aparició dels fòssils té un ordre determinat en la sèrie estratigràfica.
- **Correlació** . Les capes d'estrats que es troben en diferents llocs però tenen els mateixos fòssils tenen la mateixa edat encara que les roques d'aquests estrats siguin diferents (estrats correlatius). Les formes fòssils que permeten correlar s'anomenen **fòssils guia** o **fòssils índex** .

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Perquè els fòssils siguin útils com a instruments de datació (**fòssils guia**) cal que compleixin algunes condicions ideals.

- Ser **fàcil d'identificar** i distingir en base a les seves característiques particulars.
- Haver viscut durant un període de temps **relativament curt** de la història geològica del planeta.
- Haver tingut una **distribució geogràfica** el més **àmplia** possible.
- Ser abundants i fàcils de fossilitzar.

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Alguns dels principals **fòssils guia** són els següents:

- Els **trilobits** són els fòssils guia per excel·lència del Paleozoic.



*Els **trilobits** són artròpodes que van viure al **Paleozoic** , durant uns 300 Ma. Les restes fòssils de trilobits són tan abundants i han estat tan profundament estudiades que probablement siguin el grup d'animals extingits més conegut.*

- Els **ammonites** són els principals fòssils més característics del Mesozoic.
- Els **foraminífers** són els fòssils guia del Cenozoic. També s'utilitzen els **dinoteris** pel neogen i **equus** pel quaternari

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



*Recreació d'un **ammonites** . Van viure des del **final del Paleozoic** i durant tot el **Mesozoic** . Són fòssils guia excel·lents, i sovint és possible relacionar la capa de roca en què se'ls troba amb un període geològic determinat.*



3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Fòssils de **nummulites** , un gènere dels **Foraminífers** , protozous que segreguen una closca de carbonat de calci dins la qual viu l'organisme, constituït per una sola cèl·lula que emet pseudopodis. L'esquelet extern acostuma a estar enrotllat i fossilitza amb facilitat. Els nummulites van viure a l'inici del **Cenozoic** i serveixen per datar els seus primers períodes.



3.1 Datació geològica. La datació relativa

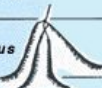
C. Principi de successió faunística. Els fòssils

Evolució del **cavall** al llarg del **Cenozoic** que va convertir el petit **Eohippus** de la mida d'un gos i que habitava en boscos en el cavall modern. Els paleozoòlegs han estat capaços d'elaborar un esquema més complet del llinatge evolutiu del cavall modern que de qualsevol altre animal. Gran part d'aquesta evolució va tenir lloc a Amèrica del Nord, on els cavalls es van originar però es van extingir fa uns 10.000 anys, abans de ser reintroduïts al segle XV.



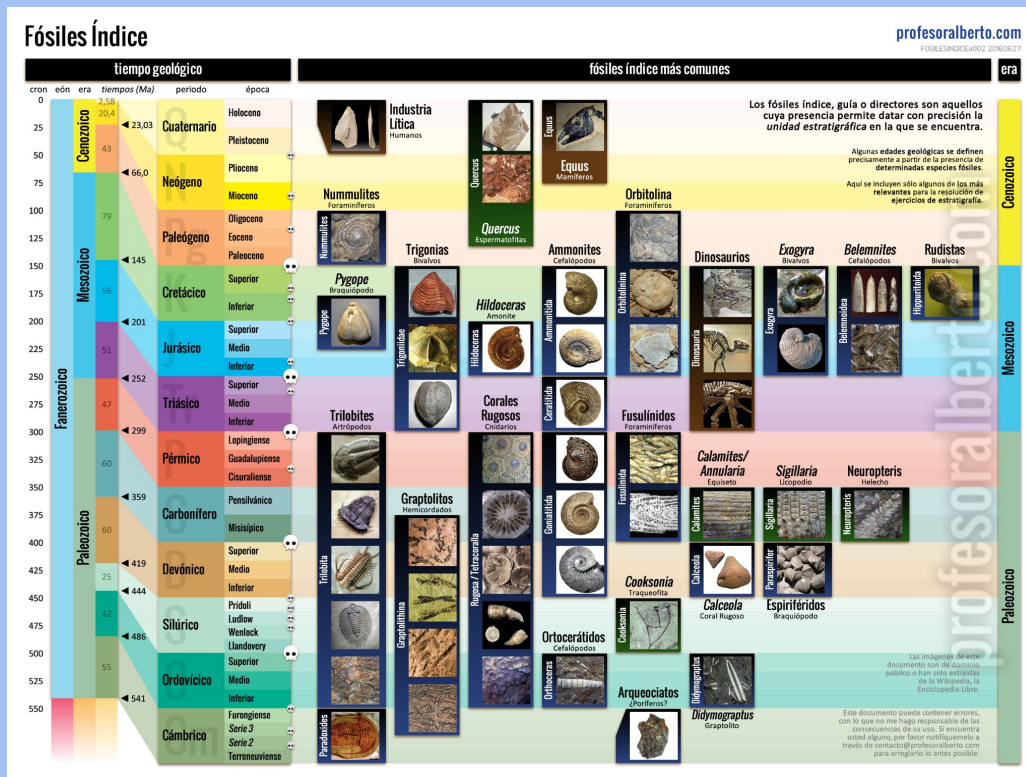
3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils

CENOZOIC ERA (Age of Recent Life)	Quaternary Period	<i>Pecten gibbus</i> 	<i>Neptunea tabulata</i> 
	Tertiary Period	<i>Calyptrophorus velatus</i> 	<i>Venericardia planicosta</i> 
	Cretaceous Period	<i>Scaphites hippocrepis</i> 	<i>Inoceramus labiatus</i> 
MESOZOIC ERA (Age of Medieval Life)	Jurassic Period	<i>Perisphinctes tiziani</i> 	<i>Nerinea trinodosa</i> 
	Triassic Period	<i>Trochites subbullatus</i> 	<i>Monotis subcircularis</i> 
	Permian Period	<i>Leptodus americanus</i> 	<i>Parafusulina bosei</i> 
PALEOZOIC ERA (Age of Ancient Life)	Pennsylvanian Period	<i>Dictyoclostus americanus</i> 	<i>Lophophyllidium proliferum</i> 
	Mississippian Period	<i>Cactocrinus multibrachiatus</i> 	<i>Prolecanites gurleyi</i> 
	Devonian Period	<i>Mucrospirifer mucronatus</i> 	<i>Palmatolepus unicornis</i> 
	Silurian Period	<i>Cystiphyllum niagarense</i> 	<i>Hexamoceras hertzeri</i> 
	Ordovician Period	<i>Bathyrus extans</i> 	<i>Tetraraptus fructicosus</i> 
	Cambrian Period	<i>Paradoxides pinus</i> 	<i>Billingsella corrugata</i> 
	PRECAMBRIAN		

3.1 Datació geològica. La datació relativa

C. Principi de successió faunística. Els fòssils



3.1 Datació geològica. La datació relativa

ACTIVITATS FÒSSILS

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

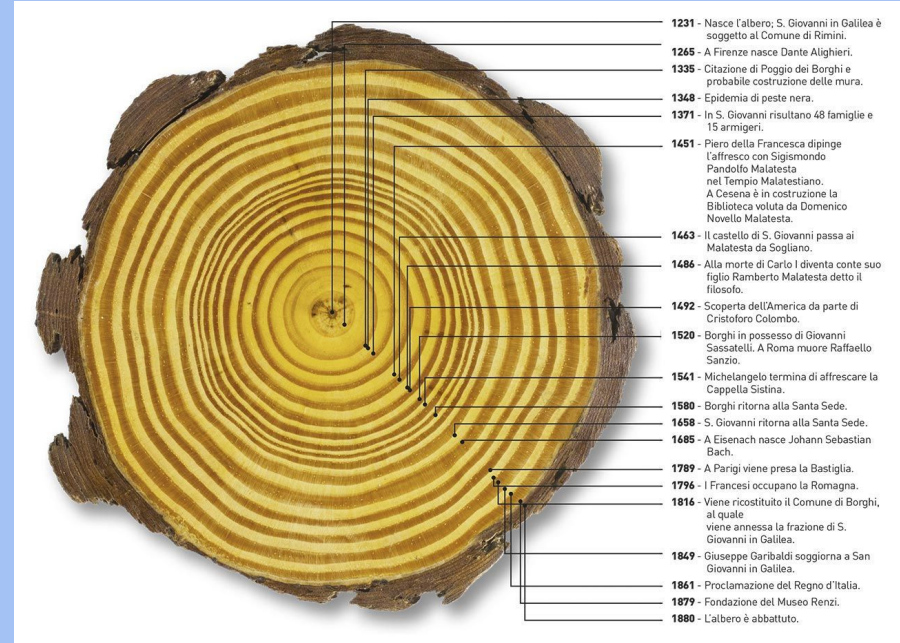
Amb els mètodes de datació podem saber si un estrat és més antic que un altre però no podem saber la seva edat. Per esbrinar aquesta necessitem els mètodes de datació absoluta que ens donen un valor numèric per l'edat d'un estrat, roca o fòssil. Existeixen diversos mètodes per fer datacions absolutes, en destacarem 2:

- ***Dendrocronologia***
- ***Isòtops radioactius.***

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Dendrocronologia

Molts arbres de les zones temperades produeixen **un anell de creixement cada any**, amb el més nou adjacent a l'escorça. Per tant, durant tot el període de vida d'un arbre, s'acumula un registre anual o un **patró d'anells** que reflecteix l'**edat** de l'arbre i les **condicions climàtiques** en què va créixer l'arbre. Una humitat **adequada** i una llarga temporada de creixement donen com a resultat un **anell ample**, mentre que un any de **sequera** pot resultar en un de **molt estret**.

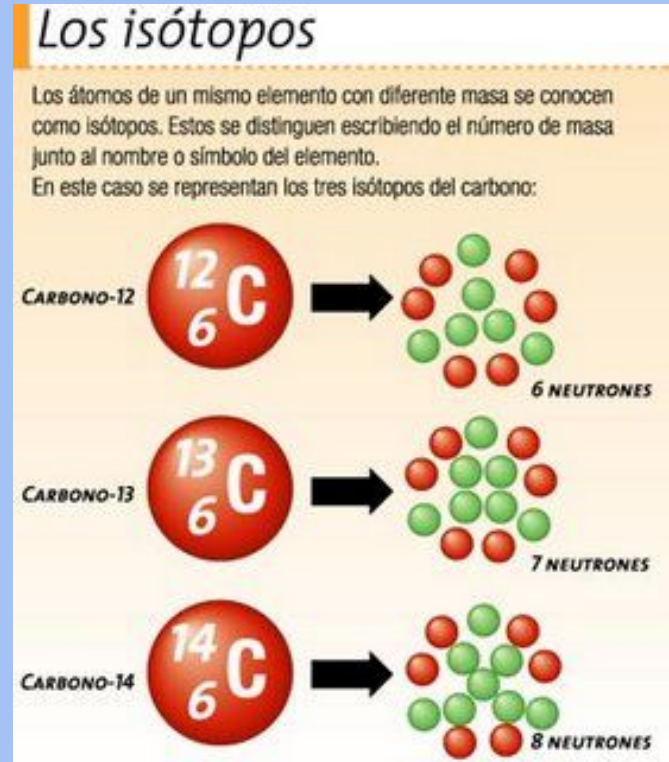


3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

Els isòtops són àtoms d'un mateix element que contenen un nombre diferents de neutrons, una de les partícules que es poden trobar en el nucli dels àtoms.

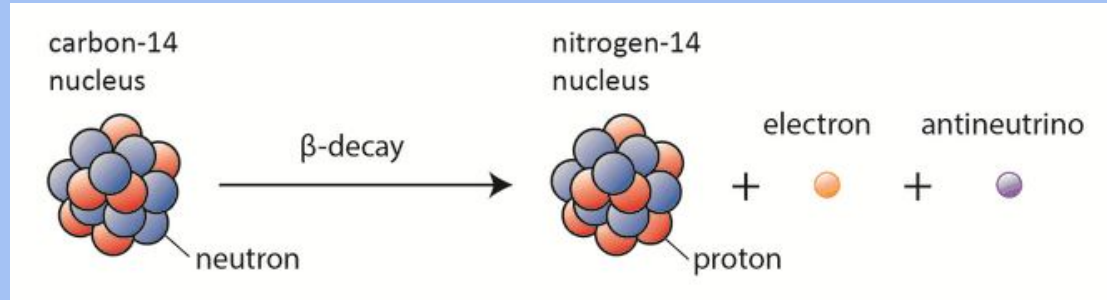
Les esferes vermelles representen els protons, que per l'àtom de carboni sempre són 6. El nombre de neutrons (esferes verdes) és variable i podem trobar 6, 7 o 8 neutrons en el diferents isòtops de carboni.



3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

Alguns isòtops són radioactius, que vol dir que són inestables i amb el pas del temps es desintegren formant un altre isòtop diferent que sí és estable.



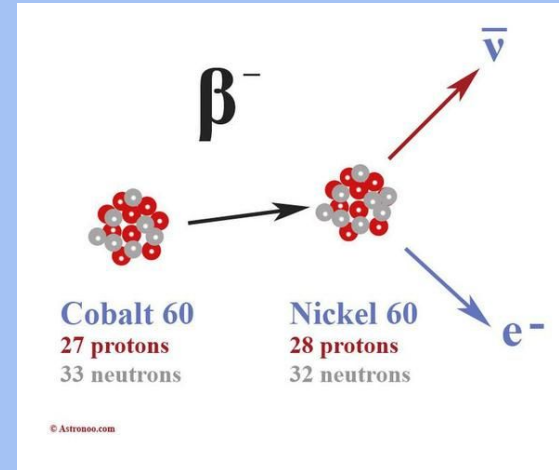
És impossible saber en quin moment un radioisòtop en concret experimentarà el fenomen de la desintegració. Però sí és possible fer un tractament estadístic per a una quantitat elevada d'àtoms radioactius. El **període de semidesintegració** és el temps que ha de transcórrer per tal que la meitat dels àtoms presents en la mostra hagin experimentat la desintegració.

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

Els àtoms que es desintegren es diuen **àtoms pare** i els resultants, més estables, es diuen, **àtoms fills** . Com que la desintegració es produeix a una **velocitat definida** per a cada àtom radioactiu, es pot utilitzar aquest rellotge atòmic per calcular l'**edat dels minerals** mesurant la proporció que tenen d' àtoms pare i àtoms fills.

Radiació beta o raigs β^- . En aquesta radiació un neutró del nucli es desintegra i es forma un protó (que es queda al nucli). El **nombre màssic** no es veu alterat però el **nombre atòmic augmenta** en una unitat.



3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

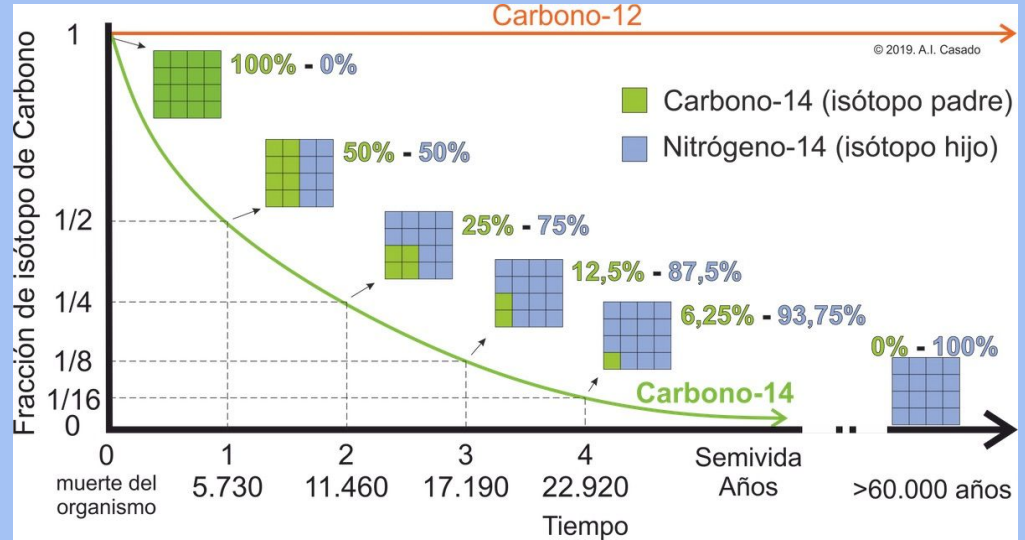
La velocitat de desintegració es mesura amb un paràmetre anomenat **vida mitjana** o **període de semidesintegració (T)** que correspon al temps que tarden a trencar-se la meitat dels àtoms pare. Per exemple, per passar a tenir la meitat d'un nombre inicial d'àtoms d'urani-235 que han passat a plom-207 han de transcórrer 713 milions d'anys que corresponent a la vida mitjana de l'urani-235.

Després de dos períodes de semidesintegració quedaran la meitat de la meitat dels àtoms, és a dir, la quarta part. Determinar la quantitat de radioisòtops determinats en una mostra (una roca o un fòssil) permet fer una estimació de la seva antiguitat. Els isòtops radioactius més inestables tenen períodes de semidesintegració (o semivides) de l'ordre de microsegons. D'altres, en canvi, són molt més estables i tenen semivides de milions d'anys.

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

Gràfica que mostra la desintegració del carboni-14 en nitrogen-14. El període de vida mitjana o de semidesintegració és de 5730 anys. El carboni-14 és molt utilitzat per datar mostres orgàniques.



3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

La fórmula que s'utilitza per calcular l'edat d'una mostra és la següent:

$$t = t_{1/2} \frac{\log \left(\frac{N_0}{N} \right)}{0.301}$$

On:

- t: edat de la roca
- $t_{1/2}$: vida mitjana
- N: massa o proporció de l'àtom pare.
- N_0 : massa o proporció de la suma de l'àtom pare i fill

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

Aquests mètode, però, té alguns inconvenients:

- S'aplica gairebé exclusivament a roques magmàtiques
- Els valors poden patir alteracions a conseqüència del metamorfisme
- Són mètodes molt costosos
- Sempre tenen cert marge d'error (per expressar el marge d'error d'una mesura de datació absoluta es fan servir el signe $\pm$. Així, el valor 356 ± 12 Ma significa que la seva edat pot estar compresa entre 368 i 344 Ma.

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

ISÒTOPS MÉS EMPLEATS EN DATACIÓ RADIOMÈTRICA		
ÀTOM PARE	ÀTOM FILL	VIDA MITJANA
^{87}Rb (Rubidi 87)	^{87}Sr (Estronci 87)	47.000 Ma
^{238}U (Urani 238)	^{206}Pb (Plom 206)	4.500 Ma
^{40}K (Potassi 40)	^{40}Ar (Argó 40)	1.300 Ma
^{14}C (Carboni 14)	^{14}N (Nitrogen 14)	5.730 a

3.2 Datació geològica. La datació absoluta

A. Isòtops radioactius

[How Carbon Dating Works](#)

[Methods of Dating the Earth Part 2: Absolute Dating \(Radiometric Dating](#)

[Everything You Need to Know About Isotopes](#)

[How Does Radiocarbon Dating Work? - Instant Egghead #28](#)

[How Do We Know How Old Things Like Dinosaur Bones Are? \(min 1:51\)](#)