

EL CONEIXEMENT DE LA HISTÒRIA DE LA TERRA I DE LA VIDA

SALVADOR REGUANT

Membre de la Secció de Ciències i Tecnologia de l'Institut d'Estudis Catalans
Professor de la Universitat de Barcelona

SUMMARY

Historical Geology devotes its attention to the succession of geological processes and phenomena through geological time. The attainment of its targets requires (1) that geological events be situated in a precise time-scale; (2) the preservation of rocks formed in each age of the history of the Earth, and (3) the knowledge of the processes operating in each time. The biostratigraphic paradigm supplies the time-rock background for the Phanerozoic or fossiliferous erathem. For earlier times radiometric dating is the only tool available for situating the various events of the complex history of the Earth through the enormous time span lasting from 4.5 to near 0.5 or 0.6 Gy. The plate tectonics produces the destruction of the old oceans and only the oceanic crust made up from the breaking of the Pangea, approximately 200 My ago is preserved. Rocks of continental crust are available for study from the last 4 Gy. On the other hand, a serious limitation for a sure interpretation of the history, mainly primitive, of the Earth stems from knowing if uniformism must be accepted for all geological times, and then if geological history is cyclical or if there is also a changing evolution in the history of the Earth as in the history of Life.

INTRODUCCIÓ

D'ordinari les ciències usen només el temps com un paràmetre absolut, sense referència al temps històric. Només la geologia i la cosmologia es veuen obligades a plantejar-se l'**abans** i el **després** de la formació d'una determinada roca, muntanya, continent o astre i l'**esdevenir** dels processos involucrats en l'aparició i en el "funcionament" d'un element geològic o astronòmic determinat en el lapse de temps, ordinàriament llarguíssim, de la seva existència.

Aquesta circumstància és el que ha donat lloc, en geologia, de la qual aquí ens ocuparem exclusivament, a una atenció continuada al temps històric des de, pràcticament, el seu naixement com a ciència en els temps moderns. En certa manera, la geologia no té altre objectiu final que el d'establir els processos cronològicament successius que permeten explicar l'existència d'un determinat "cos" geològic: una roca, una serralada o una conca, un continent o un oceà, i també un embolcall sòlid o fluid global.

Històricament la geologia s'ha desenvolupat en tres direccions fonamentals: (1) la que s'ocupa de l'origen i l'evolució global de la terra, molt lligada a les diverses branques de l'astronomia, en particular a la cosmologia, que ha estat massa sensible a doctrines esotèriques i poc comprovables fins que no ha adquirit un estatus seriós a través del desenvolupament de la cosmologia i la geofísica modernes; (2) la que, gairebé sempre amb finalitats pràctiques, ha orientat els seus esforços al coneixement dels minerals i que conté alguns aspectes que l'allunyen del que acostumem a entendre ordinàriament per geologia i que fan que, de fet, estigui més íntimament relacionada amb l'aprofitament de recursos i amb les ciències dels materials, i (3) la que s'ocupa dels fenòmens i processos relativament superficials que constitueixen el paisatge geogràfic i les seves arrels, fonamentalment en la part superior de l'escorça. Aquesta última direcció és la que s'acostuma a anomenar, en sentit més restringit., geologia pròpiament dita.

Aquesta geologia, la de les roques i el relleu, la de les serralades i de les conques, la dels sediments i dels volcans, la dels continents i dels oceans, ha donat lloc a l'aparició d'una colla de ciències, entre les quals l'estratigrafia i la geologia històrica dediquen una atenció particular i fonamental als temps geològics, és a dir, a la història de la terra. En realitat, una d'elles, la geologia històrica no és res més, ni res menys, que la ciència de la història de la terra i de la vida. No obstant això, aquesta ciència, la geologia històrica, no es pot entendre ni pot aconseguir els seus objectius sense l'ajut constant de l'estratigrafia, amb la qual, d'altra banda, sovint s'ha confós o, almenys, s'hi ha sobreposat parcialment.

Si parem atenció a les roques sedimentàries que es presenten, gairebé sempre, en capes o estrats, sabem que s'han format a les parts còncaves o depressions de la superfície, les anomenades conques sedimentàries. Com és obvi, les capes es dipositen unes sobre les altres en un procés, continu o discontinu, que ens revela una relació temporal entre cada dues capes successives: la capa més antiga és la de sota, la més moderna la de sobre. Per consegüent, l'anàlisi estratigràfica, que té com una de les parts essencials l'anàlisi de la successionalitat, ens porta a determinar l'edat relativa de les roques estratificades i, a través d'elles, la dels altres cossos rocosos no estratificats, com és ara els batòlits, els dics o les intrusions volcàniques. Reprenent la imatge, presa en un sentit lleugerament diferent, de van der Vlerk y Kuenen (1966), es pot dir que els estrats són els fulls, desordenats i mal conservats, del llibre de bord de la terra.

EL PARADIGMA BIOSTRATIGRÀFIC

Constituí una de les fites essencials en el coneixement de la història de la terra i de la vida la constatació que els estrats formats en un determinant moment històric contenen uns determinats fòssils, de manera que, a través de l'estudi dels fòssils, podíem conèixer l'edat dels estrats. Aquesta constatació, anomenada sovint principi de la successió faunística de Smith, pel fet que s'accepta que el geòleg anglès William Smith (1769-1839) fou qui primer l'enuncià explícitament,

tingué un fonament assegurat a partir de la teoria evolucionista, expressada amb claredat i èxit pel naturalista, també anglès, Charles Darwin (1809-1882).

Modernament, el principi segons el qual els fòssils presenten un ordre definit de successió, de manera que les mateixes associacions fòssils es troben en la mateixa situació cronostatigràfica, i que, per consegüent, els fòssils són indicadors de temps geològic relatiu i la base de la correlació cronostatigràfica, s'ha anomenat **paradigma biostratigràfic** (Fortey, 1993).

Dos aspectes fonamentals són dignes d'estudi en referència a aquest paradigma. En primer lloc, la universalitat i la, relativament, fàcil aplicabilitat d'aquest paradigma en provocà la ràpida difusió i l'acceptació generalitzada entre els científics a partir de mitjan segle passat. La seva utilitat és perfectament acceptada encara avui i continua essent l'instrument de més valor per a la datació geològica relativa. Aquesta perdurabilitat contrasta amb la poca durada d'altres paradigmes usats en la interpretació geològica, com fa notar l'autor esmentat més amunt. Un segon aspecte el constitueixen les limitacions, per a la història de la terra i de la vida, del propi paradigma. La presència de fòssils abundants a les capes o estrats de la terra depèn de les condicions de preservabilitat dels éssers vius, en concret, de la presència de parts dures o esquelètiques als organismes. Només en els últims 570 milions d'anys han existit organismes amb elements esquelètics que possibilitin l'existència de fòssils abundants per tal de poder fer ús del paradigma en qüestió. Això suposa que, aproximadament, només una setena part de la història de la terra i de la vida pot ésser ordenada cronològicament per mitjà dels fòssils. S'admet avui que encara que la terra té una antiguitat d'uns 4.500 milions d'anys (4,5 giga-anys), només s'han conservat roques des d'ara fa uns 4.000 milions d'anys (4 giga-anys).

El darrer aspecte considerat explica que els temps fossilífers, anomenats per això fanerozoics, han estat històricament més ben estudiats i continuen essent els temps més coneguts. Representen la "història" de la terra i de la vida, i els temps anteriors, la "prehistòria", si volem usar el símil de la història de la humanitat. Ara bé, aquí com allà, aquesta expressió és "falsa". El coneixement de la successió dels fets que constitueixen l'objecte de la història de la terra i de la vida (o de la vida dels homes) pot ésser més deficient en alguns períodes que en altres, però té la mateixa naturalesa i la mateixa pretensió, saber què va passar en cada un d'aquests períodes, siguin més antics o més moderns.

Malgrat tot, les diferències en la manera de conèixer i en la riquesa de dades aconseguides ens obliguen a separar l'anàlisi dels resultats del coneixement històric dels temps fossilífers del dels altres temps més antics. També, però, caldrà establir les diferències que es donen a l'interior dels uns i dels altres. L'objecte d'aquesta contribució no és altre que intentar fer veure com és vista avui la història de la terra i de la vida, tant pel que fa referència a les limitacions i llacunes del coneixement actual com a la consideració de les metodologies aplicades i dels seus resultats de cara al progrés en aquest mateix coneixement.

LA HISTÒRIA DELS TEMPS FOSSILÍFERS (FANEROZOIC)

La història de la vida la sabem a través del coneixement dels fòssils presents a les roques, tenint en compte que la paraula fòssils en ella mateixa vol dir qualsevol indici de l'existència i activitat d'un ésser viu antic. Això és vàlid per a tota la història de la vida, però en els temps fossilífers el detall amb què coneixem la història de la vida és considerable i, malgrat el progrés constant en la recerca que encara es produeix dia a dia arreu del món, ara ja tenim una idea relativament coherent de com es produïren tant la successiva aparició i desaparició dels éssers vius com els processos de complexificació i diversificació dels arbres filètics. El coneixement d'aquesta història ha esdevingut imprescindible per a les pròpies ciències biològiques que s'ocupen de la vida actual. Seria difícil entendre moltes teories en biologia sense les evidències derivades de l'estudi del món dels éssers extingits.

La història de la terra en el Fanerozoic és deutora en gran part del coneixement dels fòssils per les raons apuntades al paràgraf anterior. L'establiment de la successió dels períodes de temps geològics distingibles per a donar raó del desenvolupament de la història de la terra és un dels objectius de l'anomenada cronostatigrafia. Aquesta ciència es basa fonamentalment en la biostratigrafia i secundàriament en la magnetostratigrafia i, per a calibrar en edats absolutes els seus resultats, en els mètodes físics de datació.

Aquesta escala dels temps geològics (figures 1 i 2), aconseguida amb un treball continuat d'innombrables geòlegs, fonamentalment europeus del segle passat i de la primera part de l'actual i amb un constant perfeccionament durant els últims anys amb l'anàlisi biostratigràfica més precisa, amb la introducció de les unitats de canvi magnètic de polaritat (unitats magnetostratigràfiques) i amb la integració de dades sedimentològiques i paleogeogràfiques, ha donat una visió nova del desenvolupament de la història de la terra a través de perspectives en certa manera oposades a les que serviren per a establir la mateixa escala dels temps geològics el segle passat.

La història de la terra al Fanerozoic es construí posant al seu lloc adequat les unitats cronostatigràfiques trobades en diversos llocs on es descrivia tant la successió faunística i florística com els materials on aquesta es feia present. Així, a l'àrea parisina es descriviren una sèrie d'unitats, entre les quals el Lutecià, que pren el nom de la ciutat de París. Es constatà que aquestes unitats pertanyien als temps anomenats terciaris. D'aquesta manera, col·locades al seu lloc, serviren com a referència d'un tram de la història de la terra. Les diferents situacions i resultats, en forma de roques diverses o de manca d'aquestes, arreu del món en el mateix lapse de temps geològic ens donaven i continuen donant-nos una visió més o menys detallada i completa de la història de la terra en el lapse considerat. Modernament continuem fent aquesta labor, però els anhels d'una major precisió i una temptativa d'explicació global de l'evolució de les conques sedimentàries ens ha portat a l'establiment d'una escala (de fet la mateixa d'abans) dels

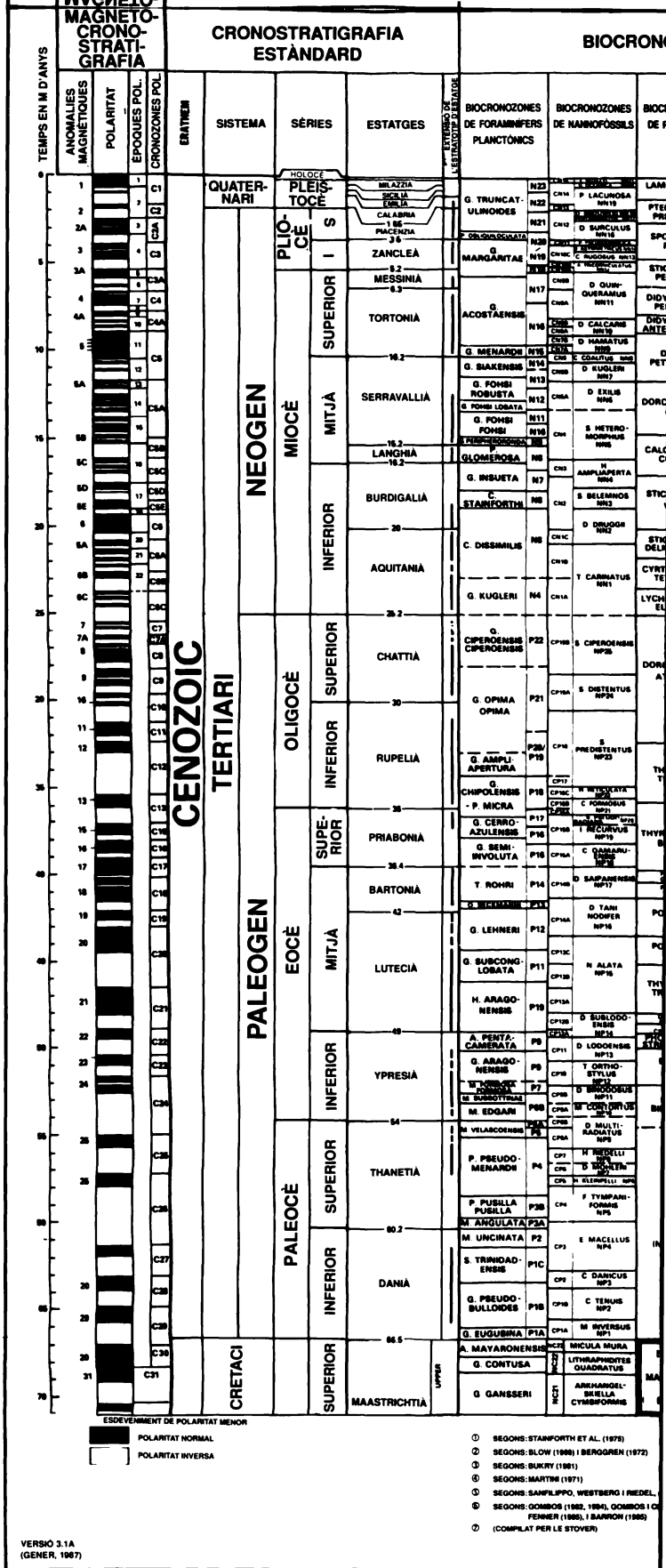
temps geològics que es basa en les ruptures i límits i no en les característiques essencials dels continguts de les diverses unitats considerades (fig. 2). Es pressuposa, doncs, que el coneixement del contingut dels diversos lapses de temps amb què dividim la història de la terra al Fanerozoic és suficientment sòlid per a intentar aprofundir en la precisió i la significació dels moments de canvi que han conduït al propi establiment de les unitats cronostatigràfiques.

EONOTEMA	ERATEMES	SISTEMES	SÈRIES	Ma.	
F A N E R O Z O I C	CENOZOIC	QUATERNARI		Holocè Pleistocè	0,01 1.6
		TERCIARI	NEOGEN	Pliocè Miocè	23.3
			PALEOGEN	Oligocè Eocè Paleocè	65
		MESOZOIC	CRETACI		Superior Inferior	145.6
	JURÀSSIC		Malm Dogger Lias	208	
	TRIÀSIC		Superior Mitjà Inferior	245	
	PALEOZOIC	PREMIÀ		.....	290
		CARBONÍFER		.....	362.5
		DEVONIÀ		.....	408.5
		SILURIÀ		.....	439
		ORDOVICIÀ		.....	510
		CAMBRIÀ		.....	570

FIGURA 1. Quadre general de l'escala dels temps fanerozoics fins als sistemes i sèries. Edats extretes de Harland *et al.* (1990).

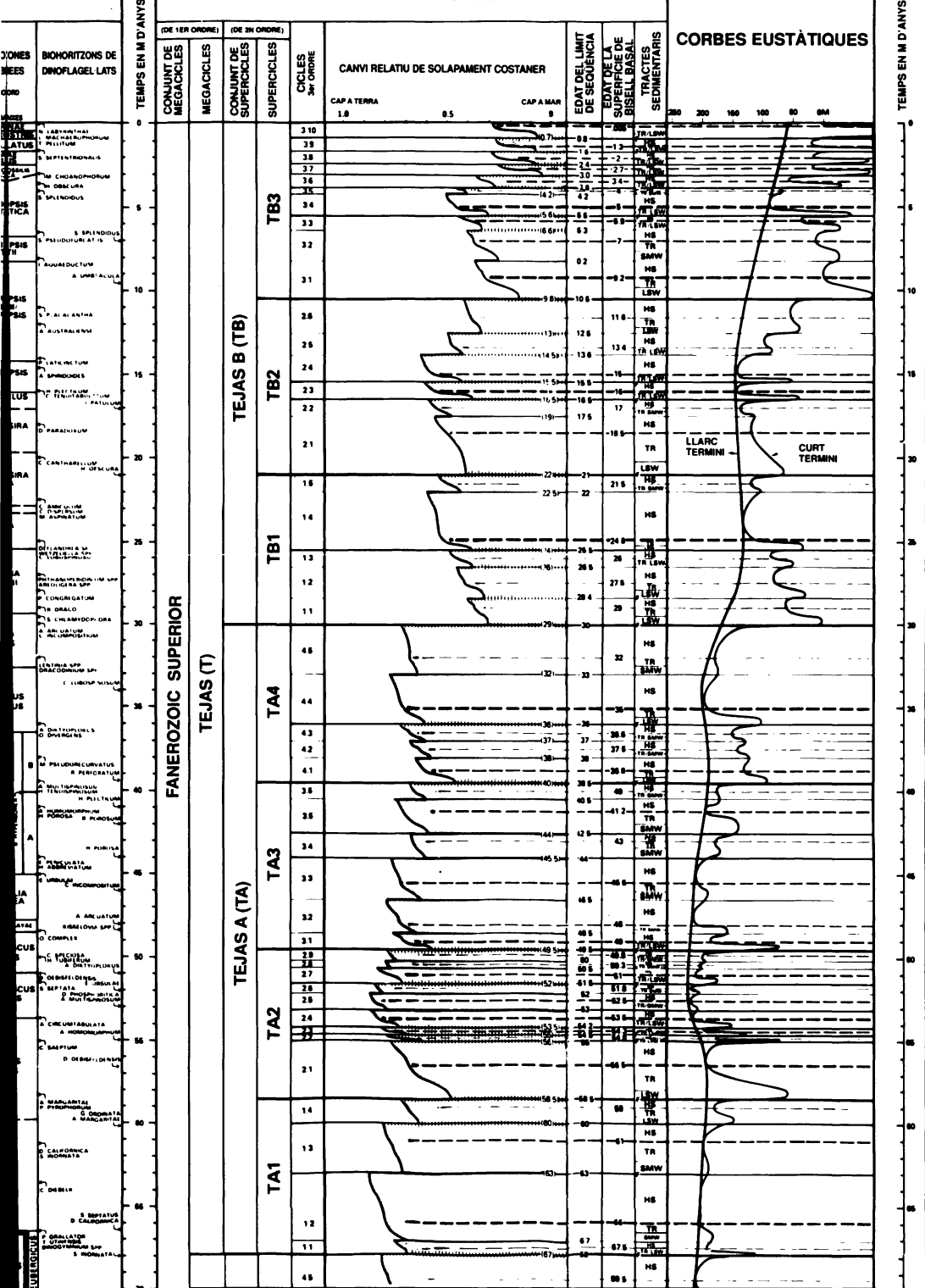
Cal dir clarament que, àdhuc en els temps fanerozoics, el coneixement de la història de la terra no és homogeni i, per tant, la temptativa a què ens referim sembla tenir moltes més garanties en els temps posteriors a la darrera ruptura de la Pangea, és a dir, en els temps mesozoics i cenozoics. En aquests últims, sobretot, tant el millor coneixement de les faunes i flores fòssils, com la més gran precisió en la determinació del nombre i de les característiques de les unitats

FIGURA 2. Quadre detallat dels temps cenozoics (Haq *et al.*, 1988), com a exemple de la manera actual de presentar les divisions cronos-tratigràfiques menors en el context de les discontinuïtats en la sedimentació o seqüències sedimentàries i amb les dades magnetos-tratigràfiques, biostratigràfiques i paleogeogràfiques més importants.



CRONOSTRATIGRAFIA SEQUÈNCIAL

CORBES EUSTÀTIQUES



* EDATS DE SEQUÈNCIA EN ALTRES QUADRES DE CICLE EDITATS ANTERIORMENT. (SEGONS VAL I HARDENBOL, 1981)

magnetostratigràfiques, ens porten a uns resultats notablement satisfactoris pel que fa a l'evolució general de la vida i de la terra.

En realitat, la descripció sistemàtica de les roques en el context del desenvolupament de les diverses grans unitats geològico-geogràfiques d'arreu del món –feina en realització constant– és la base del nostre coneixement de la història de la terra. Fins fa poc, però, aquest coneixement es limitava a les roques que afloren o a les extreïtes del subsòl al continent o a les plataformes continentals. En els darrers anys l'exploració submarina ha començat a afegir-hi informació important de les successions que es troben al fons dels oceans. Això no sols ha suposat una ampliació del camp del coneixement geològic regional sinó que ha portat a l'elaboració de teories noves sobre el funcionament de la terra i, per tant, sobre la pròpia història de la terra. Ens referim, com és obvi, fonamentalment, a la teoria de la tectònica de plaques. Aquesta teoria, entre altres coses, ens ha obligat a constatar algunes de les limitacions del nostre coneixement geològic, ja que ha fet evident la brevetat relativa de la preservació dels materials oceànics. Això fa que, en funció dels coneixements de què podem disposar, hàgim de dividir la història del fanerozoic en dos grans períodes: l'anterior a la ruptura de la Pangea (Paleozoic i inici del Mesozoic) i el que va des d'aquesta ruptura fins a l'actual.

Per altres motius també caldria separar del darrer període assenyalat els temps més recents (el Quaternari), ja que la seva proximitat i l'interès del seu coneixement per la relació que té amb el funcionament actual de la terra han fet aparèixer una colla d'instruments i mètodes d'anàlisi que permeten una descripció molt més precisa i detallada d'aquests darrers temps. Una mostra de l'interès creixent per a conèixer la història de la terra en aquest últim període és l'allau de publicacions sobre la seva història climàtica, de la qual pretenem extreure informació sobre la possible evolució del clima els pròxims anys. A títol d'exemple, i segons que sembla, els canvis climàtics al Quaternari es produïren, algunes vegades, en una o en poques desenes d'anys (White, 1993). Això ens dóna una visió nova sobre la possibilitat de canvis climàtics importants produïbles en temps d'escala humana.

LA HISTÒRIA DELS TEMPS ANTERIORS AL FANEROZOIC

L'absència de fòssils abundants és el fet que determina la impossibilitat d'establir una successió en el temps com la que s'obté en les roques fanerozoiques, en els temps anomenats, en general, criptozoics o precambrians. El paradigma biostratigràfic no hi pot ésser aplicat i, per tant, cal buscar altres maneres d'establir la successió de les roques per a aconseguir conèixer l'evolució de la terra durant aquest lapse de temps que va dels 4,5 als 0,6 giga-anys aproximadament.

Fins fa pocs anys totes les roques precambrianes eren posades en un sol sac i era pràcticament impossible saber-ne l'ordre i, per tant, la història. Això es produïa també perquè els materials més abundants al Precambrià no consisteixen

en successions de roques estratificades sinó en materials metamòrfics o ignis, fet que també dificulta l'establiment de les pròpies successions locals.

L'aplicació a les roques dels mètodes de datació absoluta, basats en el decaïment radioactiu dels isòtops inestables descobert en començar aquest segle, inicià, sobretot a partir dels anys 30, una etapa nova en la geologia històrica. Amb ella nasqué la cronometria que permet no sols saber l'ordre temporal de les roques sinó l'antiguitat en anys. La seva aplicació sistemàtica a les roques precambrianes ha començat fa pocs anys. D'aquesta manera s'ha arribat a l'establiment de l'escala de temps del Precambrià amb unes divisions que, encara que molt àmplies, ens permeten de col·locar els cossos rocosos formats en aquests temps antiquíssims dins una successió temporal (figura 3). Es pot afirmar,

EONOTEMA	ERATEMA	SISTEMA	
Proterozoic	(Base del Cambrià)		
	Neoproterozoic	"Neoproterozoic III"	
		650 Ma	
		Cryogenià	
	1000 Ma	850 Ma	
		Tonià	
		Mesoproterozoic	Stenià
			1200 Ma
	Ectasià		
	1400 Ma		
1600 Ma	Calymmià		
	Paleoproterozoic	Statherià	
		1800 Ma	
		Orosirià	
		2050 Ma	
Rhyacià			
2500 Ma	2300 Ma		
	Siderià		
Arqueà			
<p>A continuació s'indiquen les derivacions del grec dels noms dels períodes i la seva interpretació. Cryogenià - Cryos = gel; Gènesi = neixement: '<i>Glaciació global</i>' Tonià - Tonos = tram Stenià - Stenos = estret: '<i>Cinturons estrets de metamorfisme i deformació intenses</i>' Ectasià - Ectasis = extensió: '<i>Expansió continuada de les cobertores de plataforma</i>' Calymmià - Calymma = recobriment: '<i>Cobertores de plataforma</i>' Statherià - Statheros = estable, rígid: '<i>Estabilització dels cratons, cratonització</i>' Orosirià - Orosira = serralada (del grec modern): '<i>Període orogènic global</i>' Rhyacià - Rhyax = corrent de lava: '<i>Injecció de complexos estratificats</i>' Siderià - Sideros = Ferro: '<i>Formacions de ferro en bandes</i>'</p>			

FIGURA 3. Escala dels temps precambrians proposada per la "Precambrian Subcommittee of ICS" el 1988, amb la derivació i la interpretació dels noms dels sistemes que donen indicacions sobre els fenòmens més importants ocorreguts durant cada un d'ells (extreta de Harland *et al.*, 1990, amb modificacions).

doncs, que l'escala dels temps geològics fanerozoics s'estableix pel contingut fòssilífer de manera que els fòssils ens assenyalen l'edat de les roques. Per contra, en els temps criptozoics o precambrians, són les roques les que ens donen l'edat dels fòssils. Aquí la història de la vida es pot saber només quan, a través de les edats establertes de les roques, analitzem les molt escasses restes fòssils.

Un problema nou s'afegeix a la investigació de la història de la terra i de la vida en els temps més primitius. Sabem, per la cosmologia, és a dir, per l'estudi de la formació del sistema solar i dels planetes, que la terra es formà fa uns 4,5 giga-anys, però no tenim roques més antigues dels volts de fa uns 4 giga-anys. Els primers 500 milions d'anys, aproximadament, no poden ésser objecte d'estudi per la geologia pròpiament dita. Aquest primer període de la història de la terra, que podem anomenar Pre-Arqueà, és estudiat pels cosmòlegs. En aquell moment la història de la terra formava part de la història dels altres planetes del sistema solar, molt en particular dels planetes anomenats terrestres. Aquests planetes, que són, a part de la Terra, principalment, la Lluna, Mart, Mercuri i Venus, semblen tenir un origen i una evolució primitiva molt semblants i interrelacionats.

Pel que fa als temps en què disposem d'informació rocosa, solem dividir aquest llarg lapse de temps en dos períodes: l'Arqueà i el Proterozoic. L'Arqueà, que va dels 4 als 2,5 giga-anys, presenta uns tipus de roques i d'associacions d'aquestes força peculiars i, a la vegada, molt disperses i en afloraments poc amplis. Tot això dificulta el coneixement de la història d'aquest primer temps de l'existència de la terra. No obstant això, els avenços de la petrologia i de la geoquímica, acompanyats dels aconseguits en l'ordenació temporal de les pròpies roques, han permès d'establir síntesis força reeixides d'aquesta història, impensables ara fa pocs anys. Un dels primers intents (McCall, 1977) ha estat seguit en els últims anys per treballs més sòlids (Nisbet, 1987; Goodwin, 1991).

El Proterozoic és un lapse de temps enorme, de gairebé 2 giga anys. Quan ens anem acostant als temps més moderns creix el nombre i l'extensió dels afloraments constituïts per una gran varietat de roques. Aquestes roques són, en gran part, semblants a les que trobem al Fanerozoic, i en podem conèixer, per analogia amb la formació de roques en el present, l'origen i el significat en l'evolució de l'escorça terrestre en cada situació o context geològic específic. No obstant això, com a l'Arqueà, també trobem roques exclusives d'un determinat temps geològic que no es formen avui dia. La interpretació d'aquestes ens porta a hipòtesis i teories sobre l'evolució global de la terra, bé en els seus embolcalls fluids –història de l'atmosfera i de la hidrosfera–, bé en les condicions tèrmiques i de comportament plàstic de l'escorça i el mantell superior. En qualsevol cas, el coneixement de la història del Proterozoic ens porta més enllà d'una interpretació simple del principi de l'actualisme que diu que el present és la clau del passat. El Proterozoic pot ésser considerat com un extensíssim període de trànsit entre les condicions d'una terra primitiva, força diverses de les actuals, i les que descobrim en l'anàlisi geodinàmica en els processos geològics actuals. Com en tots els processos de trànsit, els diversos elements, paràmetres o factors no

corren a la mateixa velocitat, ni els canvis en produeixen simultàniament. Per consegüent, cal esperar que hi hagi alguns processos petrogenètics que hagin arribat aviat a produir-se de manera anàloga a com ho fan ara, mentre que altres han tardat més, en el temps històric, a assemblar-se als actuals. De la mateixa manera es podria parlar dels altres processos geològics.

Pel que fa a la història de la vida, fins al final del Proterozoic no es produeix l'aparició d'organismes pluricel·lulars, i és a l'inici del Fanerozoic que apareixen els primers organismes amb elements esquelètics. Com ja hem dit, aquest darrer fet ens permet distingir el Criptozoic del Fanerozoic. Per consegüent, la vida ha seguit un camí lentíssim fins a arribar a un panorama de grups i tipus d'organismes relativament semblant a l'actual, malgrat que "és evident que tant antigament com pels volts dels 3,5 giga-anys hi havia comunitats microbianes, morfològicament variades i, possiblement, fisiològicament avançades" (Schopf, 1992). Aquestes dades ens fan veure que, encara que no sabem el moment exacte de l'aparició de la vida sobre la terra, aquesta es produí segurament ben aviat i en tenim evidències des de l'Arqueà inferior. Pel que fa al coneixement de la història de la vida en els temps precambrians, és molt notable el progrés que s'està produint actualment a causa de la dedicació permanent i sistemàtica d'eminents investigadors. Dos enormes volums apareguts els últims anys (Schopf, 1983. Schopf & Klein, 1992) donen constància dels resultats aconseguits. Com hem dit abans, aquesta història de la vida s'insereix en el canemàs de l'escala de temps establerta a través de l'anàlisi cronomètrica de les roques precambrianes, al revés del que es produeix en els temps fossilífers. La figura 4 de Hofmann (1992) ens mostra una síntesi dels resultats aconseguits fins ara, pel que fa a la distribució estratigràfica dels principals grups fòssils precambrians.

CICLICITAT I EVOLUCIÓ EN GEOLOGIA HISTÒRICA

Un dels problemes en què la recerca d'una síntesi actual sobre la història de la terra i de la vida és més activa és l'anàlisi d'allò que ha estat anomenat les històries de la història de la terra (Reguant, 1986). Es tracta d'afrontar separatament l'estudi de la història dels diversos elements constituents d'aquest tot complex que és la terra i la vida tal com és estudiada en la geologia històrica. Així és poden estudiar elements tan específics com els insectes o tan complexos com l'atmosfera o el comportament tectònic global. Tindrem llavors la història dels insectes, de l'atmosfera i del comportament tectònic global, respectivament. En qualsevol cas aquest estudi "separat" no indica que es menystingui l'entramat de relacions múltiples que hi ha entre les diverses històries, sinó que l'atenció fixada en un element, més o menys complex, ens permet un aprofundiment metodològicament més eficaç i, per consegüent, més rendible en termes d'avenç del coneixement històric tant de la història específicament estudiada com del conjunt de la història global de la terra i de la vida.

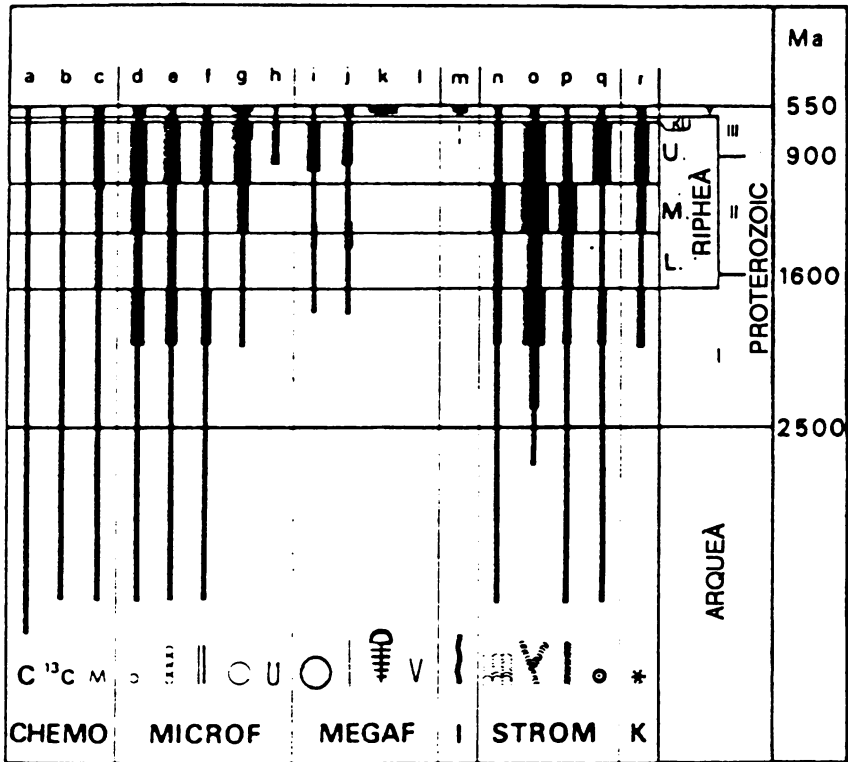


FIGURA 4. Distribució estratigràfica dels principals grups de fòssils precambrians (de Hofmann, 1992). CHEMO = quimofòssils; MICROF = microfòssils; MEGAF = megafòssils; STROM = estromatòlits; a = carbó lliure, querogen; b = isòtops fraccionats de C i S; fòssils moleculars; d = microfòssils coccoïdes de menys de 30 μm ; e = microfòssils filamentosos; f = microfòssils tubulars, beïnes; g = microfòssils coccoïdes de més de 30 μm ; h = microfòssils en forma de gerro; i = pel·lícules carbonàcies megascòpiques; k = fòssils metazous de cos tou; l = fòssils amb closca; m = icnofòssils; n = estromatòlits estratiformes; o = estromatòlits columnars brancalluts; p = estromatòlits cònics; q = oncòlits; r = catàgrafs.

Aquestes històries ens tornen a plantejar l'etern problema subjacent en tota la interpretació de la història de la terra i de la vida (i, possiblement, àdhuc en la història humana) sobre ciclicitat i evolució (Reguant, 1991). Metodològicament, l'actualisme, al que ja hem fet una lleugera referència abans, pressuposa que podem conèixer el passat perquè coneixem el present i, per consegüent, tot el que passà antigament no fou altra cosa que una "repetició" del que està passant ara. Si només atenem a les lleis físico-químiques, l'actualisme és la condició

indispensable per a poder fer qualsevol intent de penetració en la físicament irrepètible història passada. El problema es planteja quan es baixa a coses concretes: processos geodinàmics i petrogenètics; condicions físiques i químiques de l'entorn geològic; condicionaments geofísics i còsmics; diferències en les situacions prèvies, etc. Fins a quin punt els processos es tornen a repetir indefinidament des dels que es produeixen avui fins, tirant enrere, a l'inici dels temps geològics? El sentit comú sembla inclinar-nos a negar que existeixin cicles que perdurin des de l'origen de la terra fins avui. Alguna cosa ha d'haver canviat. Això no obstant, la tendència metodològica més còmoda i temptadora és anar "estirant" enrere el que el conjunt de ciències geològiques i geofísiques ens ensenyen sobre el funcionament actual i subactual de la terra. No es fàcil fer palès l'entrellat de les nostres tendències interpretatives i dels resultats aconseguits en l'adquisició de dades objectives. En qualsevol cas, la feina que s'està fent sobre aquests temes de síntesis parcials és particularment important per al futur del coneixement de la història de la terra i de la vida.

En aquest punt, les publicacions de resultats es multipliquen. D'ordinari es descriu i s'intenta la interpretació de la història d'un determinat element durant el Fanerozoic només, o durant tota la història de la terra, segons que aquest element presenti variacions importants, o simplement sigui present només durant el Fanerozoic, o bé que la seva evolució sigui significativa des del principi de la història de la terra o ben a prop d'aquest començament. Una anàlisi ràpida d'unes quantes revistes científiques recents m'ha permès aplegar una llista de treballs on es presenten gràfiques de síntesi relatives a la història global (32 treballs) i a la història del Fanerozoic (40 treballs) sobre distints elements geològics. A títol d'exemple podem esmentar, entre els primers, els referents a l'evolució cortical, a la rotació de la terra, a la formació de menes minerals, al glaciariisme..., i entre els segons, els referents als paleoclimes, a l'evolució dels organismes amb esquelet calcari, als processos de biomineralització, a la formació de calcàries...

UNES REFLEXIONS PER ACABAR

El coneixement de la història de la terra i de la vida té un estatus científic des de fa, relativament, pocs anys. Possiblement no el podem allargar gaire més de dos segles. La metodologia, i amb ella la garantia i l'acceleració en l'obtenció de resultats, ha anat augmentant com en totes les ciències geològiques. No obstant això, hi ha paradigmes, com el biostratigràfic, específicament descrit més amunt, que han demostrat una perdurabilitat extraordinària. Això ha fet que la història de la terra al Fanerozoic hagi estat coneguda força detalladament des de fa desenes d'anys, pel que fa referència a la seva successionalitat i a la història de la vida, mentre que les noves teories globals com la de la tectònica de plaques estan propiciant avenços importants en la història de l'evolució dels continents i dels oceans.

Pel que fa a la història prefanerozoica o precambriana, fins fa poc era la gran desconeguda. Modernament el progrés de coneixements i interpretacions plausibles ha augmentat d'una manera extraordinària tant pel que fa a l'establiment d'una cronologia cada dia més precisa com pel que fa al coneixement de la pròpia història de la terra i de la vida. Això ha portat a plantejar com un tema prioritari, per a la ciència de la geologia històrica actual, l'esclariment de la història global dels diversos elements geològics, pas previ per a aconseguir una visió global, **en el temps**, de l'evolució del nostre planeta i dels planetes pròxims a l'estil de la que pretenen aconseguir, **en l'espai**, les teories generals com la de la tectònica de plaques.

REFERÈNCIES

- FORTEY, R. A. (1993) - Charles Lapworth and the biostratigraphic paradigm. *J. Geol. Soc. London* 150, 209-218.
- Goodwin, A. M. (1991) - *Precambrian Geology. The dynamic evolution of the continental crust*. Academic Press. Londres.
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. i VAIL, P. R. (1988). Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level changes. A: *Sea-level changes - an integrated approach*, WILGUS, C. G., HASTINGS, B. S., KENDALL, C. G.S. C., POSAMENTIER, H., ROSS C. A. i VAN WAGONER, C., eds. Soc. Econ. Paleont. Min. Special Publication 42, 71-118.
- HARLAND, W. B., ARMSTRONG, R. L., COX, A. V. CRAIG, L. E., SMITH, A. G. i SMITH, D. G. (1990). *A geological time scale 1989*. Cambridge University Press. Cambridge: 263 pp.
- HOFMANN, H. J. (1992). Summary: Current status of Proterozoic biostratigraphy. A: *The Proterozoic biosphere: a multidisciplinary study*, SCHOF, J. W. i KLEIN, C., eds. 513-514.
- MCCALL, G. J. H. (ed.) (1977). *The Archean. Search for the beginning*. Dowden Hutchinson & Ross, Stroudsboung.
- NISBET, E. G. (1987). *The young Earth. An introduction to Archaean geology*. Allen i Unwin, Boston.
- REGUANT, S. (1986). *Geologia històrica*. Ketres Editora, Barcelona.
- REGUANT, S. (1991). Ciclicitat i evolució a Geologia Històrica. *Mem. Real Acad. Cienc. Art. Barcelona* (3a època) 50 (15): 1-39.
- SCHOPF, J. W. (1983). *Earth's earliest biosphere. Its origin and evolution*. Princeton University Press, Princeton.

- SCHOPF, J. W. (1992). Paleobiology of the Archean. *A: The Proterozoic Biosphere. A multidisciplinary study*. SCHOPF, J. W. i KLEIN, C., 25-39.
- SCHOPF, J. W. i KLEIN, C. (1992). *The Proterozoic biosphere. A multidisciplinary study*. Cambridge University Press, Cambridge.
- VLERK, I. M. VAN DER i KUENEN, P. H. (1966). *Historia de la Tierra*. Títol original en holandès "Logboek der Aarde"). Plaza y Janés, Barcelona.
- WHITE, J. W. C. (1993). Climate change: Don't touch that dial. *Nature* 364, 186.

*(Original rebut per a publicació
el dia 2 de setembre de 1993)*