

Geologia

11. Gaia: Biosferaren sorrera eta eboluzioa

Aurrekanbriarra: biosferaren sorrera



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

541 m.u.
















International Commission on Stratigraphy

August 2012



~4000 m.u.

Phanerozoic					Mesozoic					Phanerozoic					Phanerozoic					Paleozoic					Cambrian																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cenozoic					Paleogene					Paleocene					Upper					Lower					Carboniferous					Pennsylvanian					Mississippian					Tournaisian																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Quaternary					Pleistocene					Pliocene					Miocene					Oligocene					Eocene					Paleocene					Maastrichtian					Campanian					Santonian					Coniacian					Turonian					Cenomanian					Albian					Aptian					Barremian					Hauterivian					Valanginian					Berriasian																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Holocene					Upper					Middle					Calabrian					Gelasian					Piacenzian					Zanclean					Messinian					Tortonian					Serravallian					Langhian					Burdigalian					Aquitanian					Chattian					Rupelian					Priabonian					Bartonian					Lutetian					Ypresian					Thanetian					Selandian					Danian					Maestrichtian					Campanian					Santonian					Coniacian					Turonian					Cenomanian					Albian					Aptian					Barremian					Hauterivian					Valanginian					Berriasian																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP					GSSP</				

Eonothem / Eon	Erathem / Era	System / Period	GSSP	numerical age (Ma)	
Precambrian	Proterozoic	Ediacaran		~ 541	
		Neo-proterozoic	Cryogenian		~ 635
			Tonian		850
			Stenian		1000
		Meso-proterozoic	Ectasian		1200
			Calymmian		1400
			Paleo-proterozoic	Statherian	
		Orosirian			1800
		Rhyacian			2050
		Siderian		2300	
		Archean	Neo-archean		2500
				2800	
	Meso-archean			3200	
	Paleo-archean			3600	
		Eo-archean		4000	
	Hadean				~ 4600

Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages for all systems except Triassic, Cretaceous and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Triassic and Cretaceous were provided by the relevant ICS subcommissions.

Coloring follows the Commission for the Geological Map of the World. <http://www.ccgw.org>

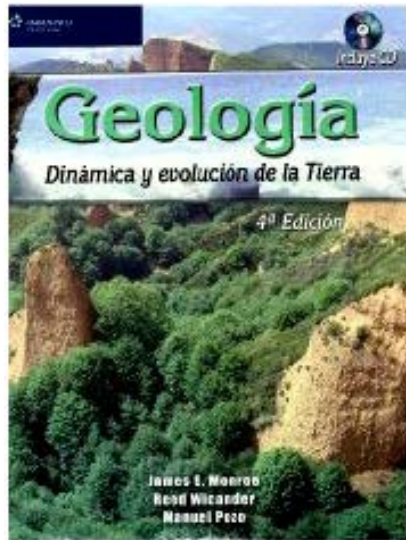
Chart drafted by K.M. Cohen, S. Finney, P.L. Gibbard
(c) International Commission on Stratigraphy, August 2012



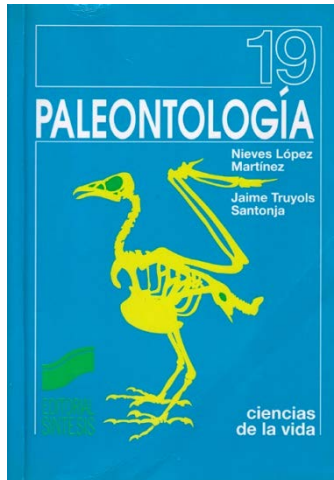
Biosferaren sorrera eta eboluzioa

- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko nagusiak
- Biziaren (biosferaren) sorrera
- Atmosfera oxidatzailearen bidea
- Eukariotoen sorrera
- Aurrekanbriarreko erregistro fosila

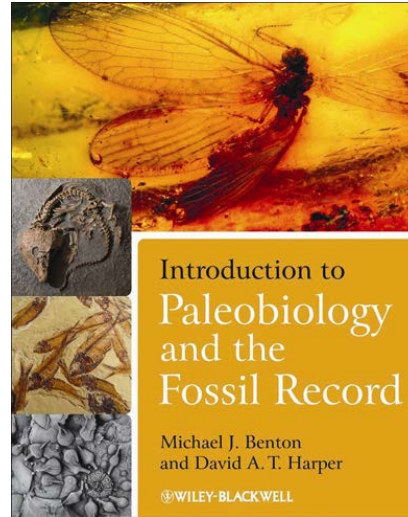
Bibliografia



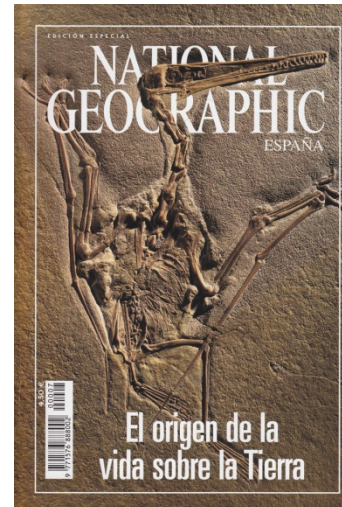
Monroe, J. S., Wicander, R., Pozo, M. (2008). Geología dinámica y evolución de la Tierra. Cengage Learning Paraninfo, S. A. (4ª edición), 726 pp.



López-Martínez, N. & Truyols, J. (1994). Paleontología. Ed. Síntesis, Madrid, 334 pp.



Benton, M., Harper, D. A. (2009). Introduction to Paleobiology and the Fossil Record. Wiley-Blackwell, Oxford, 592 pp



National Geographic (Edición Especial) 2002

DVD



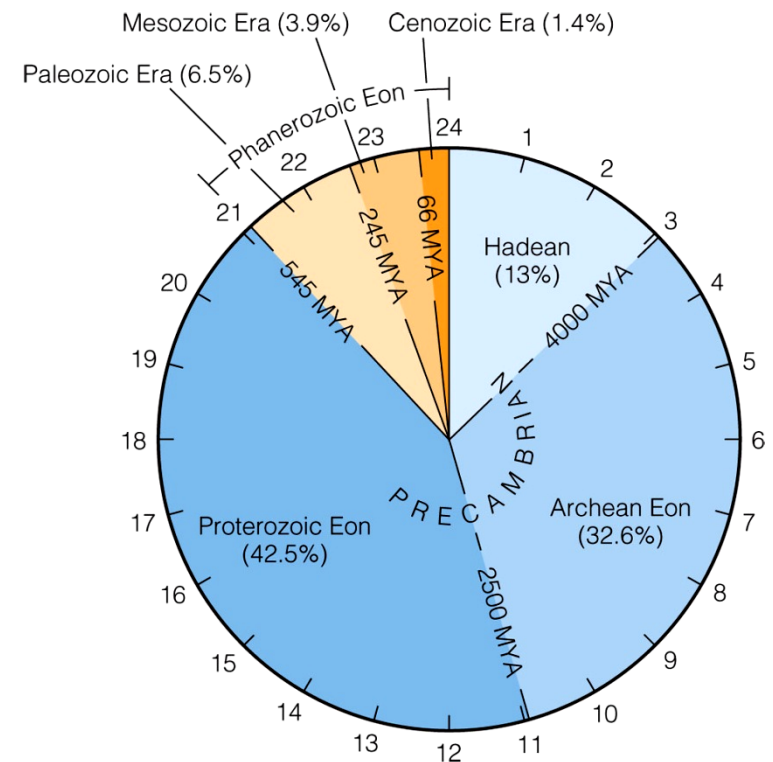
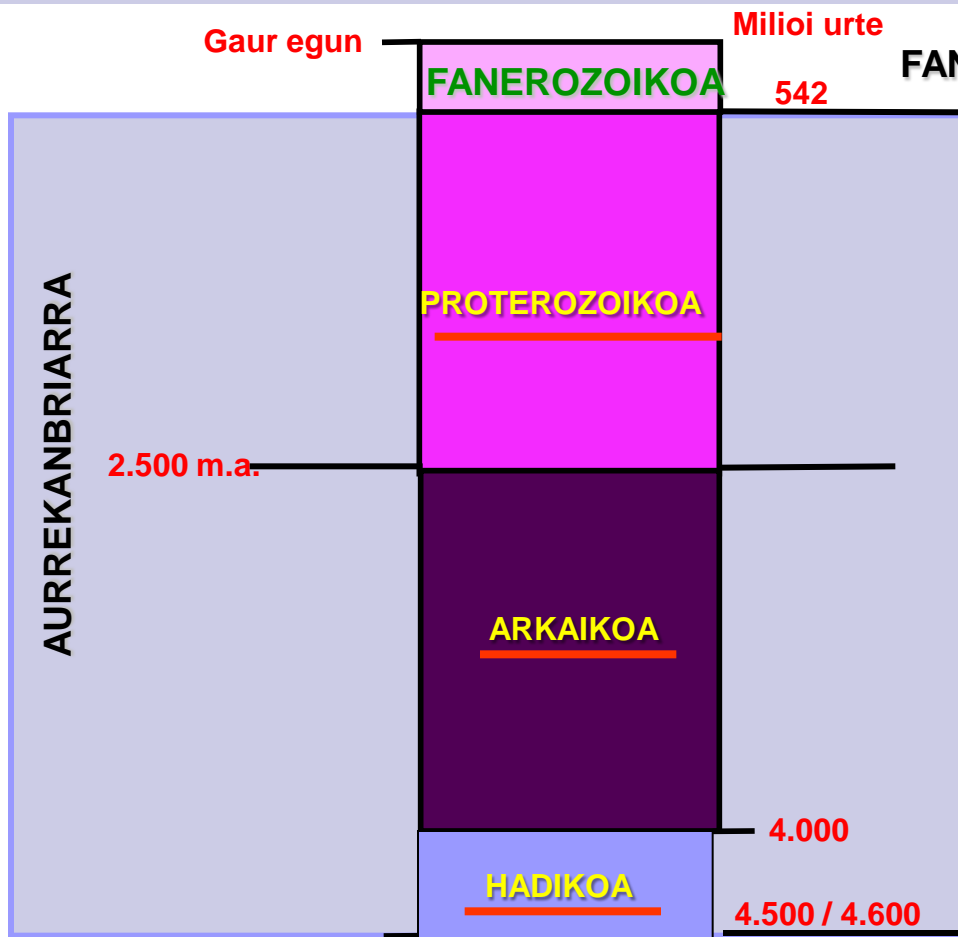
Investigación y Ciencia (Temas 52) 2008

Erregistro fosila eta Paleontologia

- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko nagusiak
- Biziaren (biosferaren) sorrera
- Atmosfera oxidatzailearen bidea
- Eukariotoen sorrera
- Aurrekanbriarreko erregistro fosila

AURREKANBRIARRA (~ 4000 m.u.; historia geologikoaren %88a)

Lur Planetaren sorrera eta bizitza sortu zen Aurrekanbriarrean. Erregistro geologiko urrikoa da Fanerozoikoarekin konparatuz. Bizitzaren historiako gertakari nagusienak eman ziren, batez ere Proterozoikoan, eta prozesu geologiko garrantzitsuak azaldu zireneko garaia da ere, Lurraren (eremu magnetikoa, mantua, lurrazala), atmosfera eta hidrosferaren sorrera, plaken tektonika martxan jarri zen, etb.



HADIKOA (~ 4600-4000 m.u. bitartea) (1)



Lur planetaren sorrera (1. go kapitulua)



© 2006 Brooks/Cole - Thomson

Grekeraz *Hades* Greziar inframundua edo Infernua esan nahi du.

- Eguzki Sisteman zeuden **astro ezberdinen talkaren ondorioz, akrezio eta agregazio prozesuen bidez hazi edo sortu zen Lurra** eta baita Ilargia.
- Meteorito handi eta ugariren jaurtiketa jarraiek eta Lur barnetik **desgasifikazio prozesuen bidez** askatutako bero izugarria dela eta **Lurreko T^a oso handia zen.**
- Ilargiaren lurrazalaren gainean beha daitezke garai hartan jauzitako meteorito ugariren kraterak.



HADIKOA (~ 4600-4000 m.u. bitartea) (2)

Atmosfera Primitiboa

- **Desgasifikazio prozesuaren ondorioz, atmosfera primitiboa sortu zen**, anaerobioa, beraz ozono geruza gabekoa eta erradiazio ultramorea intentsuarekin. Nitrogeno, hidrogeno, karbono monoxido eta dioxidoa, amoniakoa, metanoa eta ur-lurrunaz osatua zegoen atmosfera primitibo hori batez ere.

Ozeanoanoaren sorrera

- Lurra hoztu zenean ur-lurrunaren kondentsazioz lehendabiziko prezipitazioek, Lurra sortu eta berehala, **Hidrosferaren sorrera** (ozeanoena batez ere) eman zen, uraren zikloa hasiz.



HADIKOA (~ 4600-4000 m.u. bitartea) ⁽³⁾

- **Hadiko berantiarrean** meteoritoen jaurtiketa bortitza bukatu zenean, **Lurra hoztu zen eta Lurrean nukleo metalikoa** (eremu magnetikoa sortuz), **mantua eta lurrazala diferentziatu ziren**.
- **Arrokarik zaharrenak ~ 4200 eta 3960 m.u.-koak** (Australia eta Kanadan) eta **lehendabiziko formazio geologikoak** duela **3800 m.u.-koak** (Groelandian: **Isua Taldea** bezala ezagutzen dena).
- **Hadiko berantiarrean litosfera zatiak** existituko zirela uste da eta **Plaken Tektonika** martxan jarrita egongo zela.



ARKAIKOA (~ 4000-2500 m.u. bitartea) (1)

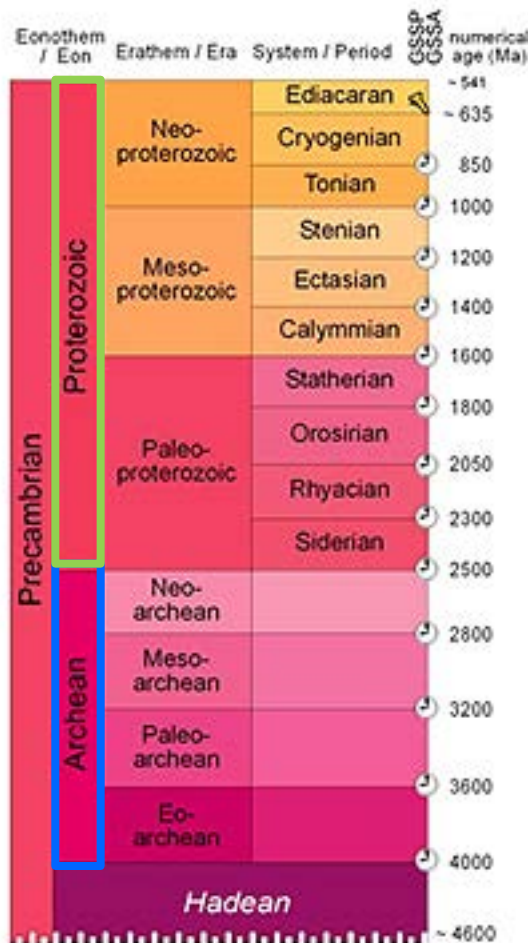
PROTEROZOIKOA (2500-542 m.u. bitartea) (1)

■ Proterozoikoa eta Arkaikoko bereizteko arrazoiak:

- **GEOLOGIKOAK:** Arkaikoan garatu zen lurrazala oso desberdina da Proterozoikoan zegoenarekiko; Arkaikoan arroka gehienak metamorfismo bortitza jasandakoak dira. Proterozoikoan arroka sedimentarioak ugariagoak dira Arkaikoan baino.
- **BIOLOGIKOAK:** Arkaikoan bizitza azaldu zen. Biosferaren sorrerarako Hadikoan sortutako hidrosfera eta atmosfera ezinbestekoak izan ziren.

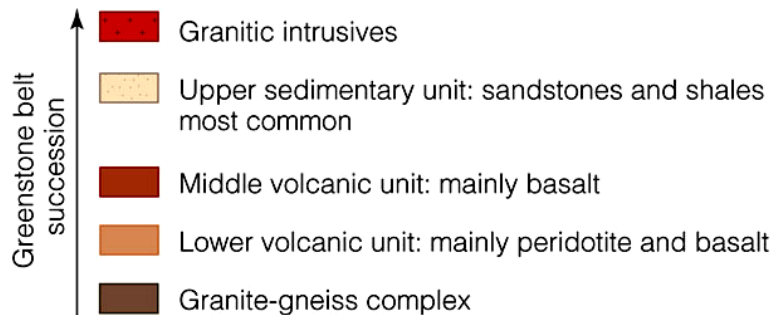
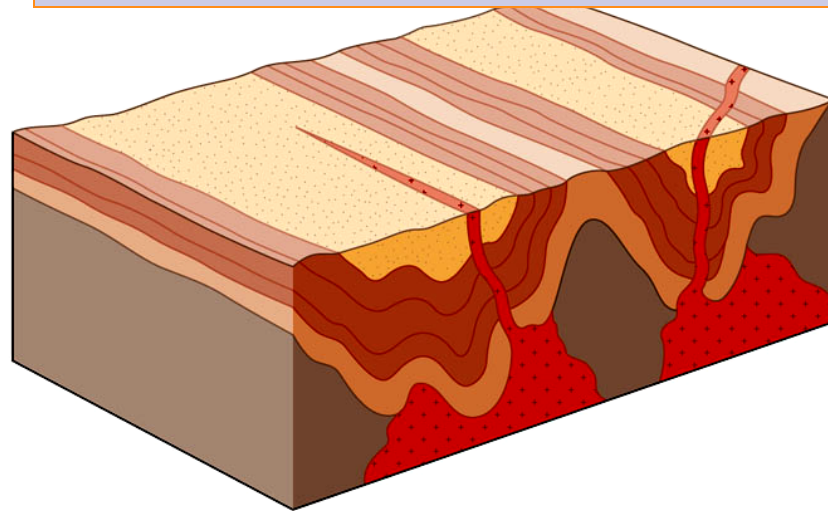
Arkaikoko bizidunak unizelular prokariotoak izango dira eta **ugarienak estromatolito bioeraikitzaileak** ziren. Azken hauek Arkaikoaren bukaeran atmosfera oxidatzailea bihurtuko dute.

Proterozoikoan unizelular eta multizelular eukariotoak azaldu ziren..



- **Arrokarik arruntenak:** granitoa, gneisa eta **arroka berdeen gerrikoa (Greenstone Belt)***. Proterozoikoan urriagoak.

Arroka berdeen gerrikoak. Arkaikoan ugari ziren arroka mafikoak dira, segida ultramafiko bolkanikoetan metamorfisismo aldakorra erakusten dutenak eta arroka sedimentarioei lotuta doazenak granito eta gneiss-en bitartean.



(a)



(b)

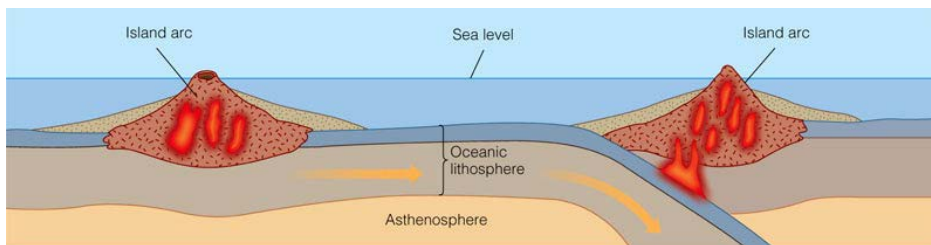


(c)

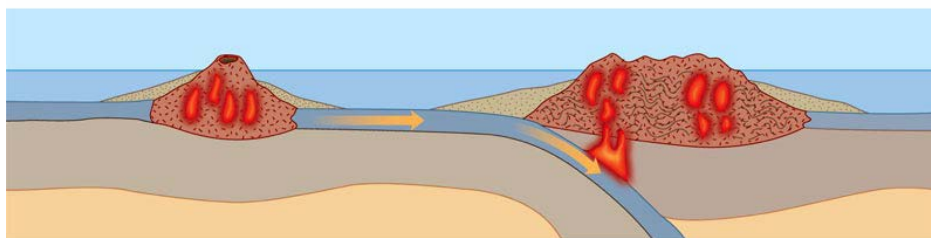
(a) Arroka berdeen gerriko biren geruzapena

(b) Arroka berdeen gerrikoan azaldu ohi diren kuxin labak, Ispheming, Michigan.

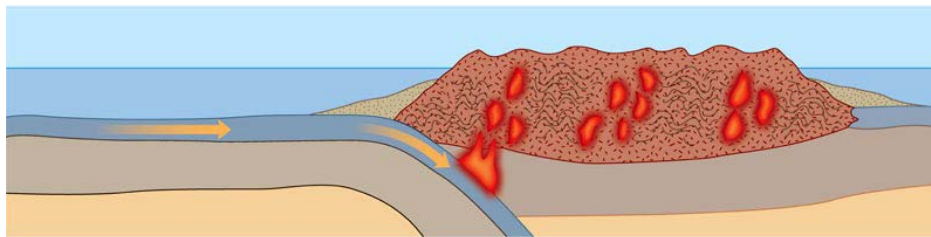
(c) Arroka berdeen gerrikoetan azaldu ohi diren gneisak, Ontario, Kanada.



(a)



(b)



(c)











© 2006 Brooks/Cole - Thomson

(a) Bi plaka desberdinetako **arku-irlak** bata bestearengana hurbiltzen dira. (b) a-n azaltzen diren bi arku irla hauek elkarrekin talka egiten dute eta tamaina handiagoko lurrazal kontinental bat sortuko dute, beste arku-irla bat berarengana hurbilduz eta prozesua errepikatuz (c).

■ **Arkaikoan (eta Proterozoikoan) Plaken tektonika prozesua Fanerozoikoan baino azkarragoa zela uste da**, Lurraren barnealdetik askatutako bero erresiduala eta azaleratzen zen magma ultrabasikoa ugariago baitzen, plaken plastizitatea edo/eta higidura erraztuz.

■ **Kontinenteen sorrera beraz azkarragoa zen**: kontinente ertzak arku-irlekin edo beste plaka kontinentalekin jasandako talkak ugariak ziren eta.

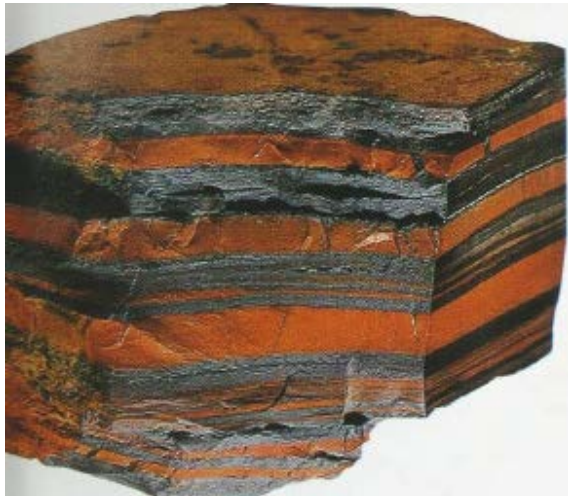
■ **Agian Goi Arkaikoan superkontinenteren bat existitzen zen baina ez dugu honen froga geologiko fidagarriarik.**

	Eonothem Eon	Eratthem Era	System Period	Age Ma	GSSP GSSA
Precambrian	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	542	         
			Cryogenian	~635	
			Tonian	850	
		Meso-proterozoic	Stenian	1000	
			Ectasian	1200	
			Calymmian	1400	
		Paleo-proterozoic	Statherian	1600	
			Orosirian	1800	
			Rhyacian	2050	
			Siderian	2300	
	Archean	Neoarchean		2500	
		Mesoarchean		2800	
		Paleoarchean		3200	
		Eoarchean		3600	
		Hadean (informal)		4000	
				~4600	

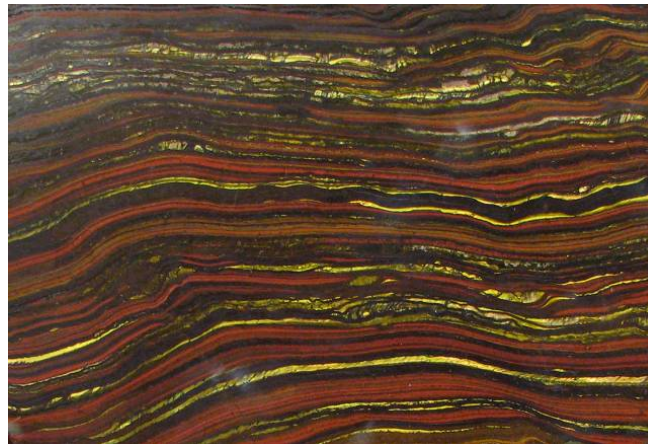
- **Arroka berdeen gerrikoen** formazioen sorrera gutxitzen da Arkaikoarekin konparatuz.
- **Ostera, arroka sedimentarioak** ugariagoak dira.
 - **Arruntenak:** kontinenteen ertz pasiboetan jalkitako arroka sedimentarioak, harearri-karbonatolutita multzoez osatuta.
 - Ezagunenak BIF formazioak**
- **Kontinenteen tamaina** handituko da.
- **Paleozoikoan** ezagutzen dugun Pangea superkontinentea baino aurretik Goi Proterozoikoan beste superkontinente batzuk existitzen zirela uste da (Rodinia, Panotia).

BIF (*Banded Iron Formation*): geruza ilun (burdin oxidoz osatua) eta argien (silex metakinak) txandakapena erakusten duen segidaz osatutako Aurrekanbriarreko arroka sedimentarioak dira.

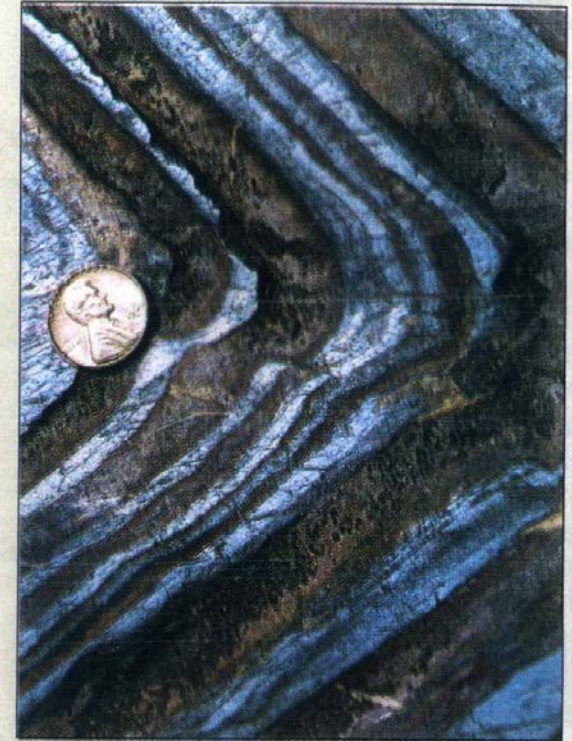
Zaharrenak duela 3800 m.u.koak dira baina erregistro gehiena Proterozoikokoan (~2400-2500 m.u.) behatu da.



Australia (7cm-tako lodiera)



BIF (Banded Iron Formation) Mount Brockma (W Australia).



Layer cake of life? Light layers in banded iron formations like this one have the isotopic signatures of life.

Erregistro fosila eta Paleontologia

- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko nagusiak
- Biziaren (biosferaren) sorrera
- Atmosfera oxidatzailearen bidea
- Eukariotoen sorrera
- Aurrekanbriarreko erregistro fosila

Zer da bizidun bat edo nola definitu bizia?
Non eta **noiz** sortu zen bizia Lurrean?
Zein da fosilik zaharrena?

Bizia edo biziduna: ugaltzeko ahalmena eta metabolismoa duen sistema kimiko autonomoa da (Eigen, 1995).

Noiz? Datu paleontologikoak: Fosilik zaharrenak duela 3800 m.u.koak (fosil kimikoak) eta 3500 m.u.-koak (gorputz fosilak: estromatolitoak).

Non? Ingurune urtarrean, baina ozeanoaren gainazaleko kaldo primordialean, izotzeko ur tantetan, edo fumarola termikoetan itsas sakonean?

Biziaren sorrera

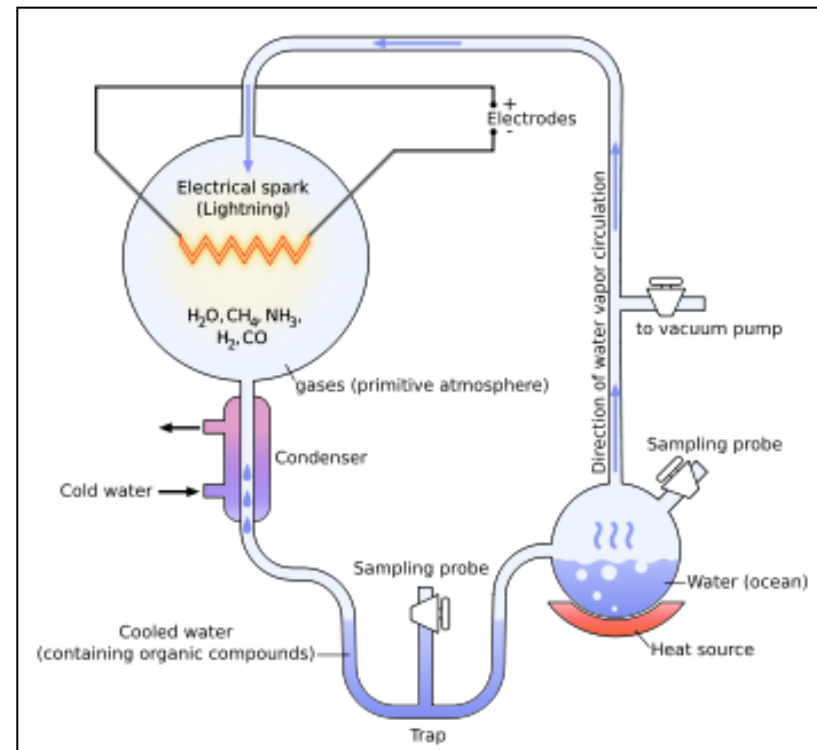
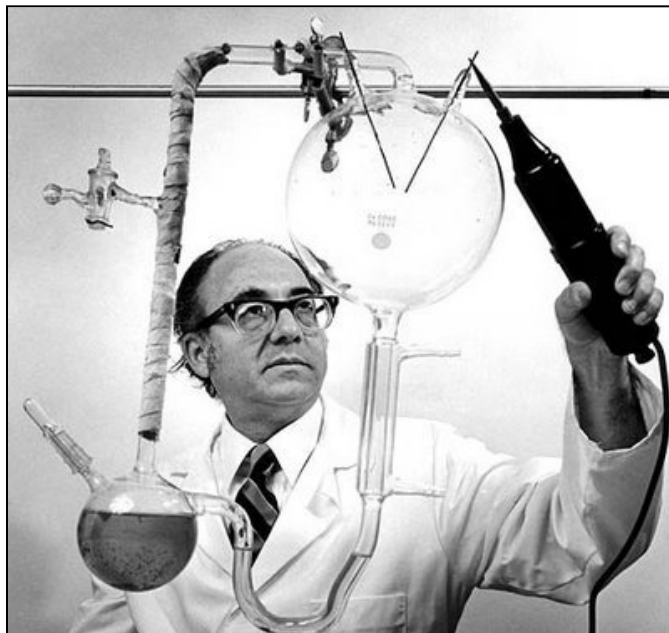
- **1920an A. I. Oparin** biokimiko errusiarrek eta **J. B. S. Haldane** genetikari Britaniarrak laborategian atmosfera eta ozeano primitiboa simulatuz osagai organikoak artifizialki ekoiztu ahal zirela proposatu zuten.
- **1953an Stanley Miller** eta **Harold Urey**-k o Oparin eta Haldan-ek esandakoa frogatu zuten, osagai organikoak (aminoazidoa, formaldehidoa, etb.) artifizialki ekoiztuz laborategian.



A.I. Oparin



J.B.S. Haldane



Osagai organiko sinpleetatik (monomeroak) konplesuetara (polimeroak) eta horietatik biziduna, hots zelula, (ugalketa eta metabolismoa duen sistema kimiko autonomoa) sortzeko zeintzuk izan ziren hurrengo pausuak?

Zelularen ugalketan DNA erreplikatzen da, baina honen sintesirako entzima (proteina) berezi batzuen beharra dago. Beraz, zein ekoiztu zen lehenengo, proteina bezalako polimero bat edo hori ekoizteko beharrezkoa den material genetikoa (DNA)?

Bi hipotesi

Jatorrizko RNA-tik abiatuz

RNA-tik abiatuz. RNA-ak autoerreplikatzeko ahalmena duenez, hau sortuko zen lehendabizi. S. Miller-en esperimentuetan, ordea, C gutxiko polimero txikiak ekoiztu badira ere, nukleotidoak edo bestelako polimero handiak, RNA ekoizteko beharrezkoak, ez dira artifiziaiki ekoiztu. Gainera naturan, helize bikotza duen RNA material genetikotik aparte, bestelako konbinazio posible gehiago existitzen dira. Beraz, zergatik azaldu zen RNA eta ez beste konfigurazio bat duen material genetikoa?

Metabolismotik abiatuz

Biziaren sorrera material genetikoak (DNA, RNA)-k ez zuen baldintzatu **baizik termodinamikak (Sistema irekien Teoria jarraituz)**. Molekula organiko txikiak orekatik urrun (entropia gutxi) dagoen sare metaboliko bat eratuko dute, mintz lipidikoz osatutako eremu batekin babestuta egongo dena eta materia eta energia elkartrukeak emateko balio zuena. Sistema ireki honek, kanpo energia eta katalizatzaileen laguntzaz, autoerreplikatzeko eta autoerregulatzeko ahalmena izango zuen sistema kimiko autonomo bat (zelula) izatera helduz. Elementu katalizatzaile hauek (mineralak, ?pirita, buztina?) itsas hondoko fumarola termikoetan aurki zitezkeela uste dute autore batzuek.

Erregistro fosila eta Paleontologia

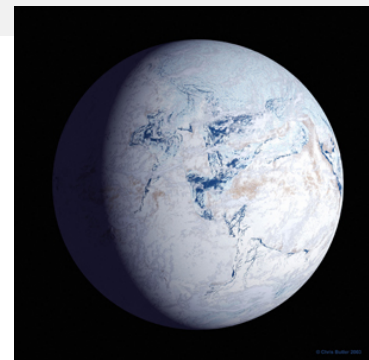
- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko nagusiak
- Biziaren (biosferaren) sorrera
- Atmosfera oxidatzailearen bidea
- Eukariotoen sorrera
- Aurrekanbriarreko erregistro fosila
- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko eta biologiko nagusien laburpena

- Nahiz eta Arkaikoaren hasietarik estromatolitoen bioerakitzailak ziren prokariotoen (zianobakterioen itxurakoak) fotosintesia aktibitateaz O_2 -a askatu atmosferara, itsasoan burdinarekin eta sufrearekin konbinatuko litzateke, itsas hondoan burdin oxidoak jalkiz eta BIF arroka sedimentarioak sortuz.
- BIF arroken desagertzea erregistro estratigrafikotik eta lehendabiziko oxigeno librearen emendapena atmosferan (GOE/Great Oxigenation Event) koinziditzen dute.

Lehenengo GOE: duela 2200 m.u. inguru. %1 O_2 lortuz atmosferan, ozono hasiberria azalduz.

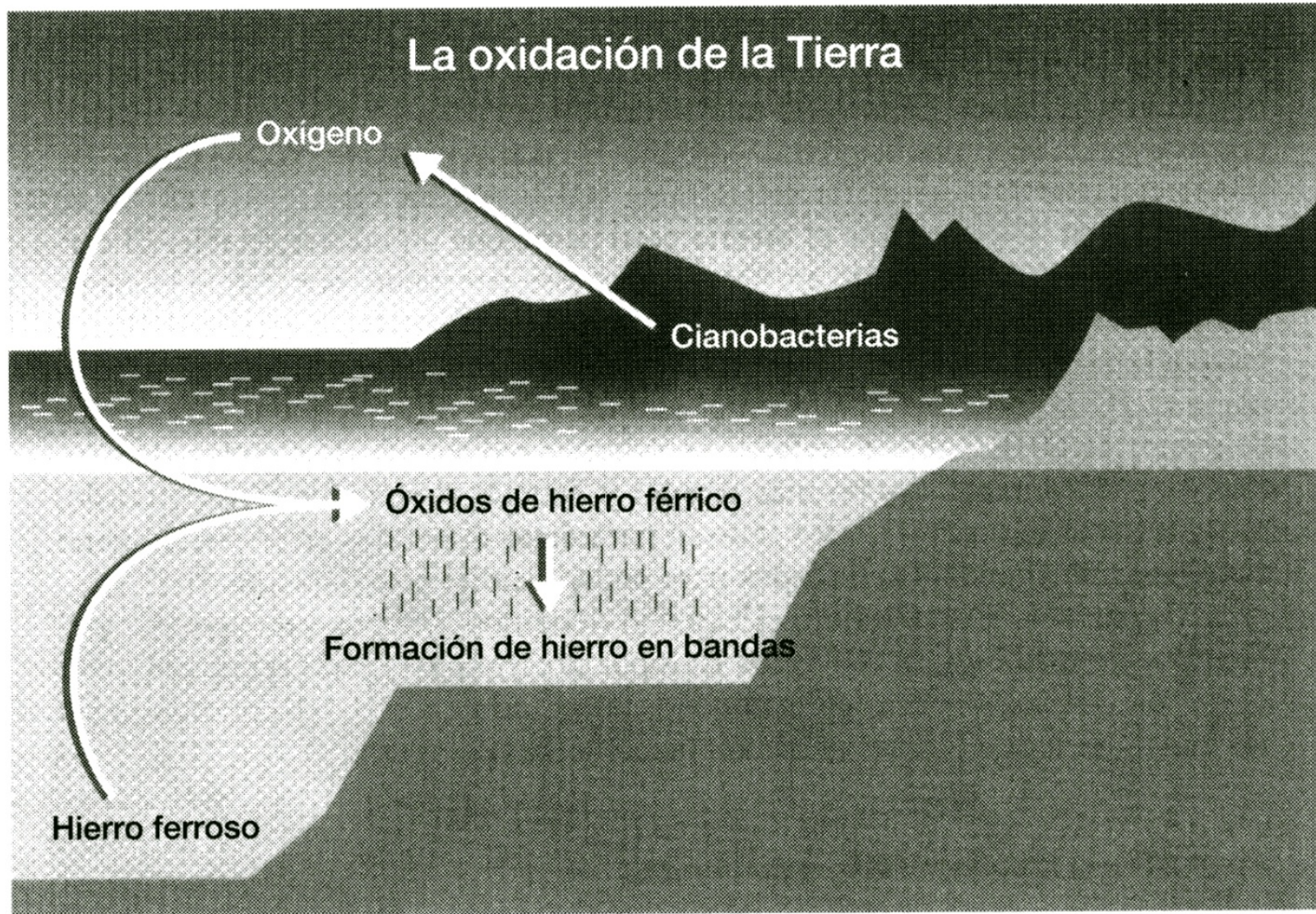
Bigarren GOE: duela 800-600 m.u. bitartean, %7 O_2 lortuz atmosferan.

Bi GOE prozesu hauek Lurrean emandako bi glaziazio nabarmenen (globala?) ostean azaltzen dira; bata behe Proterozoikoan (duela ~2500-2400 m.u.) eta bestea goi Proterozoikoan (duela ~800 m.u.)



Snow ball

(autore guztiak ez datoz bat globala izan zenarekin)



(Schopf, 1999)

FIGURA 6.2. La Tierra se oxidó a medida que el hierro de las profundidades oceánicas se oxidaba y precipitaba dando lugar a las formaciones de hierro en bandas. **BIF arrokak sortuz**

Bi GOE prozesuek Biosferaren garapena (dibertsifikazioa) ekarri zuen; bizitzaren historian zehar emandako bi pausu ebolutibo garrantzitsu bultzatuz:

- Lehengo GEO ostean Zelula prokariotoetatik eukariotoen agerpena eman zen.

Lehendabiziko bizidun unizelular eukariotoen fosilak, **Arkritrarkoak**, duela 2000-1800 m.u.-koak dira.

Eta ondoren:

- Lehendabiziko bizidun multizelularren (datu paleontologikoen arabera) eta ugalketa sexualaren (genetika molekularren arabera) agerpenan, duela 1200 m.u.

- Bigarren GEO ostean bizidun multizelular makroskopikoen agerpena eta dibertsifikazioa:

Ediacara Biota edo Biota Vendiarra, duela 600-700 m.u. bitartean.

Eta ondoren:

- Fanerozoikoaren atarian, **Proterozoiko berantiarrean** eskeletu kaltzifikatua duten bizidunak, simetria bilateraldun eta benetako eskeletua duten lehendabiziko metazooak azaldu ziren (*azkeneko diapoetan*).

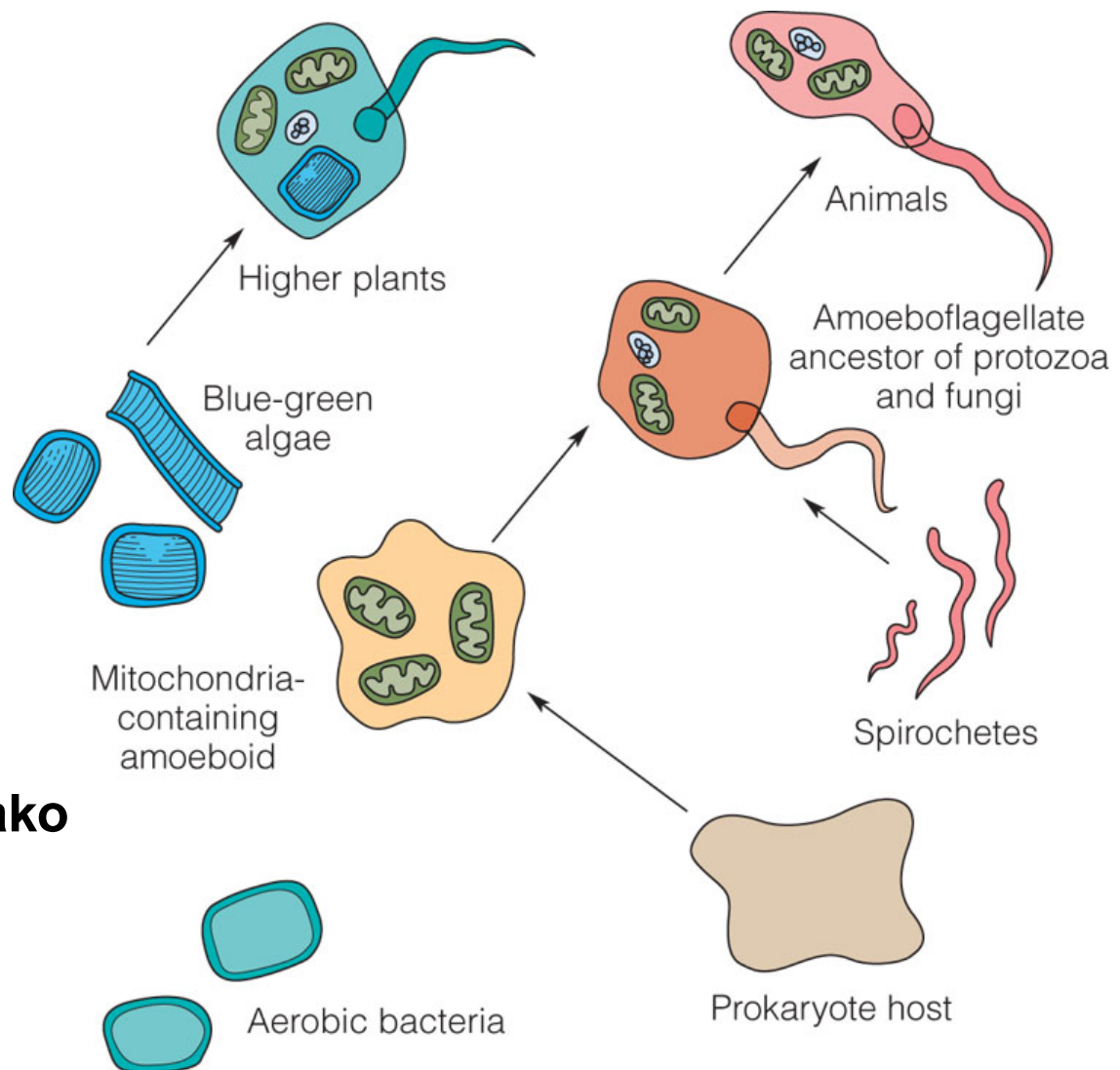
Erregistro fosila eta Paleontologia

- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko nagusiak
- Biziaren (biosferaren) sorrera
- Atmosfera oxidatzailearen bidea
- Eukariotoen sorrera
- Aurrekanbriarreko erregistro fosila



Lynn Margulis (*in memoriam*)

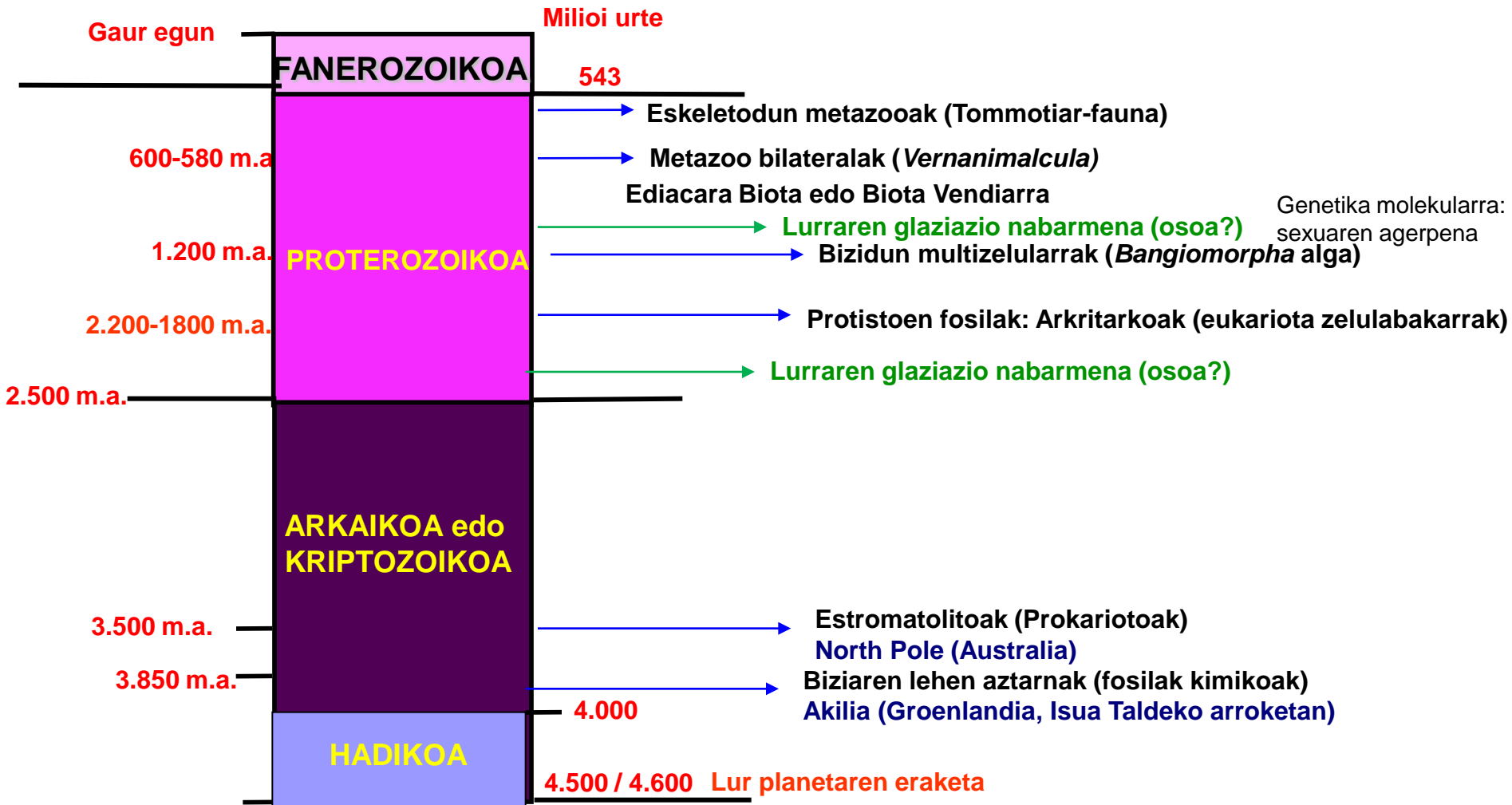
**Zelula eukaritoaren sorrerako
proposatutako hipotesia:
Endosimbiosi seriala
(Margulis, 1967):**



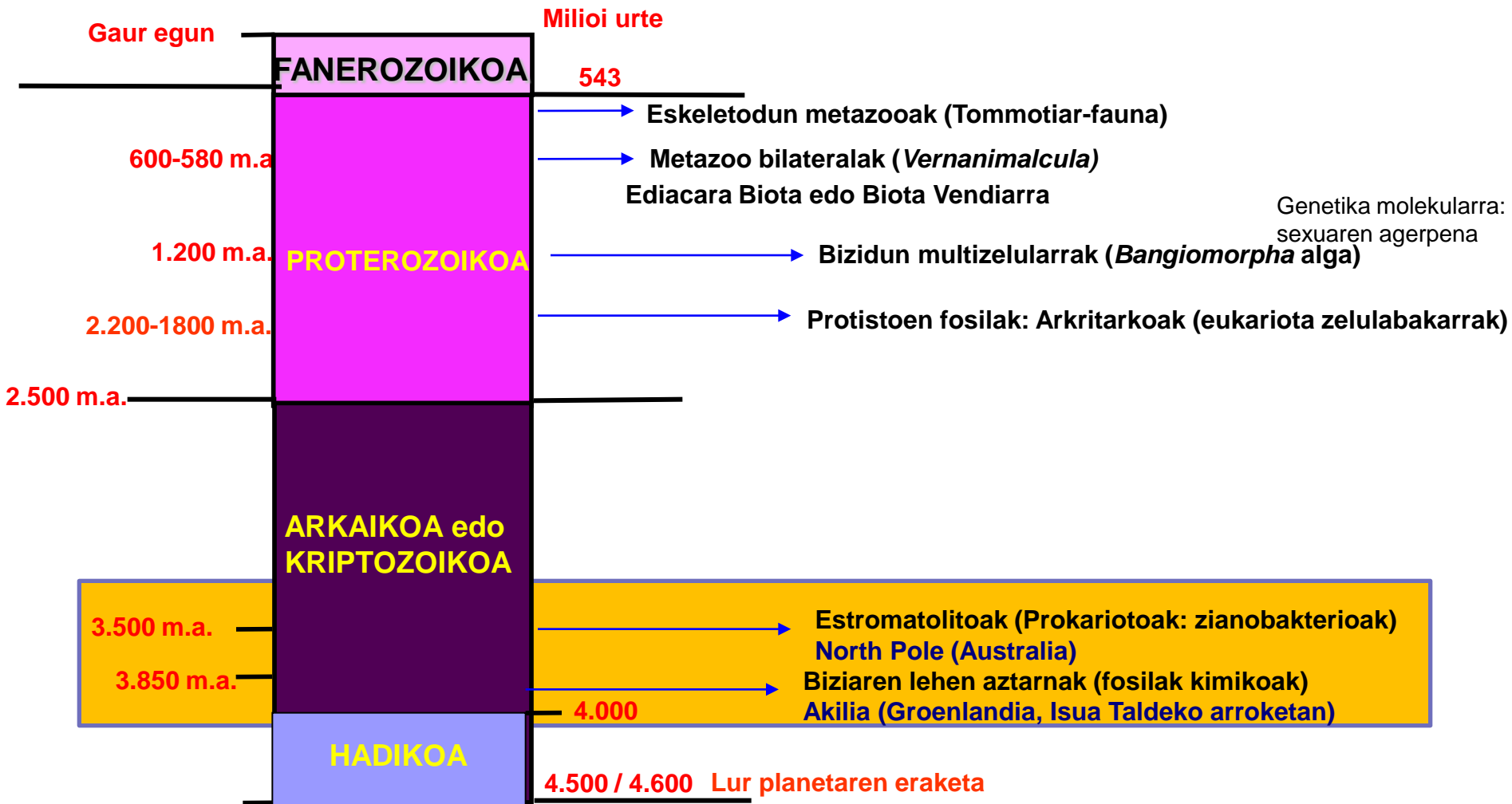
Erregistro fosila eta Paleontologia

- Aurrekanbriarreko gertaera geologiko nagusial
- Biziaren (biosferaren) sorrera
- Atmosfera oxidatzailearen bidea
- Eukariotoen sorrera
- Aurrekanbriarreko erregistro fosila

Aurrekanbriarreko erregistro fosila



Aurrekanbriarreko erregistro fosila: **ARKAIKOA**

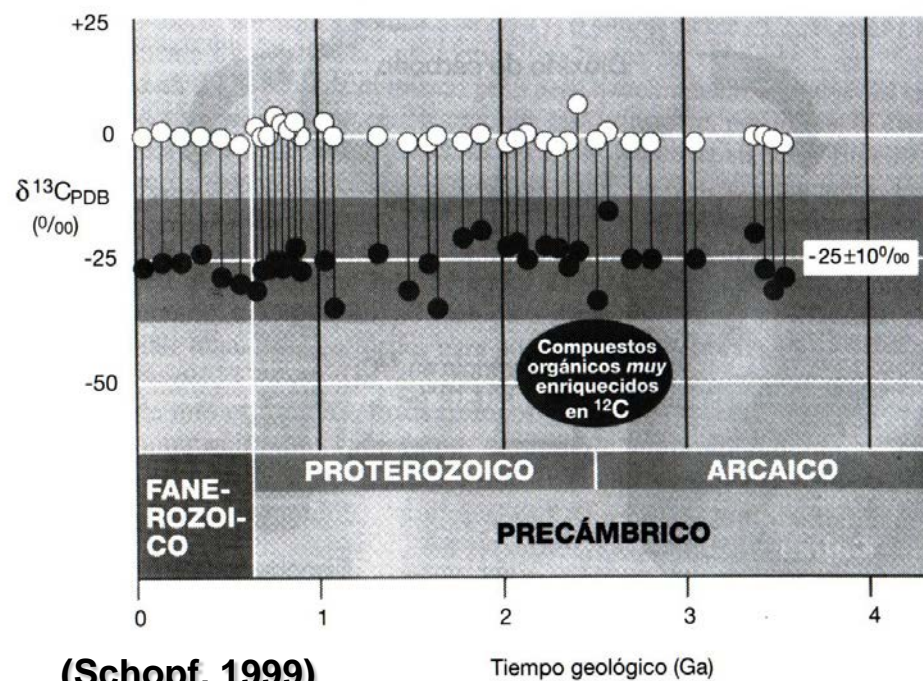


Aurrekanbriarreko erregistro fosila: ARKAIKOA ⁽¹⁾

■ 3800 m.u.

- Groelandian Isua Taldeko arroketan aurkitutako **fosil kimikoak** (Bizidunen aktibitate metabolikoaren ondorioz sortutako seinale isotopikoak) biziaren testigantza zaharrenak omen dira.

Composición isotópica del carbono en la roca caliza (○)
y en el carbono orgánico (●)



(Schopf, 1999)

FIGURA 6.4. La signatura isotópica de carbono de la fotosíntesis se extiende hasta hace 3.500 Ma.



Metabolismoaren froga
isotopikoak ($\delta^{13}\text{C}$, ^{32}S , ^{12}C)

Aurrekanbriarreko erregistro fosila: ARKAIKOA (2)

■ 3500 m.u.

- **Estromatolito fosilak (MIKROBIALITAK*)**, bizidun prokariotoak (egungo zianobakterio fotosintetisatzaileen antzekoak?). **North Pole (Australian).**

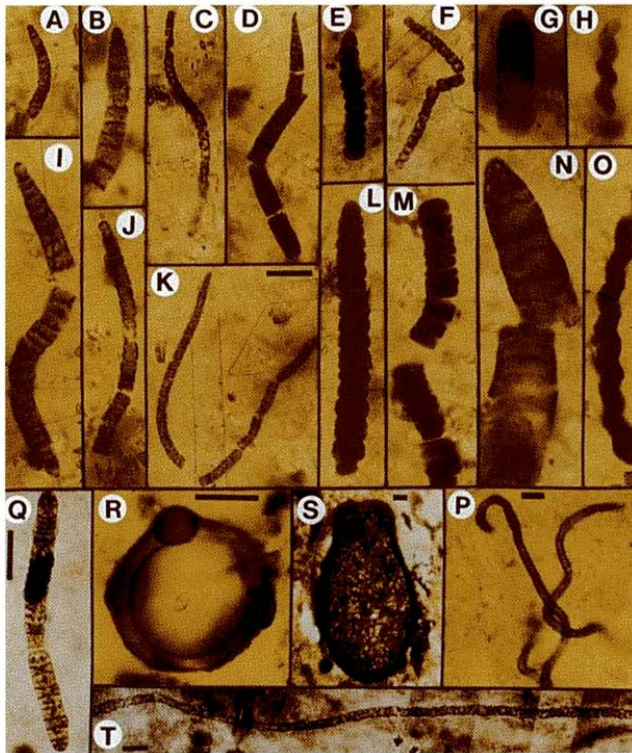


LÁMINA 1. *Microbios petrificados en sílex*. Las cianobacterias filamentosas son abundantes en los estromatolitos de sílex de la Formación Bitter Springs, de hace 850 Ma (A-P), de la Formación Barney Creek, de hace 1.500 Ma (Q), y de la dolomita Skillogalee, de hace 770 Ma (T) de Australia. Entre los fósiles raros en estromatolitos se cuenta el esferoide de doble capa en (R) de la Formación Gunflint de Canadá, de hace 2.100 Ma, y el protozoo en forma de jarrón en (S), de la Formación Kwagunt de Arizona, de hace 850 Ma. (A, B, I y J) *Cephalophytarion*; (C y K) *Cyanonema*; (D) *Caudiculophycus*; (E y L) *Filiconstrictus*; (F) *Veteronostocale*; (G) *Palaeolynghya*; (H y O) *Heliconema*; (M y Q) *Oscillatoropsis*; (N) *Obconicophycus*; (P) *Eomycetopsis*; (R) *Eosphaera*; (S) *Melanocyrtium*; (T) tricoma sin nombre formal. [Como los filamentos son tridimensionales y sinuosos, la mayoría se muestran en montajes fotográficos. Las barras de escala representan 10 µm; la barra de (K) indica el aumento de (A) a (O).] (Schopf, 1999)



North Pole (Australia)

Estromatolitoak Arkaikoan eta Behe Proterozoikoan ugariak dira baina Goi Proterozoikoan gutxitzen hasten dira nabarmenki.

MIKROBIALITAK

Sedimentu-ale eta mikrobioen interakzioz sortutako **egitura organosedimentario edo bioeraikuntza karbonatua** (*Microbial carbonates*). Aurkezten duten egituraren arabera, mikrobialita mota desberdinak bereizten dira: **egitura laminarra dutenak estromatolitoak** (zutabeak erakiz) eta **onkolitoak** (forma subesferikoa) eta **grumoak** osatuz, **tronbolitoak** (egitura laminar gabe) azaltzen direnak.

Estromatolitoak dira Lurraren historian azaldutako lehendabiziko bioeraikuntzak.

Onkolitoak



Paleozoikoa (Goi Devonikoa)

Alamo Bolide impact breccia
(Guilmette Fm., Pahrnagat Range,
Nevada)

Estromatolitoak



G. E. Estromatolitoak
(Shark Bay, Australia mendebaldea)

Tronbolitoak



Newfoundland - Flower's Cove - Canada
Trombolites

ESTROMATOLITO MOTAK

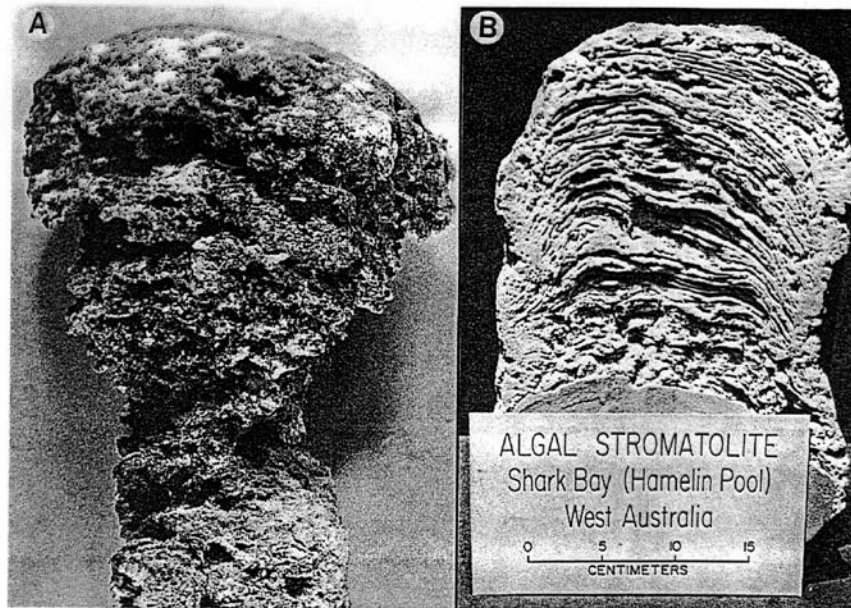
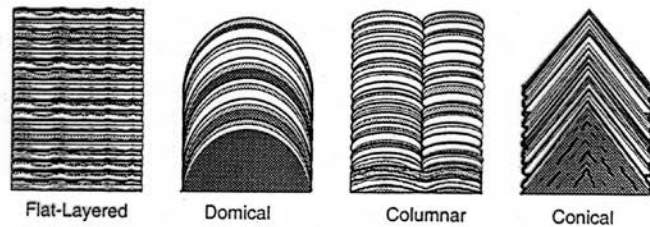


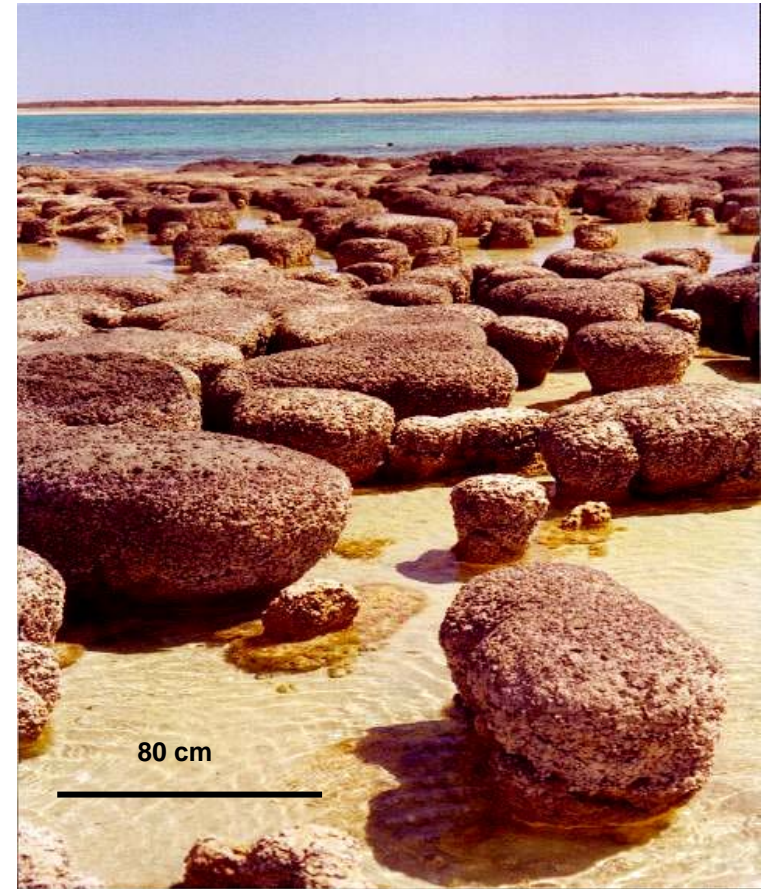
Figure 7.5 The rocky columnar stromatolites at Shark Bay on Australia's west coast have a rough, gnarly growth surface (A) that masks an ordered, many-layered interior (B) made up of a stacked sequence of earlier growth surfaces.



TYPES OF STROMATOLITES

Figure 7.6 Depending mainly on the setting in which they form, stromatolites can be flat-layered, domical, columnar, or conical.

(Tomado de Schopf, 1999)



G. E. Estromatolitoak
(Shark Bay, Australia mendebalde)

Aurrekanbriarreko estromatolitoak

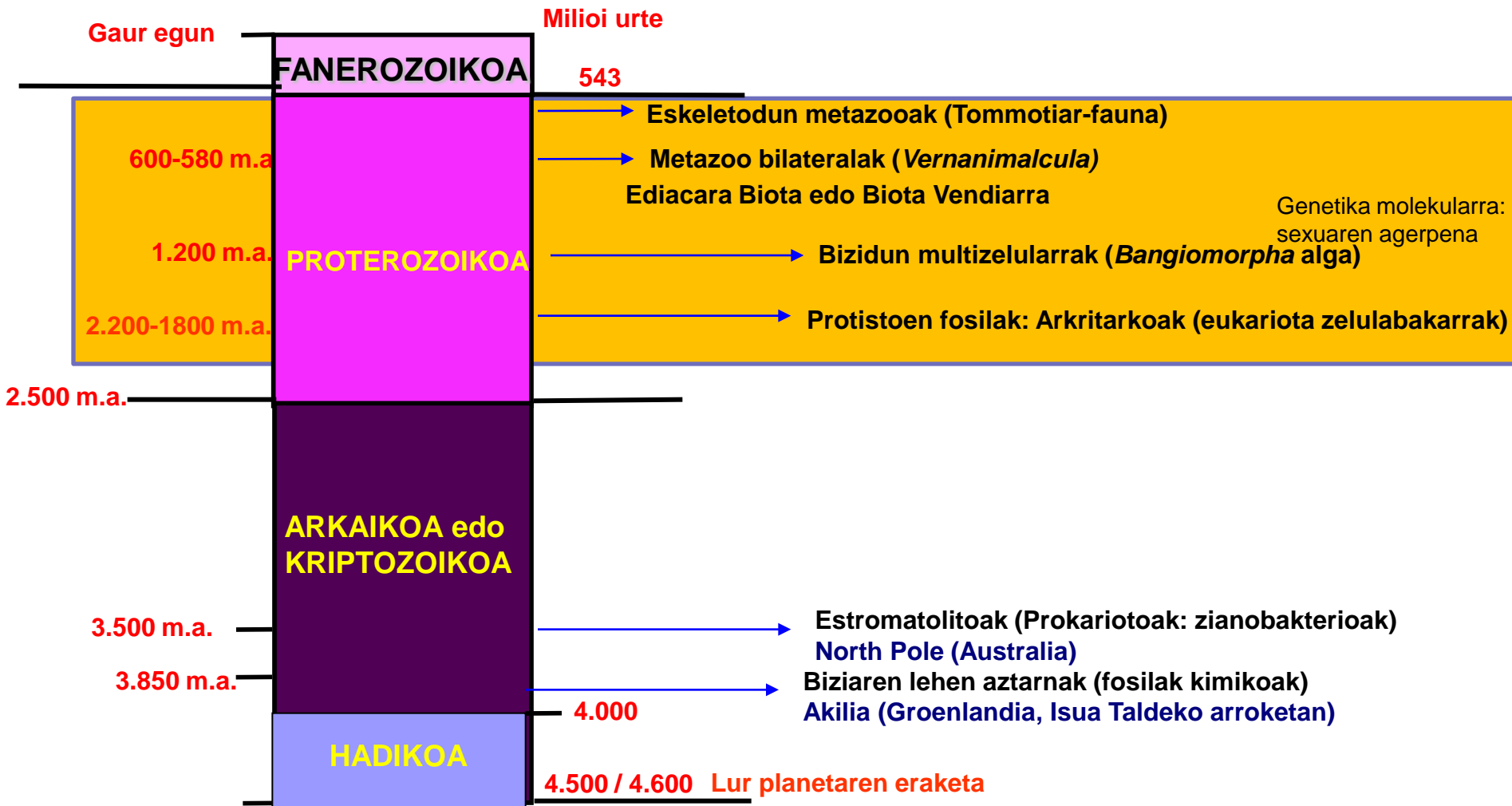


(Gindalbie Fm., WA, 2400 m.u.)



Erdi Protezoikoa (1450-1100 m.u.). Glacier National Park, Montana (USA)

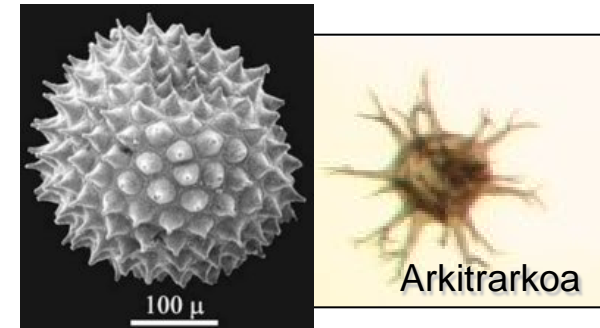
Aurrekanbriarreko erregistro fosila: **PROTEROZOIKOA**



Aurrekanbriarreko erregistro fosila: PROTEROZOIKOA (2)

■ 2000-1800 m.u.

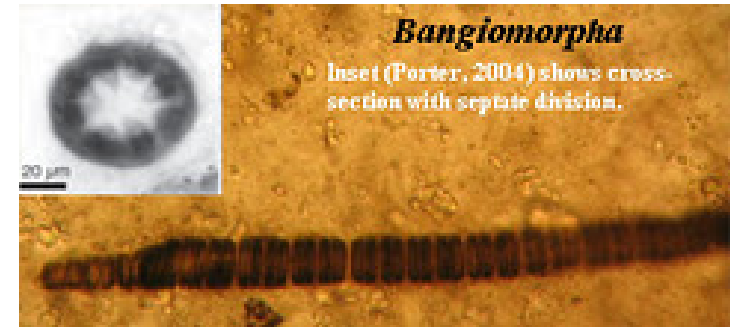
- Lehendabiziko protisto fosilak (**eukarioto unizelularrak**): **Arkritarkoak**. Txina, Australia, USA,...



■ 1200 m.u.

- Lehendabiziko bizidun multizelularrak: **Bangiomorpha** alga gorriak. Kanadan.

Ugalketa sexuala zuela uste da.



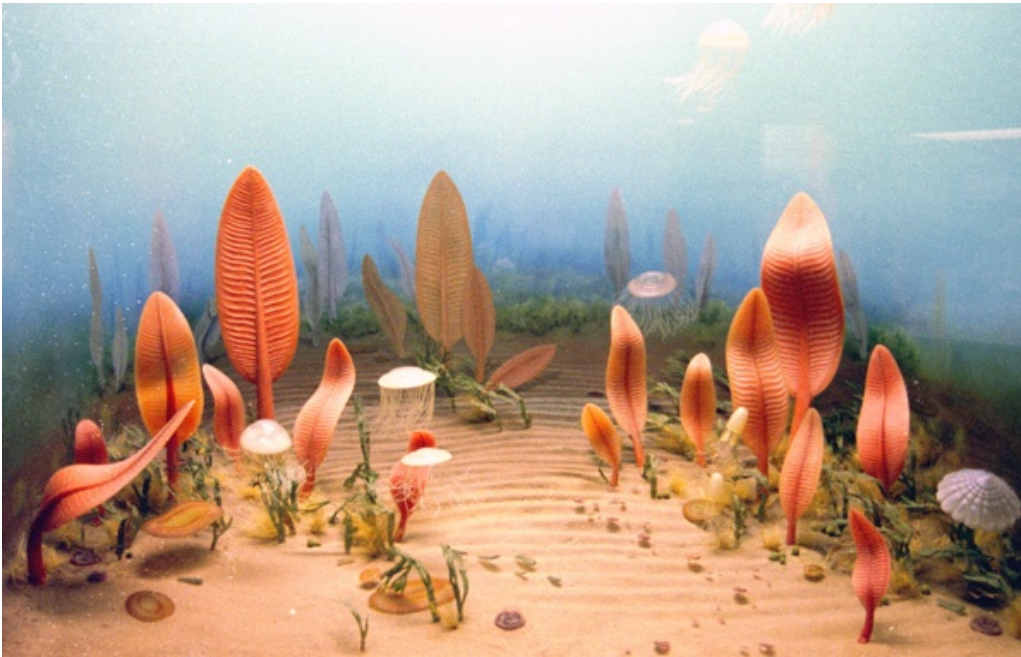
■ 600-550 m.u.

- Lehendabiziko bizidun multizelular makroskopikoen fosilak: **Ediacara Fauna** edo **Fauna Vendiarra**. Kanadan.

■ 600-580 m.u. Doushantuo Fm. (Txina, Chengjiang, Guizhou)

■ 575-550 m.u. Ediacara aztarnategia (Australia). “Ediacara Fauna tipoa”

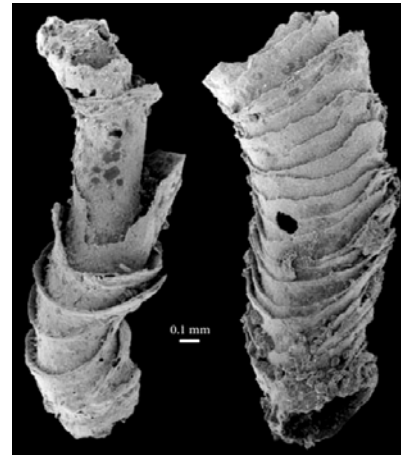
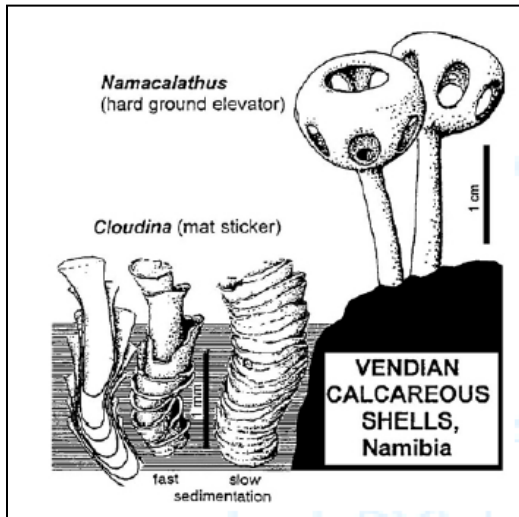
EDIACARA BIOTA edo BIOTA VENDIARRA



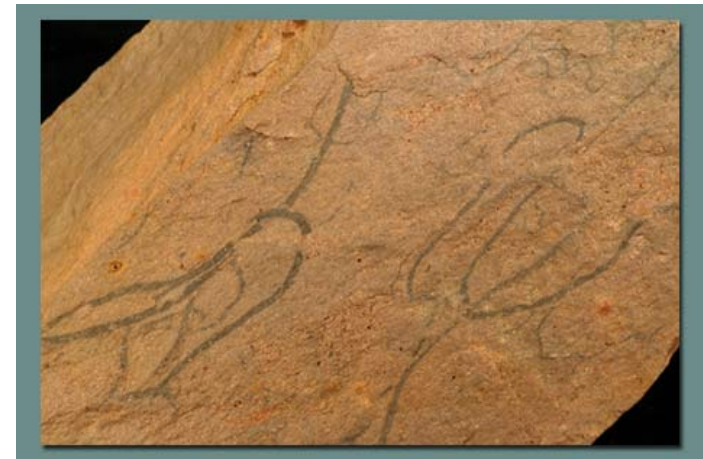
Gorputz biguina eta forma aplanatua gehienek, gainazal akoltxatuarekin. 1 m izatera hel zitezkeen. Autore askok egungo animali taldeetan ordezkariak ez dutela eta benetako metazooak ez direla uste dute. Beste batzuek, ordea, ornodunen, anelidoen eta marmoken eta beste animalia batzuen urrutiko arbasoak direla uste dute, **Edicara Fauna edo Fauna Vendiarra** deituz.

30 bat aztarnategitan aurkitu dira fosil hauek, baina fosil-bilduma aberatsena aurreko diapoan aipatutako Australia eta Txinako aztarnategikoak dira.

Txinako aztarnategian, gainera, lehenengo bizidun makroskopiko kaltzifikatuak (*Cloudina* eta *Vendotaenia*), simetria bilateralak erakusten duen metazoo txiki baten fosila (*Vernamitula*) eta benetako eskeletodun (maskordun) lehendabiziko animalia txikiak (**Tommotiar Fauna**) aurkitu dira (*ikus hurrengo diapoan*).



Cloudina



Vendotaenia (alga itxurako filamentuak)

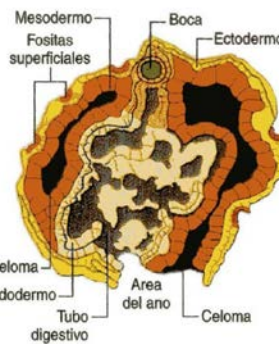
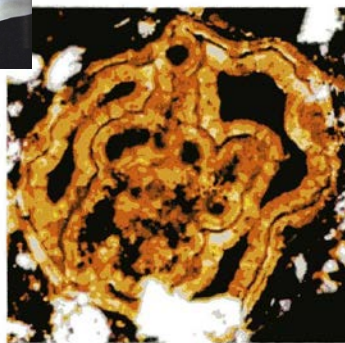
Knidarioak?

Kanbriarra baino

50 m.u. lehenago



Vernanimalcula
Animalia
bilateral
zelomatua?



3. EL EJEMPLAR MEJOR CONSERVADO de *Vernanimalcula* es el que se muestra en la microfotografía de la izquierda. Son evidentes las características diagnósticas de un bilateral: cuerpo con múltiples capas, las cavidades pares del celoma, una boca y un tubo digestivo. El esquema de la derecha destaca los rasgos clave (el ano no se ha conservado en este espécimen; su localización se basa en su situación en otros especímenes).

Tommotiar Fauna (Kanbrikoa baino 10 m.u. arinago)

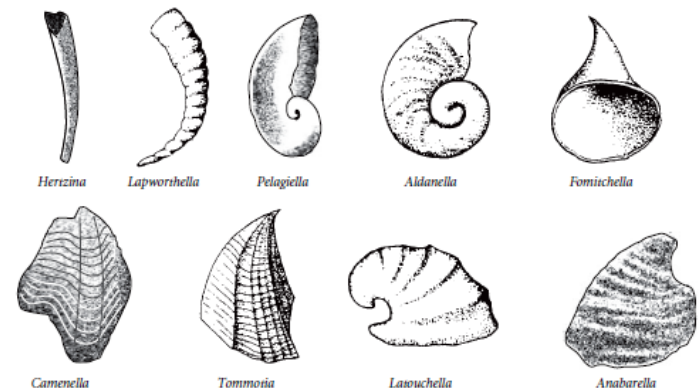


Figure 10.12 Elements of the Tommotian-type or small shelly fauna. Magnification approximately $\times 20$ for all, except *Fomitchella* which is about $\times 40$. (Based on various sources.)