

DETERMINACIÓ DE L'EDAT DE LA TERRA

En tractar d'escollir matèria per a un treball d'ANALECTA, hem cregut que havíem de decidir-nos per quelcom conforme amb les nostres aficions i estudis, i que despertés ensem l'interès dels nostres lectors. No sabem si ens haurem equivocat; però la *determinació de l'edat de la Terra* és assumpte que interessa tothom sense distinció; perquè, ¿qui no desitja conèixer l'antiguitat del terreny que el sustenta i de les muntanyes que limiten l'horitzó on ens trobem? I l'interès d'aquest tema es fa encara més gran, si es té present que durant aquests últims anys, s'han descobert nous mètodes per a arribar a aquesta determinació, els quals, segons es vagin perfeccionant, contribuiran tal volta a desxifrar en gran part l'enigma, treient-nos de l'estat de dubtes i indecisions en què encara romanem. Qüestió és aquesta que Déu Nostre Senyor en els seus inescrutables dissenys ha deixat a la disputa dels homes.

Després d'aquestes breus paraules d'introducció, entrem ja resolts per unes regions on tantes sorpreses i tanta varietat d'opinions hem de trobar. No serà possible certament esgotar la matèria. Són tants els autors que d'això han escrit! I encara, dels mètodes que s'aduiran, no podrem ni tan sols presentar una exposició un xic detallada; sinó que en molts casos haurem d'acontegar-nos amb lleugeres insinuacions. Malgrat això, una excepció farem en exposar els mètodes radiactius, per ésser més moderns i despertar naturalment més gran interès.

Per a major clarícia dividirem aquest treball en quatre parts: en la primera exposarem la història de la formació de la Terra; en la segona els procediments no radiactius per a la determinació de l'edat de la Terra; en la tercera els procediments radiactius, i en la quarta els ensenyaments del Gènesi comparats amb els de la ciència.

I. — HISTÒRIA DE LA FORMACIÓ DE LA TERRA

La Terra no ens l'hem d'imaginar, segons la concepció antiga, com modelada *immediatament* per les mans creadores de Déu, tal com ara la contemplem; amb la gran varietat de muntanyes i de valls, de mars i de rius; amb

la verda tapisseria de vegetals coronats de flors i de fruits, segons l'època de l'any; amb la multitud incomptable d'animals de les més variades formes, dimensions i maneres de viure; amb l'home finalment dotat d'intel·ligència, i per tant capaç de progrés per a transformar i embellir nostre Planeta en la proporció que tots admirem: no. Déu Nostre Senyor, segons tots els indicis, després del *fiat* de la creació de la matèria, deixà a les forces naturals desenrotllar-se lliurement, reservant-se tan sols l'acció creadora per a suplir la impotència d'aquestes forces, com sembla ho féu en la producció de les primeres plantes i dels primers animals i, sobretot, *ce* l'home, segons ho testifiquen a una la fe i la raó natural.

Aquest desenrotllament espontani de la naturalesa, conegut modernament amb el nom d'evolució, es deixa entreveure ja en les Sagrades Escripures; però principalment s'ha deduït llegint en el gran llibre de la mateixa naturalesa, obert a totes hores a la consideració dels homes reflexius: a la *Geologia*, a aquesta moderna ciència que per la seva etimologia i pel seu objecte és la *ciència de la Terra*, es deu d'una manera especial l'haver-se pogut arribar a desxifrar no pocs dels enigmes que inclou, i a llegir amb relativa seguretat en aquest meravellós llibre damunt el qual ens movem i que anomenem *Terra*.

Passem ja a reproduir amb quatre pinzellades les fases per les quals ha passat la Terra, segons es dedueix de les investigacions dels geòlegs, amb l'objecte de facilitar la comprensió de les xifres referents a l'edat de la mateixa Terra i la successió dels principals esdeveniments que en ella s'han desenrotllat.

Per això traslladem-nos uns instants a aquells llunyans temps, quan nostre Planeta figurava encara com astre incandescent, difonent pels espais torrencials de llum i de calor, o sigui, quan encara es trobava en la fase dita *estel·lar*, i sorprenem-lo precisament en les darreries de l'extinció, quan els seus materials es trobaven en estat més o menys pastós, formant un magma líquid incandescent rodejat d'un dens embolcall de vapors que, segons càlculs, gravitaven sobre l'esmentat magma a la pressió de 300 atmosferes.

Com era natural, en la superfície de la massa pastosa suraven els materials més lleugers, o sigui, la sílice i els òxids de potasi, sodi, calci i alumini, els quals, per mútua combinació, engendraren els silicats dobles respectius, és a dir, els feldespatos corresponents, quedant en llibertat l'excés de sílice. Essent precisament aquests materials dels més refractaris, en conseqüència degueren ésser també dels primers a solidificar-se i cristallitzar, primerament en forma d'escòries flotants, a les quals després s'ajuntarien els òxids de magnesi i de ferro provinents de l'interior del magma en les commocions que llavors tindrien lloc; la qual cosa determinà l'aparició dels minerals coneguts amb els noms de miques, piroxens i anfíbols. Segons aquesta hipòtesi, avui dia la més corrent, la primitiva crosta terrestre que encara perdura en

les profunditats del globus, es troba composta de roques molt semblants al granit per l'abundor del quars, de feldspats i de miques.

A aquesta primera consolidació del magma degueren succeir-se gegantines erupcions, determinades per les grans marees del magma intern: la cristallització d'aquests magmas eruptius donà lloc a les roques granítiques, assequibles ja a la nostra observació directa, puix en moltes encontrades arriben! fins a la superfície terrestre.

Fins ara hem assistit a la formació de les roques ígnies o cristal·lines. Mes heus ací, que a proporció que augmentava el gruix de la crosta terrestre, anava ensems disminuint la influència de la calor interna en l'embolcall gasós de l'exterior, fins arribar un moment en què el successiu refredament, per mor de trobar-se l'atmosfera carregada d'anhidrid carbònic i de vapor aquós, determinà la condensació d'aquest vapor en forma de pluges torrencials, al principi amb la immediata revaporació de les aigües caigudes, per efecte de l'elevada temperatura que encara hi havia en la terra ferma. Aquests oceans primitius, d'aigües gairebé bullents, subjectes com es trobaven a una pressió atmosfèrica enorme, determinarien la formació de les roques dites gnesis i de les pissarres cristal·lines, mentre continuaven encara les erupcions de matèries granítiques. Com és fàcil d'endevinar, durant aquest període, era completament impossible la vida sobre la terra, i, per aquesta manca d'éssers vivents, el temps en què es realitzaren els esmentats fenòmens s'anomena era azoica, és dir, mancada de vida, i els terrenys formats llavors es coneixen sota el nom de *terrenys primitius* o *arcaics*.

Però, avançant el temps, la crosta sòlida assolí considerable gruixària, fins al punt de no permetre que es deixés sentir la influència de la calor interna en la superfície exterior. La vida es féu llavors possible i l'Omnipotent crià les plantes, les quals fixant el carboni de l'anhidrid carbònic i deixant oxigen lliure prepararen l'aire per a la vida animal. Des d'aquest moment donaren varietat i formosor a la terra nombrosíssims animals, aquàtics tots ells al principi, i terrestres després, en gran nombre: això s'esdevingué en finalitzar aquesta era coneguda amb els noms de *primària* o *paleozoica*. Quatre subdivisions, anomenades períodes, comprèn l'era primària i són, per ordre cronològic, el càmbric, devònic i permo-carbònic. Pels vestigis que romanen de l'era primària, com ara són els fòssils i diversos estrats o capes de terreny formats llavors, podem reconstruir l'aspecte de la terra durant aquell temps, per cert ben diferent de l'aspecte actual; els mars cobrien gairebé tot el globus, i a la terra ferma es desenrotllaren, cap a la fi, els arbres i arbustos amb una frondositat sobre tota ponderació exuberant, puix que de llavors procedeixen les nombroses i potents capes de carbó de pedra, que modernament ha anat l'home desenterrant, amb l'objecte de procurar-se la força necessària per a moure els navilis, les locomotrius i la maquinària d'un nom-

bre in comptable de fàbriques escampades arreu del món, així com també li serveix per a produir gasos abundants per il·luminar les ciutats i per a multiplicar les indústries químiques, especialment les de matèries colorants.

Mes de sobte un canvi pregon de règim s'esdevingué al nostre Planeta, i des de llavors començà l'era dita *secundària* o *mesozoica*, amb la clàssica subdivisió en els tres *períodes triàsic, juràsic i cretàsic*. Durant aquesta era la vegetació perdé gran part del seu antic vigor; i, al contrari, els animals experimentaren notabilíssim desenrotllament, particularment els rèptils, com ara són els *ichtyosaurus* i *plesiosaurus*, espècies de llargardaixos de 20 i fins a 30 metres de llargària: el visitant roman fortament sorprès en contemplar en els museus els ossos fòssils de tan gegantins animals.

Encara un altre canvi de règim, degut a elevacions del terreny que donaren lloc a la formació de grans carenes de muntanyes, inicià l'era *terciària* o *neozoica*, subdividida en els *períodes eocènic, oligocènic, miocènic i pliocènic*. En el transcurs d'aquesta era desaparegueren els gran rèptils; però tot i amb això es multiplicaren les diverses espècies de mamífers, mentre la flora i la fauna s'atansaven cada vegada més a l'aspecte que presenten en l'actualitat.

Un esdeveniment del més alt relleu, la sobtada aparició de l'home per creació, ha mogut els geòlegs a introduir l'última era anomenada *quaternària*, amb les subdivisions de *quaternari antic* i *quaternari modern*, en la qual els animals i les plantes no es diferencien gens dels actuals, i en la qual, a més, com caràcter distintiu pot adduir-se la periòdica invasió dels glaços en els països temperats, fenomen aquest conegut en Geologia amb la denominació de *períodes glacials*.

Amb això hem fet desfilar breument tots els terrenys que integren la crosta sòlida del Planeta, en la gruixària assequible a la nostra observació científica. Per consegüent, qualsevol tros de terra que descobrim, una muntanya, una vall, pertanyerà necessàriament a algun dels terrenys esmentats, ja sigui que els seus materials constitutius s'hagin solidificat en aquell temps, ja sigui que arrabassats per les aigües s'hagin dipositat llavors en el fons d'algun llac o de la mar.

Això posat, buscar l'edat d'un terreny equival a esbrinar els anys transcorreguts en què els seus materials sortiren de l'interior del globus o foren dipositats per les aigües en el fons d'algun llac o de la mar, fins els nostres dies. La idea de determinar l'edat de la terra en el sentit esmentat sortí tan espontàniament amb els moderns progressos de les ciències, que tantost la ciència dita Geologia assolí cert desenrotllament els seus més il·lustres cultivadors es preocuparen ben aviat d'aquest difícil problema, deduint l'antiguitat de la Terra dels mateixos fenòmens que en ella s'estudien: Smith en 1794, Cuvier en 1811, Lyell en 1850, Lord Kelvin en 1862 i Dana en 1875 imaginaren mètodes i fins i tot avançaren xifres, com pot veure's encara en

llurs obres genials; però, precedint-los tots en antiguitat, sobresurt l'astrònom Halley, qui en 1713 tractà ja de determinar l'edat dels oceans deduint-la de la quantitat de sal que en ells està continguda.

I, en arribar a aquest punt, bo serà avançar el que el P. Lluís Rodés, S. J., actual director de l'Observatori de l'Ebre, deixà consignat en la magistral obra d'Astronomia intitulada *El Firmamento*: "Abans de tot hem de manifestar, diu el P. Rodés, en tractar de l'edat de la Terra, la nostra íntima persuasió de què qualsevol resposta que, en nom de la ciència es pretengui donar actualment a aquestes qüestions, serà diferent de la que es donà fa uns lustres i de la que es donarà en el temps venidor; aquí no caben sinó conjectures, més o menys discrepants entre elles, segons que la raó doni major o menor primacia a determinades classes de fenòmens."

Moltíssims són els mètodes ideats fins al present per a determinar l'edat de la Terra; que, per a major clarícia, dividirem en dos grans grups: en el primer s'inclouran els *mètodes no radiactius* i en el segon els *radiactius*.

II. — PROCEDIMENTS NO RADIACTIUS

Quatre mètodes no radiactius han estat proposats i són geològics, físics, astronòmics i biològics, que per aquest mateix ordre exposarem tot seguit.

a) *Mètodes geològics*. — Comencen, doncs, pels mètodes geològics, dels quals uns es refereixen a l'edat dels estrats terrestres i els altres a l'antiguitat dels mars.

Els mètodes geològics referents als *estrats terrestres* es fonamenten en els més variats fenòmens de la Geologia dinàmica, com són la denudació dels massissos muntanyosos, l'erosió de les costes i dels rius, la dissolució química o alteració meteòrica de les roques, la sedimentació marina i fluvial de les valls, deltes i llacs, l'acumulació de la turba, la formació de les estalagmites i estalagmites en les coves, l'avançament o retrocés dels glaciars, el creixement de les illes de coral, l'acumulació dels jaciments salins, l'enfonsament o elevació de les costes, etc., etc.; puix són tants i tan variats aquests fenòmens, que, per poc que ens deturéssim a cadascun d'ells, ens fariem interminables.

Com ja es deixa veure de primer antuvi per llur sola enumeració, molts dels esmentats fenòmens únicament poden proporcionar dades locals o referents tan sols a una determinada antigor. Tot i amb això, del conjunt de tots ells, comparant-los entre si, n'han deduïdes els geòlegs dades preciosíssimes, que les han aplicades a tota la Terra. Clàssiques són les xifres que presentaren Dana en 1875 i Lapparent en 1907: a l'*era primària* atribueix Dana la durada de 36 milions d'anys i Lapparent de 60 milions; a l'*era secundària* Dana li

dóna 9 milions d'anys i Lapparent 15 milions; a l'era terciària Dana li assigna 3 milions i Lapparent 5 milions.

Per aquesta estadística es veu que Lapparent va trobar valors molt més altes, o sigui, 80 milions d'anys pel conjunt de les tres eres; mentre que Dana solament hi trobà 48 milions. Però la durada relativa de les tres eres segueix essent la mateixa en els dos autors, és a dir, que l'era primària durà dotze vegades més que la terciària i la secundària tres vegades més que la mateixa terciària.

Interessants són per demés les raons en què Lapparent fonamenta els seus càlculs. Segons aquest autor, la denudació mitja anual per a tota la Terra, tant la mecànica com la química, és d'uns 17 quilòmetres cúbics, que a la densitat de 2'5 pesarien 42.000 milions de tones. Ara bé; aquesta velocitat de denudació produeix cada milió d'anys uns 50 metres de gruix en el dipòsit sedimentari, suposant-lo repartit uniformement per tota la Terra. D'on dedueix Lapparent que, essent de 40 a 50 quilòmetres el gruix total dels sediments, s'hauran necessitat de 75 a 80 milions d'anys per a llur formació.

Els resultats d'altres geòlegs s'aparten freqüentment no poc d'aquestes xifres. N'adduïrem alguns per mostra:

S. Haughton en 1880	dóna	130 milions d'anys per a les tres eres			
H. H. Hutchitson en 1892	»	600	»	»	»
C. D. Walcott en 1893	»	70	»	»	»
Mellard Read en 1893	»	65	»	»	»
M'Gee en 1893	»	6000	»	»	»
C. D. Walcott en 1900	»	44	»	»	»
A. Geikie en 1903	»	100	»	»	»
W. J. Sollas en 1909	»	33	»	»	»
H. N. Russel en 1921	»	8000	»	»	»

De tots aquests autors el qui atribueix menor antigor a la Terra és Sollas (33 milions) i el qui n'hi atribueix més és Russel (8.000 milions): la diferència no deixa d'ésser verament enorme. Tinguem-ho, doncs, ben present per a les conseqüències que al final tindrem de treure.

El mètode referent a l'edat dels oceans es fonamenta en la determinació del temps necessari per arribar a acumular-se dintre de l'aigua dels mars la quantitat actual de sals sòdiques, especialment clorur o sal de cuina, que s'hi troba. Aquest mètode, perquè tingui alguna valor, suposa que totes aquestes sals provenen de les que continuament hi aporten en dissolució els rius en embocar a la mar; i, a més, parteix de la base que dites sals romanen per a sempre més en els oceans, donat que no s'evaporen, encara que ho facin sense interrupció les aigües per mor de la calor.

Encara que, segons havem dit, la idea d'aquest procediment es deu a Halley en 1715, no obstant fins els temps moderns no s'arribà a conclusions acceptables, distingint-se principalment en aquests estudis el químic irlandès Joly, el qual orientà en aquest sentit els seus treballs allà pels anys de 1899 a 1900. La quantitat de sals sòdiques arrossegades pels rius a la mar s'evalua en uns 150 milions de tones a l'any; i tenint en compte que la quantitat de sal marina arriba a la xifra exorbitant de 10 mil milions de tones, l'esmentat Joly deduí que l'antiguitat dels oceans puja a 98 milions d'anys.

Posteriorment els geòlegs han rectificat un xic aquesta xifra i així ens trobem amb els resultats següents: Jeffreys els assigna 80 milions d'anys; W. J. Sollas, en 1909, de 80 a 150 milions; J. F. Becker, en 1910, de 50 a 70 milions; F. W. Clarke, en 1920, 89 milions; i últimament, T. C. Chamberlin, en 1922, 100 milions d'anys.

No hem d'amagar quant perillosos i exposats a error poden ésser aquests càlculs, en intentar mesurar tan enormes duracions de temps amb un rellotge la marxa del qual es coneix des de fa relativament pocs anys. Tots aquests mètodes suposen evidentment un règim climatològic semblant a l'actual, essent així que de les cent probabilitats, les noranta nou estan en favor d'un règimen variable, segons els diferents períodes de la història del nostre Planeta, però sempre molt distint, del que ens proporciona la història de la humanitat.

T. C. Chamberlin, que abans hem ja esmentat, en un interessant estudi sobre l'edat de la Terra, exposa llargament les correccions que creu deuriem introduir-se en els càlculs, que prenen com a fonament els actuals transports de sediments i sals sòdiques fets pels rius; i, entre aquests factors, addueix com molt importants els tres següents: *factor altura*, *factor extensió* i *factor home*. Efectivament el relleu terrestre modifica enormement els fenòmens de denudació i de transport, resultant tant més intensos quant més pronunciats siguin els relleus. En segon lloc l'extensió de les terres fermes és factor de la més alta transcendència, ja que, en igualtat de les altres circumstàncies, a major extensió correspondrà també major superfície exposada a sofrir el treball no interromput de les aigües. Per últim, l'home ha tingut no poca part en dits fenòmens, puix que amb la tala dels boscos, amb el cultiu dels camps i amb les diferents obres d'enginyeria, altera no poc l'acció demolidora de les aigües. Pretendre, doncs, mesurar el què passà a la Terra abans de la creació de l'home pel que ara succeeix, és exposar-se evidentment a falsejar les dades de la història del nostre Planeta.

b) *Mètodes físics*. — I passem ja ara a fer la revista dels mètodes físics que també es refereixen a dues classes de fenòmens: primer, al temps que degué transcórrer des de la formació per refredament d'una capa sòlida en la Terra, suficient per a la vida dels animals i de les plantes; i segon, a la

valor de l'escurçament del radi terrestre deduït dels plegaments de la crosta. Però també aquests dos procediments han de suposar dades sumament incertes, com són la temperatura de la Terra en l'estat igni, la temperatura actual en el seu interior, la calor específica de la massa del globus, etc., etc. Per això les xifres que, basant-se en aquests mètodes donen els geofísics, no poden admetre's sense molta reserva.

Com a comprovació del que acabem de dir, bastarà esmentar els càlculs de l'astrònom Poisson. Aquest autor, per a determinar l'edat de la Terra, fa dues hipòtesis i de cada una d'elles treu xifres ben diferents: "Suposant, diu, que la temperatura del globus fos de 3000° en el moment en què la crosta sòlida es comença a formar, es trobaria que des de llavors haurien d'haver passat uns 108 milions d'anys. Si s'admet, però, que la temperatura original de la Terra era solament de 1500°, temperatura més que suficient per a fondre totes les roques conegudes, llavors el temps transcorregut des del començament de la solidificació fins a nosaltres no seria més que de 27 milions d'anys, o sia, la quarta part.

Els resultats fundats en el refredament terrestre, a més dels esmentats, són els següents: Lord Kelvin en 1862 donà 100 milions d'anys; Davison, G. H. Darwin i M. Reade en 1893 donaren també 100 milions d'anys; C. King 1893 donà 10 milions; Lord Kelvin, abans esmentat, rectificà en 1899 la xifra de 100 milions d'anys i baixà a 10 milions; C. F. Besker en 1910 donà 60 milions, i el mateix any J. Koenisberger donà 30 milions d'anys.

Els resultats deduïts de l'escurçament del radi terrestre són bastant més elevats i es deuen principalment a Rudzki, el qual en 1895 atribuïa a la Terra una antiguitat de 200 milions d'anys i en 1901 l'estenia a 500 milions. Geodèsics hi ha que, no sense gran arbitrarietat, asseguren que el radi terrestre ha disminuït cosa d'un centímetre a conseqüència del refredament i que aquesta contracció correspon a una pèrdua de 300° de temperatura. Ara bé, per a realitzar-se aquest fenomen calculen que s'hauran necessitat uns 2000 milions d'anys.

c) *Mètodes astronòmics.* — No hem volgut deixar, encara que no sigui més que a títol de curiositat, els mètodes astronòmics, ideats per a calcular l'edat de la Terra, no menys incerts que els anteriors. Ens limitarem a indicar-ne tres dels més principals, el de Mayer Eymer, el de Darwin i el d'Emili Belot.

El mètode de Mayer Eymer, proposat en 1884, s'anomena *precessional*. Aquest mètode es fonamenta en la hipòtesi que, a conseqüència de la precessió dels equinoccis, els dos hemisferis de la Terra, boreal i austral, travessen successivament cada 21.000 anys una fase de mars elevades i una altra fase de mars en descens, per quedar desplaçat el centre de gravetat de la Terra, com

a conseqüència de l'acumulació de glaços i neus en l'hemisferi més fred. La invasió o retrocés de les aigües, segons l'autor d'aquesta hipòtesi, assoleix una amplitud que oscil·la amb l'excentricitat de l'òrbita terrestre, o sigui, que el desnivell solament arriba a 200 metres en èpoques de mínima excentricitat i fins a 1.000 metres en èpoques de màxima.

Meyer aplica aquests principis a l'era terciària, principalment, que divideix en 15 etapes, subdividida cadascuna en dos períodes, comprenent tot el conjunt d'aquestes etapes uns 350.000 anys. Aquests valors, com se veu, difereixen força de les de Dana (3 milions d'anys), que en general són considerades ja com massa baixes; per això Lapparent, en fer la crítica d'aquesta xifra, posa en dubte la bondat del procediment, aduint la impossibilitat de què fenòmens tan complexos, com els de l'era terciària, hagin pogut desenrotllar-se en un espai de temps que, segons la majoria dels autors, seria ja insuficient per a l'època glacial.

Darwin, a qui segueixen molts dels astrònoms moderns, fundant-se en el moviment actual de la Lluna i en l'influx d'aquest astre sobre la Terra per al fenomen de les marees, suposa que el nostre satèl·lit es desprenqué en altre temps del nostre Planeta. Quan? *Darwin* calcula que fa 56.800.000 anys la Lluna es trobava distant de la Terra 15'6 radis terrestres i que 10.000 anys enrera la distància era solament de 9 radis terrestres. Per consegüent la separació esdevindria fa uns 58 milions d'anys, i a comptar d'aquella data haurien tingut lloc a la Terra la seva completa solidificació i la formació dels oceans i terrenys sedimentaris. Però, ¿abans de despendre's la Lluna, hauria transcorregut molt de temps des que la Terra es trobava con astre independent, separada del Sol? A aquesta pregunta respon *Jeffreys* assegurant que la Lluna es va formar uns 10.000 anys després d'haver-se separat la Terra del Sol i quan s'iniciava la seva solidificació.

Ja és hora de fixar la nostra atenció en les idees revolucionàries, científicament parlant, del savi francès *Emili Belot*, qui des de 1905 començà a publicar en diferents revistes les seves genials concepcions, fins a fer-les cristallitzar en 1911 en les seves obres mestres *Essai de Cosmologie tourbillonnaire* i *L'origine des formes de la Terre et des Planètes*.

Belot assigna primitivament a la Terra quatre satèl·lits, el més distant dels quals seria la Lluna, que a conseqüència de la seva massa relativament important, va impedir als altres tres, especialment al terç, de condensar-se en masses úniques; per la qual cosa aquests tres primers satèl·lits degueren ésser anells d'asteroides. No existint actualment sinó la Lluna, els restants satèl·lits caurien en la regió equatorial de la Terra en distintes èpoques, que dependrien de llurs distàncies relatives. Les pressions equatorials causades per la precipitació de cada u dels dits satèl·lits donaren lloc a un esforç orogonètic, o de producció de muntanyes, amb intervals relatius que dependrien de la

distància dels mateixos satèl·lits i que coincidirien amb les èpoques geològiques en què es formaren les principals carenes de muntanyes. El primer satèl·lit, distant de la superfície de la Terra 2'2 radis terrestres, determinà les *carenes caledonianes*, és a dir, d'Escòcia, Suècia i Noruega, del període silúric; el segon satèl·lit, distant 7'7 radis terrestres produí en el període permo-carbònic les *carenes* dites *hercimianes*, que a Europa constitueixen les sèries de muntanyes que, des de l'Estret de Gibraltar arriben fins a l'Oceà Glacial Àrtic, entre les quals mereixen especial menció la carena Ibèrica, els Cárpatos i els Monts Ural. El terç satèl·lit, distant 23'6 radis terrestres, determinà durant l'era terciària els *aixecaments* anomenats *alpíns*, que tenen com a representants més caracteritzats els Pireneus, els Alps i l'Himalaya.

Segons el pensament de Belot, la durada relativa del silúric al carbònic fou de 5'5 i la del carbònic al terciari, de 15'9; la qual cosa significa que la durada dels períodes geològics s'allarga conforme disten menys de nosaltres. Amb això s'aparta Belot del parer unànime dels restants geòlegs, així com també dissenteix aquest autor en estudiar l'era primària o azoica, que divideix en tres períodes: nebulós, igni i diluvià. En el primer període, de curta durada, potser d'alguns mesos solament, els materials de la Terra es trobarien a temperatura superior a 3000°, en estat de vapor lluminós. El període igni el fa començar Belot quan la temperatura baixà ja notablement per sota dels 3000° i quan una part de les substàncies vaporitzades anaren condensant-se i formant un nucli líquid, que augmentaria de diàmetre a costa de l'atmosfera circumdant: la durada d'aquest període fou probablement de pocs anys. El període diluvià, caracteritzat per l'arribada d'aigua al nucli baixà a 364°, temperatura crítica de l'aigua; la durada total d'aquest període, en què Belot fa acabar l'era arcaica, no excediria d'alguns milers d'anys, fins que la temperatura mitja arribà a uns 70°, temperatura en què la vida comença sota la forma vegetal (algues dels geysers) i per coagular-se les albúmines no pot sobrepassar-se sense defallir les cèl·lules animals.

El propi Belot resumeix al final de les seves obres les diferències essencials entre la seva teoria i la dels restants geòlegs. Diu així referint-se a les nocions enterament noves, que surten dels seus principis i les condensa en dues: o sigui, "la dels punts de referència, són les seves paraules, per evaluar la durada de les èpoques geològiques mitjançant la distància primitiva dels satèl·lits de la Terra, i la de l'edat relativa d'era primària, en la qual el gruix dels sediments és obra no del temps, sinó del treball formidable i relativament curt dels corrents oceànics. Així, doncs, segueix dient, l'oposició de mètode és completa entre l'escola geològica actual i la nova Geologia. La primera pren per fi el problema geogènic, que la segona té la lògica de pendre per principi, on es troba desprovist de la complexitat dels fenòmens vitals, dels glaciers, etc. La nova Geologia, acaba dient Belot, no té de fer integracions

aventurades; ho deriva tot de les propietats físiques i mecàniques dels fluids (nebulós, atmosfèric, aquós, igni), que segurament subsisteixen els mateixos en totes les èpoques, la qual cosa li permet arribar d'un salt fins a l'origen."

Així s'expressa l'autor de la *Cosmogonia giroscòpica*. Però no tots els científics parlen amb tanta lloança d'aquesta teoria, com el propi Belot, i el mateix crec que esdevindrà amb la generalitat dels nostres lectors. Poincaré, en la seva notable obra sobre les hipòtesis cosmogòniques, malgrat d'abstenir-se de formular dificultats contra la hipòtesi de Belot, parla amb termes que molt bé deixen traspuar la seva disconformitat en certs punts.

d) *Mètodes biològics*. — Amb el que acabem de dir es posa punt final als mètodes astronòmics, per a dir quatre paraules tanmateix sobre els mètodes biològics. El fonament d'aquests mètodes és l'evolució de les espècies, mitjançant la qual es dedueix el temps necessari perquè els éssers vivents assolissin el desenrotllament amb què han anat apareixent durant el curs de les edats geològiques.

En aquest sentit han efectuat alguns assaigs Lyell, Mathew, Wedekind, Darwin, Dacqué i altres; però, com parteixen d'un fonament tan discutible i tan aeri, fins en el cas que fos vertader, no és de meravellar que els resultats hagin estat fins ara gairebé nuls. Així, per exemple, Lyell prengué per a cronòmetre la velocitat de modificació dels mol·luscs després de l'aparició de la vida sobre la Terra, i trobà per aquest mitjà 40 milions d'anys; i com que, segons el mateix autor, el període azoic precedent comptaria una durada almenys igual, d'aquí que Lyell atribueixi a la Terra una antiguitat de 80 milions d'anys. Darwin també tractà de resoldre aquest problema en el seu llibre sobre l'origen de les espècies, encara que ací es portà més com a filòsof que com a naturalista, treient-ne la conseqüència que la marxa del cronòmetre havia variat segons les èpoques i, per tant, que era impossible deduir-ne cap indicació aproximada sobre l'edat de la Terra, per l'evolució de les espècies.

Un dels autors que recentment, o sigui l'any 1922, s'ha ocupat de la determinació de l'edat de la Terra pel mètode biològic ha estat el geòleg americà J. M. Clarke, el qual confessa també palesament que no pot arribar-se a cap conclusió numèrica, i la raó que ell dóna és perquè l'evolució es presenta molt més ràpida en unes espècies que en altres. I així addueix l'exemple de quelques espècies que han subsistit sense alteració a través de diverses edats geològiques, i a aquestes espècies les anomena Clarke *tipus immortals*; altres espècies, en canvi, evolucionaren amb tanta celeritat que aquesta ràpida transformació ha merescut el qualificatiu d'*evolució explosiva*. Malgrat això, no deixa de cridar l'atenció en aquest autor el que s'arrisqui a assegurar que l'edat de la Terra per aquest procediment es trobarà ésser molt supe-

rior a la que dedueixen els geòlegs fundant-se en els procediments geològics.

Perquè es vegi el poc fonament de les anteriors assercions bastarà exposar el cas que el mateix Clarke explica llargament en la seva dissertació sobre l'edat de la Terra. Pondera aquest famós autor com ja en el terreny càmbric existiren animals de gran complicació orgànica, entre els quals esmenta el crustaci *Burgessia* i el trilobites *Neolenus*, dient que en punt a complicació aquests animals es diferencien respecte dels tipus primitius d'organització senzilla molt més que no els mamífers del quaternari respecte dels esmentats crustaci i tribolites del càmbric. D'on Clarke dedueix lògicament, que degué transcórrer molt més temps de la primera producció dels animals al càmbric que no del càmbric al quaternari.

III. — PROCEDIMENTS RADIACTIUS

Abans de tot cal exposar breument algunes nocions de radiactivitat que serviran no poc per a la millor comprensió d'aquests procediments.

a) *Nocions de radiactivitat.* — S'anomena *radiactivitat* el fenomen pel quals certs cossos exhaleu uns raigs invisibles en ells mateixos, dotats de propietats excepcionals, com són el travessar els cossos opacs, impressionar les plaques fotogràfiques, determinar la fosforescència de certes substàncies, etcètera. Els elements primàriament i fonamentalment radiactius són l'urani i el tori. Aquests dos últims, per emissió d'unes *partícules* anomenades *alfa*, que són nuclis d'heli, i de *partícules beta* o electrons, van transformant-se en altres elements, anomenats també radiactius, fins a parar en el radi G, que és una espècie de plom, el qual ja no experimenta ulterior desintegració.

Es coneix amb el nom de *constant radiactiva* la fracció de massa total, actual, que es transforma per segon i sol representar-se per la lletra grega λ . Així la constant radiactiva de l'emanació de radi val $1/481.250$: la qual cosa significa que, en cada segon, es transforma una quantitat d'emanació equivalent a la 481.250^{ena} part de l'emanació existent en aquell mateix temps. Es diu *vida mitja* d'un element radiactiu la inversa de la constant radiactiva, que es representa per Θ i equival a $1/\lambda$. Segons això, la vida mitja de l'emanació de radi serà de 481.250 segons, és a dir, cinc dies i mig pròximament. *Període de transformació* és el temps que necessita una quantitat determinada de substància radiactiva per a reduir-se a la meitat. Es representa per la lletra T i no coincideix amb la vida mitja, sinó que aquesta és 1'443 vegades superior al període de transformació. La fórmula que relaciona les dues constants és:

$$\Theta = 1'443 T$$

Així la vida mitja del radi és de 2.240 anys; la vida mitja de l'emanació de radi és, com acabem de dir, 5'55 dies i el període de transformació d'aquesta mateixa emanació és de 3'85 dies.

Quan un cos radiactiu es queda fix en un lloc i cap dels productes que d'ell deriven desapareix, resulta que, a proporció que aquell minva, augmenta ensems la producció de cossos formats, els quals, si són també radiactius, desapareixen de la mateixa manera; però s'arriba a un moment en què les quantitats d'elements que s'eliminen queden exactament compensades pels nous productes que es van produint, i en aquest cas es té el que se'n diu *equilibri radiactiu*. Els cossos, la massa dels quals experimentaran variacions definitives seran els primitius, que sense parar aniran disminuint, i els terminals que pel contrari aniran augmentant.

A Strutt es deu el càlcul exacte de la quantitat anyal de gas heli que produeix un gram del mineral *uranita*, que és un òxid d'urani. A aquest fi, es dissol en aigua una quantitat determinada de sal d'urani, i, després d'haver eliminat de la solució totes les traces d'heli, la deixà Strutt durant algun temps en un recipient tancat, i a l'últim amidà amb gran exactitud el volum de l'heli format, i trobà que, a cada gram d'uranita, corresponien 107 mil·lionèsimes de centímetre cúbic d'heli, quantitat vertaderament exígua.

Més difícil es fa la indagació del Radi G o plom produït, tenint en compte les escasses quantitats que se n'originen en un període de temps curt. No obstant, pels càlculs, es dedueix que un gram d'uranita produeix a l'any 121 bilionèsimes de gram de plom.

b) *Mètode de l'heli i del plom*. — I vinguem ja a les explicacions d'aquestes curioses propietats dels cossos radiactius a la determinació de l'edat de la Terra. Donat el que precedeix, es comprendrà sense dificultat quan fàcil sigui, teòricament parlant, la determinació de l'edat dels minerals d'urani i de tori, que sempre van acompanyats d'heli i de plom; ja que, a major quantitat d'heli i de plom, en igualtat d'urani i de tori, senyal que han passat més anys des de llur formació.

Seguint un procés matemàtic, per cert no molt complicat, es ve a parar a dues fórmules que donen immediatament els anys del mineral. Les fórmules adoptades pels minerals uranífers es redueixen a dues: la que es fonamenta en la proporció d'heli és la següent:

$$x = \frac{He}{U} \times 10^8 \text{ anys}$$

i la que parteix de la proporció de plom és aquesta altra :

$$x' = \frac{Pb}{1.21 \times 10^{-10} \frac{U}{U}} \text{ anys}$$

En aquestes fórmules x i x' representen els anys del mineral calculats per l'heli i pel plom respectivament: He indica el nombre de centímetres cúbics de gas heli; Pb , els grams de plom, i U la quantitat d'urani present.

Efectuant les operacions resulta :

$$x = \frac{He}{U} \times 9,3 \text{ milions d'anys}$$

$$x' = \frac{Pb}{U} \times 8.200 \text{ milions d'anys}$$

Si es busca aquesta edat per la quantitat d'heli que inclou el mineral, n'hi ha prou amb buscar la relació de l'heli a l'urani i multiplicar-la per 9,3; el número resultant donarà els milions d'anys. Si es pretén trobar aquesta edat per la quantitat de plom, es busca la relació del plom a l'urani i es multiplica per 8.200; el número resultant d'aquesta multiplicació donarà també els milions d'anys del mineral. De la relació de l'heli a l'urani, $\frac{He}{U}$ se'n diu *coeficient d'heli*, i la relació de plom a l'urani $\frac{Pb}{U}$ s'anomena *coeficient de plom*.

Per a l'exactitud dels càlculs són necessàries les següents condicions :

1.^a *Que la velocitat de transformació obeeixi a una llei immutable.* Aquesta immutabilitat s'ha observat, en efecte, sempre que han estat estudiades les substàncies radiatives; de forma que fins ara no s'ha aconseguit alterar-la, ni tan sols utilitzant els agents físics més poderosos, dels que actualment disposem; la qual cosa és una garantia de seguretat, que manca completament en les determinacions fundades en els fenòmens geològics, on sempre cap el dubte de si en altres temps es realitzaren amb la mateixa velocitat que ara. Tot i això, no hem d'ocultar certs dubtes que últimament s'han suscitat sobre la constància en la desintegració dels elements radiactius; puix sembla haver-se observat una petita acceleració de l'activitat a temperatures elevades, que desapareix amb el refredament. No obstant, aquests experiments demanen ulterior comprovació i, donat encara que fossin vertaders, l'influx en la justesa de les determinacions seria molt petit.

Un altre factor hi ha que certament fa disminuir en la naturalesa les quantitats d'heli i de plom formats en la unitat de temps, i és la constant dis-

minució de la massa d'urani i de tori per raó de la mateixa desintegració; puix la velocitat de transformació de l'urani i del tori és, a cada instant, proporcional a la massa d'urani i de tori no transformats; i, com que aquests cossos en el curs de la desintegració disminueixen, d'aquí que han de disminuir també les quantitats de productes residuals. Emperò, com la disminució de l'urani i del tori és molt lenta, per a períodes curts, pot prescindir-se d'aquesta disminució de massa, ja que la quantitat de producte no format sols es redueix a la meitat després de transcorreguts molts centenars de milions d'anys.

2.^a *Que el plom i l'heli siguin efectivament radiactius.* De l'heli quasi no pot dubtar-se que provingui de la desintegració d'elements radiactius, donat que aquestes determinacions, com després veurem, es practiquen en roques d'origen igni, que, en solidificar-se no pogueren incloure sinó quantitats insignificants de gas heli; el mateix succeeix amb el plom. Tot i amb això, una interessant propietat d'aquest metall, que és de procedència radiactiva, ha donat la clau per assabentar-nos de la bondat dels càlculs, i és el seu pes atòmic.

En efecte: el plom ordinari té de pes atòmic 207'2 i el plom provinent de l'urani, 206. Per consegüent, per als càlculs, serà necessari tenir en compte solament la proporció de plom de pes atòmic 206 i prescindir del restant, si n'hi hagués. No obstant, cal evitar la presència de molta quantitat de plom no radiactiu, perquè dificulta la separació dels dos i consegüentment els càlculs. I així, gairebé no pot comprovar-se l'antiguitat de la peclenda de molts filons metallífers, perquè el plom isòtrop, produït pel mineral es troba com diluït en una gran massa de plom del filó.

3.^a *Que el plom i l'heli, suposant-los d'origen radiactiu, no deguin llur origen a transformacions distintes de les considerades.* Aquesta condició es posa, perquè no solament l'urani pot produir plom i heli, sinó també el tori. D'on se segueix que, abans de tot, deurà investigar-se si junt amb el mineral d'urani existeix algun mineral de tori, ja que la velocitat de transformació d'aquest es diferencia de la de l'urani; en aquest cas haurien d'introduir-se les correccions convenients; puix que un gram de torita, que és mineral de tori, produeix el mateix heli que 0'203 grams d'uranita, mineral d'urani. I la complicació augmenta extraordinàriament quan es troben plegats l'urani i el tori, pel fet que el plom del tori té de pes atòmic 208, o sigui, quasi una unitat més que el del plom ordinari.

4.^a *Que ni el plom ni l'heli ni els productes radiactius hagin estat eliminats en part de la roca objecte d'estudi.* L'heli, donat el seu caràcter gasós, és el que es troba més exposat a experimentar pèrdues per entremig de les esquerdes de les roques; per això s'han d'escollir minerals molt resistents a les accions de l'atmosfera o de les aigües, i, entre tots ells, s'ha trobat

ésser el més apte el zircon o anhídrid zircònic-silícic. Que el zircon retengui l'heli molt millor que no altres cossos, ho demostra el fet de trobar-se sempre en dit mineral una més gran proporció d'aquest gas que no en els minerals del costat. De totes maneres, com mai hom podrà estar del tot cert de no haver-se escapat gens d'heli en el transcurs del temps, aquest procediment donarà tan sols *valors mínimes*.

També el plom es troba exposat a pèrdues, especialment per l'acció de l'aigua; d'aquí que per a aquestes determinacions s'hauran d'escollir roques de gran resistència i que pel mateix aspecte llur d'inalterabilitat ofereixin suficients garanties de no haver experimentat cap canvi.

5.^a *Que els minerals uranífers siguin del mateix temps que la roca on es troben.* Per manca d'aquesta condició han degut excloure's les roques calisses i, en general, totes les roques sedimentàries, les quals per altra part semblarien les més indicades per a servir de base a una bona cronologia, donada llur riquesa en fòssils: la gran varietat de resultats obtinguts quan s'han volgut utilitzar per aquestes determinacions les roques sedimentàries, han fet desistir de continuar servint-se'n. Però, a més, es veu que així devia succeir, puix la Geologia ensenya que els minerals encastats en les roques sedimentàries es formaren, per regla general, en època anterior a la de la mateixa roca sedimentària.

Per totes aquestes raons ha estat necessari aprofitar-se de roques d'origen igni, i entre els molts minerals que les formen, el zircon sota altres respectes s'ha vist ésser especialment apte per aquestes determinacions. En efecte: els minerals d'urani i de tori, a conseqüència de llur poca solubilitat en el magma de les roques en fusió, haurien estat els primers productes que es dipositaren i al voltant dels cristalls d'aquests cossos degueren concentrar-se els cristalls de zircon, la densitat dels quals és així mateix elevada.

c) *Mètode dels halos policroïcs.*—Passem ja a l'estudi del segon mètode radiatiu, que és el dels halos policroïcs, mètode sumament interessant i el més recent de tots, per la qual cosa l'exposarem un xic llargament.

Policroïsmo o *pleocroïsmo*, en Mineralogia, és la propietat que ofereixen alguns cristalls de presentar per transparència colors diferents, segons la direcció en què se'ls observa. El fenomen dels halos policroïcs o pleocroïcs és un especte particular de policroïsmo i consisteix en la particularitat que ofereixen certs minerals de colors, especialment algunes miques i la cordierita (1) mirats al microscopi, de presentar taques fosques de forma circular.

(1) La *cordierita* és un silicat aluminic-ferrós-magnèsic d'aspecte hexagonal, encara que cristallitza en el sistema ròmbic. És notable en aquest mineral el marcat policroïsmo; puix, segons un eix òptic presenta color blau intens, mentre que si se l'observa en altra direcció, normal a la primera, el color és groguenc bru. És mineral de certa valor en joieria.

En el centre de cadascuna d'aquestes taques s'ha comprovat sempre l'existència d'alguna inclusió de zircon o d'altres minerals radífers o torífers, entre altres l'apatit i l'allanita (1).

El fenomen dels halos policroics era conegut de feia molt temps; però no podia donar-se'n una explicació satisfactòria, fins que Strutt, en les seves investigacions dels cossos radiactius, trobà que tant el zircon com l'apatit i l'allanita dels halos pleocroics eren fortament radiactius. D'aquí es deduí que aquests halos eren efecte de la radiactivitat del petit cristall que els servia de nucli. Els esmentats halos pleocroics solen presentar fins a set anells concèntrics, els més exteriors dels quals, com després s'ha comprovat, són deguts al radi C i els més interns a l'urani o tori.

Es descobrí la procedència radiactiva dels halos pel següent procés: se sabia que els raigs dels cossos radiactius, entre altres accions químiques, tornaven de color de viola o bru el vidre, la porcellana, l'esmalt i actuaven sobre les plaques fotogràfiques impressionant-les. ¿Per què, doncs, no devien obrar d'una manera semblant sobre la mica? Experiències fetes per Joly i Rutherford comprovaren la veritat d'aquestes prediccions i fins i tot s'obtingueren mesures bastant exactes d'halos pleocroics artificials per a fundar-hi un nou mètode de determinació de l'edat dels minerals. Les experiències es practicaren amb una mica bruna del Comtat de Carlow a Anglaterra, en la qual els halos eren deguts a elements radiactius de la família de l'urani.

Abans de tot es determinà experimentalment el nombre de partícules alfa necessàries per a produir determinades taques sobre la mica. A aquest fi es recobria la mica amb una placa de plom que la defensés de les radiacions i en la qual solament es deixava una petita obertura, sobre la qual i verticalment es col·locava un tub capil·lar amb una quantitat coneguda d'emanació de radi; tot el conjunt es tancava dintre d'una campana, on després es practicava el buit. Transcorregut cert temps, es desmuntava el dispositiu, i sempre pogué comprovar-se la presència en la mica d'una taca d'aspecte semblant al dels halos pleocroics naturals. Per la quantitat d'emanació esmerçada i pel temps durant el qual actuava sobre la mica es deduí amb gran exactitud el nombre de partícules alfa utilitzades en aquesta operació.

Independentment es determinava, mitjançant el microscopi, el diàmetre del nucli, al voltant del qual es trobava l'halo natural; per aquí es calculava la massa, i de la proporció d'urani d'altres cristalls més grans de zircon de la mateixa roca, es deduí la quantitat d'urani continguda en el nucli. Aquest mètode indirecte es feia aquí del tot indispensable en atenció a la petitesse dels nuclis.

(1) L'allanita és un silicat complex d'Al, Ce, Di, La, Y, Er i Fe que es presenta en masses circulars o compactes del sistema monoclínic i de color groc o vermellós amb brillantor de reina.

Amb aquests preliminars es comparava, sota el microscopi, un halo natural amb tota la sèrie de taques artificials obtingudes, segons el procés indicat, fins a topar-ne una, l'opacitat de la qual respongués de la manera més exacta amb la de l'halo natural. El conjunt d'aquestes dades preliminars proporcionava el fonament suficient per a deduir pel càlcul l'edat de la mica. El nombre de partícules alfa que degueren actuar sobre la mica durant el transcurs del temps, es deduïa amb força aproximació prenent com tipus de comparació les esmerçades en la producció de la taca artificial, i d'aquest mateix nombre de partícules es deduïa la massa d'urani que degué desintegrar-se des de la formació del mineral. Coneixent, doncs, la massa primitiva d'urani i la massa actual, per una senzilla fórmula es dedueixen els anys transcorreguts des de la seva inclusió en la roca.

La teoria de les transformacions radiatives ofereix la següent equació:

$$\frac{M'}{M + M'} = e^{-\frac{t}{T}}$$

en la qual M representa la massa d'urani desintegrada, M' la massa d'urani existent en el moment de l'observació, e la base dels logaritmes naturals, T el període de transformació de l'urani, i t el temps esmerçat en la formació de l'halo.

Totes les quantitats poden determinar-se experimentalment, llevat de t la qual sense gran dificultat pot treure's de l'equació.

d) *Valors trobades.* — Es desitjarà ja conèixer els resultats obtinguts pels mètodes radiactius fins ara exposats.

La idea de la determinació de l'edat dels terrenys per radiactivitat sembla que es degué a Rutherford, encara que la pràctica de la determinació és obra principalment de Strutt. Els càlculs han estat executats quasi exclusivament amb minerals de zircon, encastats en roques les més diverses per llur composició i antiguitat; però al mateix temps en roques, de l'edat relativa de les quals no pogué dubtar-se per llurs relacions amb l'estratigrafia circumdant, i així estengué Etrutt els seus assaigs als granits dels Monts Ural i del Colorado en els Estats Units, pertanyents al paleozoic; a la sienita juràsica de Noruega; a les laves miocèniques d'Auvèrnia a França; a les laves pliocèniques de Nova Zelanda; a les laves pleistocèniques d'Eiffel a Alemanya i a les roques quaternàries del Vesubi, fixant-se principalment en l'heli que les esmentades roques contenien.

En canvi B. B. Boltwood treballà en el coeficient de plom. Per aquest fi utilitzà el mineral pecblenda, que es troba en una roca feldespàtica del terreny carbonífer de Gladstonbury, en els Estats Units, i la pecblenda també d'un granit silúric de Brancheville en els Estats Units i en certes roques eruptives de Moss i Arendal a Noruega, pertanyents al terreny azoic (període arquense).

Resumirem primer, segons ho porta Hobes, els resultats fins ara assolits pel mitjà de la radiactivitat, servint-se de l'heli i del plom de les roques radiactives.

TERRENYS	MÈTODE DE L'HELI	MÈTODE DEL PLOM
<i>Azoic.</i>	710 milions d'anys	1400-1600 milions d'anys
<i>Silúric.</i>	209 » »	410 » »
<i>Devònic.</i>	146 » »	370 » »
<i>Permo-carbònic.</i>	145 » »	340 » »
<i>Cretaci.</i>	50 » »	
<i>Eocènic.</i>	30 » »	
<i>Oligocènic.</i>	8 » »	
<i>Miocènic.</i>	6 » »	
<i>Pliocènic.</i>	2'5 » »	

Existeix a Moss (Noruega) el mineral broegerita (1) encastat en roques del terreny precàmbric. El plom d'aquest mineral, segons determinacions de Hönigschmied i de F. St. Horovitz, es va trobar que era tot ells de pes atòmic 206'06 i que la raó del plom a l'uranita era de 1 a 3. Prenent, doncs, el plom com d'origen exclusivament radiactiu, s'ha trobat la xifra de 925 milions d'anys per l'edat del mineral.

Barrell atribueix a l'era primària, deduint-ho de la radiactivitat, de 360 a 540 milions d'anys; a l'era secundària, de 150 a 180 milions; i a l'era terciària, de 55 a 65 milions d'anys.

Els resultats obtinguts pel mètode dels halos pleocroics es deuen a Rutherford i a Joly: aquests autors en 1910 avançaren valors que oscil·laven entre 50 i 470 milions d'anys. Recentment, en 1922, Joly fa oscil·lar l'edat de la Terra entre 150 i 200 milions d'anys.

Quina valor cal atribuir a totes aquestes determinacions? Examinem-ho. Generalment, en totes les valors trobades, es nota una gran coincidència entre les edats obtingudes pels diferents terrenys i llur ordre de successió, segons quedà establert des d'un principi en Geologia. Com era ja de preveure, per uns mateixos terrenys l'edat resultà un xic més forta quan s'utilitzà el coeficient de plom en lloc del de l'heli; puix hi ha menys probabilitat d'haver-se perdut plom que no heli, en els transkurs dels temps.

(1) És la *broegerita* una varietat d'uraninita molt rica en tori, que es troba a diferents llocs de Noruega.

Lord Rayleigh assegura haver trobat sempre, parlant en general, l'antiguitat dels terrenys superior en una tercera part, quan s'evalua pel plom sobre la mateixa antiguitat evaluada per l'heli. Aquesta discrepància constitueix més bé, segons havem dit, una brillant confirmació de la bondat del procediment.

En la taula d'Holmes, en mig d'aquesta concordança entre les edats i els sistemes geològics, s'atribueix a tots els terrenys una major antiguitat que la que fins el present es deduïa de la generalitat dels mètodes no radiactius. Qui té la raó? Impossible es fa d'esbrinar-ho. Mirat en ell, el mètode de la radiactivitat sembla que hauria d'ésser el més exacte; tot i això, són amb freqüència tan anormals les xifres trobades, que a no pocs els ha fet dubtar de la justesa dels procediments. Boltwood en 1907 obtingué 280 milions d'anys per una torianita de Ceylan, fundant-se en el coeficient d'heli, i per la mateixa torianita, utilitzant el coeficient de plom, arribà a la valor de 2.200 milions d'anys. G. F. Becker en 1908 examinant l'edat dels minerals d'un mateix jaciment, arribà a valors que oscil·laven entre 1.671 i 11.470 milions d'anys. Els exemples podrien multiplicar-se.

En el mètode dels halos pleocroics les anomalies són també freqüents. Joly dona compte d'una d'aquestes anomalies en un treball seu que aparegué a la revista anglesa *Nature* de l'any 122. En una de les seves investigacions s'ocupà d'una mica pertanyent al terreny primitiu (arquense) d'Ytterby, en la qual es veien petits halos esfèrics, incolors, amb una partícula central opaca en molts d'ells. Les aparences òptiques feien creure que en aquestes esferes l'índex de reflexió de la mica havia augmentat. Joly atribueix aquests halos a un origen radiactiu, i creu, a més, que la substància degué experimentar l'acció d'una temperatura de 700°, que destruiria els halos primitius; més tard, en reaparèixer les condicions favorables de temperatura, es reproduirien els halos. L'esmentat autor sospita que l'element radiactiu que provocà aquests halos no seria cap membre de la família de l'urani, sinó un altre element desconegut fins ara, amb una velocitat de desintegració milions de vegades inferior a la de l'urani. Si aquestes sospites de Joly fossin vertaderes, serien inútils tots els esforços per a trobar l'estat de la Terra pels halos poli-croics.

Altres anomalies observades també pel mateix Joly en els halos pleocroics l'han fet dubtar de la constància dels fenòmens radiactius, fins al punt de creure que la corba d'ionització de la família de l'urani durant l'època devònica no degué ésser la mateixa que l'actual; la qual cosa, d'ésser veritat, introduiria greus errors en les evaluacions fundades en els mètodes radiactius. L'edat d'un terreny, calculada segons els minerals d'urani, la trobà Joly quatre vegades superior a l'edat calculada pels minerals de tori. A aquests els conceptua, en llur desintegració, molt més constants que no els mine-

ral d'urani, i sobre d'ells, per consegüent, proclama que cal practicar els càlculs d'ací endavant.

IV. — ELS ENSENYAMENTS DEL GÈNESI COMPARATS AMB ELS DE LA CIÈNCIA

Quedaria incomplet aquest treball, si abans d'acabar-lo no el relacionés amb el Gènesi, donat el caràcter apològic dels ANALECTA. No podrà tractar-se aquest punt amb l'amplitud que es mereixeria, puix resulta un xic secundari dintre del marc d'aquest escrit, de caràcter principalment científic; direm, doncs, solament el que calgui per a orientar els nostres lectors.

En veure que aquí es tracta aquest punt acut preguntar: ¿no es troben ja l'edat de la Terra i l'antiguitat de l'home declarades taxativament en la Sagrada Escripura? Així ho cregueren molts en altres temps; però un estudi més pregon del text sagrat, valorat amb l'autoritat pontificia, ha fet comprendre que de la Bíblia res de cert no es podia deduir respecte d'aquest punt.

Efectivament; abans de tot cal distingir en el Gènesi tres coses referents a la creació: 1.^a, la producció de la matèria; 2.^a, la formació del món, i 3.^a, la creació del primer home. Doncs bé, de cap d'aquestes tres coses no ens dona l'Escripura la data exacta, com ho veurem tot seguit. Així és, que, per aquesta part, es deixa als científics una molt ampla llibertat d'opinar.

La data que trobem en el Martirologi romà que atribueix la creació del món a uns 5.000 anys abans de Jesucrist, es féu així. S'han pres les edats dels patriarques que se'ns donen en els capítols 5 a l'11 del Gènesi, sumant-los de manera que solament es tinguin en compte els anys en què no hagin viscut simultàniament. Però sobre això mateix hi hauria molt a dir; perquè en les llistes del Gènesi cal distingir entre la sèrie de patriarques pertanyents al tronc principal, des d'Adam fins a Abraham, de les sèries que es refereixen a les branques secundàries. Dos són els troncs principals: el del capítol VI, on s'anomenen els patriarques des d'Adam fins a Noè passant per Set, i el del capítol XI on la genealogia és continuada de Noè, per Sem, fins a Abraham. La Vulgata llatina segueix el text hebreu dels masorettes, i d'Adam fins al diluvi, en el capítol VI, resulten 1.656 anys; en la traducció grega dels setanta, els anys de la mateixa època arriben a 2.256; i últimament en el text hebreu dels samaritans es troben solament 1.307 anys. Diferències semblants poden apreciar-se en la llista del capítol XI; així el text masorètic posa des del diluvi fins a Abraham, 367 anys; la versió dels Setanta, 1.247; i el text hebreu dels samaritans, 1.017 anys.

Com es veu, el número resultant no és de cap manera segur, per aquesta falta de concòrdia entre els diferents textos; i la indecisió augmenta encara

tenint en compte que enlloc no consta que les generacions fins Abraham siguin completes; ans bé sembla tot el contrari, o sigui, que en falten moltes.

Pel que fins ara hem indicat, el punt de depart de la cronologia bíblica no és la creació del món, sinó la creació de l'home; per la qual cosa diuen Baguez i Vigouroux que en el Martirologi seria més exacte dir de l'era de la creació d'Adam, que no pas de l'era de la creació del món.

Passant ja a la formació del món, sabudes són de tots les moltes interpretacions donades pels catòlics respecte de la significació que cal donar als dies genesíacs. En poques paraules es pot dir que la narració del primer capítol del Gènesi és popular, no científica, com es desprèn palesament de la finalitat de l'Escriptor sagrat, que no fou precisament fer ciència, sinó ensenyar les veritats per a la salvació. I així, en nostre cas: *a)* no descriu científicament la constitució íntima de la matèria; *b)* l'ordre de la formació del món no és complet, puix falten moltes coses; *c)* ni segueix l'ordre estrictament cronològic; i per últim *d)* addueix locucions antropològiques, com quan diu que Déu parla.

D'aquí és que entre els catòlics, des dels Sants Pares, existeixin moltes interpretacions per a explicar els dies genesíacs, agrupant-se els parers en tres grans grups, que formen les conegudes interpretacions, anomenades, respectivament, literal, alegòrica i concordista. Pocs són en l'actualitat els autors que es decantin pel costat de les dues interpretacions primeres; la immensa majoria s'inclina per la interpretació concordista, segons la qual, res no ens diuen les Sagrades Escriptures respecte de la durada dels dies de la creació, donat que els períodes de temps no tinguin tampoc durada definitiva. El document eclesiàstic referent a aquest punt sortí de la Comissió bíblica pontificia i està concebut en els següents termes. Es preguntà a la Santa Seu si en la denominació de sis dies, de què es parla en el capítol primer del Gènesi, la paraula *dia* podia entendre's en el sentit propi de dia natural o en l'impropi d'algun espai de temps, i si sobre aquesta qüestió és permès als exegetes de disputar lliurement. Doncs bé, l'esmentada Comissió contestà en el sentit afirmatiu, o sigui, que, pel que fa al dogma, es pot defensar qualsevol de les dues opinions. Respecte de l'antiguitat del gènere humà, no existeix, que sapiguem, cap document pontifici que assenyali cap límit d'anys a la creació dels nostres primers Pares; sinó que la Santa Seu deixa als autors catòlics llibertat per exposar sobre això llurs respectives opinions.

Per últim, cal remarcar que tampoc no dóna l'Escriptura Santa cap dada referent a la creació pròpiament dita, ans bé del context es dedueix que degué transcórrer una durada molt llarga de temps entre la creació de la matèria i la distinció d'ella, com ja ho assenyala Sant Tomàs quan digué: "*Melius videtur dicendum quod creatio fuerit ante omnem diem.*"

En una paraula; la qüestió sobre la durada del món ha de donar-se per insoluble si es vol fonamentar en la Sagrada Escripura. Però, prenent per guia la ciència, s'arriba a algunes conclusions probables? De totes les dades esmentades en aquest treball els nostres lectors hauran pogut fer-se càrrec de quant imperfectes i imprecisos són encara els nostres coneixements sobre l'edat de la Terra; revelen, sí, l'esforç humà per a servir-se en aquest punt dels nous avançaments de la ciència; però encara deu esperar-se molt més temps, si és que alguna vegada arriba, abans d'assolir resultats definitius.

Per això el gran geòleg De Launay, en la seva notable obra *Science géologique* s'expressa en aquests termes: "En l'estat actual de la ciència ens trobem completament impotents, en aquest respecte, per a obtenir resultats dignes de consideració. Sols crec que podrà avançar-se en aquest camí, amb probabilitat d'èxit, el dia en què s'arribin a establir bé les lleis que regulen els canvis de clima i els moviments generals de la crosta terrestre o dels mars, si és que es demostra l'existència d'una relació entre els dos fenòmens i una causa astronòmica. En aquest ordre d'idees, on les temptatives de reduir a càlcul són sempre prematures, hi ha certes manifestacions geològiques essencials, per les quals no es veu la possibilitat d'arribar a feliç terme. Quan una barra metàl·lica es torç per un esforç massa violent, quan un fil es trenca per excés de tracció, quan un líquid animat de moviment de rotació se surt del vas, quan una caldera de vapor fa explosió, ens trobem en presència de fenòmens, que no són deguts certament a la casualitat (puix aquesta paraula *casualitat* sol ésser la traducció simbòlica de la nostra ignorància), ja que pot comprendre's perfectament llur causa, però sempre serà impossible calcular per aquí la seva durada anterior. Doncs bé; un gran nombre de fenòmens geològics pertanyen evidentment a aquest gènere; ells han hagut de produir-se, com l'explosió d'un volcà o el desprendiment de terres, en un moment en què cap teoria mecànica la podia exactament preveure. Fins que no s'arribi a quelcom efectiu en aquest ordre d'idees, ens haurem d'accontentar amb el coneixement de l'ordre de successió dels períodes geològics, sense pretendre apreciar llur durada." Fins aquí De Launay.

Hamard, en una nota de la traducció de l'obra anglesa de Gerald Molloy sobre la Geologia i la Revelació, diu així, després d'exposar els càlculs dels diferents autors per a determinar l'edat de la Terra: "De tot el que havem dit es pot afirmar que la Terra és extraordinàriament antiga i quan se sondeja en la munió de fenòmens de què ha estat teatre, després que la vida hi ha fet la primera aparició fins els nostres dies, es veu que s'hi han d'acumular milions d'anys per a mesurar la seva edat. L'Astronomia ens havia donat a conèixer que les obres de Déu eren immenses en l'espai; la Geologia ens les mostra com immenses en el temps" (1).

(1) *Géologie et Révélation*, trad. per HAMARD, nota del trad., 2.^a ed., pàg. 69. París.

Arribats ja al terme d'aquesta excursió a través de la història del nostre Planeta, sens dubte que la impressió dominant en els nostres lectors serà d'escepticisme. Vertaderament no n'hi ha per menys. ¿Què pensariem, si no, en veure, per exemple, que antiquaris eminents discrepen enormement en la valoració d'un objecte artístic; si uns el creguessin, posem per cas, del segle XIII, altres del segle IX, altres del segle primer de la nostra era i algú, tal volta, de dos segles abans de la vinguda de Jesucrist? ¿No és veritat que no sabriem a qui creure i ens quedaríem sense formular cap judici?

Tot i amb això, pel que havem dit en la segona i tercera part d'aquest treball, sens dubte que una idea quedarà flotant en el pensament de tots els lectors i és la idea de la gran durada de la Terra, que no s'ha de comptar per milers, sinó per milions d'anys. Contempla l'home tota la vida, anys i més anys, el paisatge de la regió que el va veure néixer i el troba sempre inalterable; el compara amb les dades de la història, i veu que la situació dels punts que en ella s'esmenten és també idèntica. A Califòrnia, per exemple, es troben arbres que, pel nombre d'anells de llurs troncs, es dedueix que porten una vida de més de 5.000 anys; i aquella terra que els sustenta ha romàs sense canvi notable durant aquest tan llarg espai de temps. A Espanya s'han descobert nombroses coves prehistòriques amb pintures de molts milers d'anys d'antiguitat, sense la més petita alteració dels terrenys on dites coves es troben excavades; ¿quants anys no hauran estat necessaris per a la formació de les mateixes muntanyes, amb tantes capes de terrenys, essent així que és tan tènue el gruix de sediments que els rius porten anyalment al mar?

Ens plau acabar amb les paraules que el Rvd. P. Lluís Rodés, actual Director de l'Observatori de l'Ebre, acaba aquesta mateixa matèria en la gran obra seva d'Astronomia que s'intitula *El Firmamento*. Diu així: "Com a síntesi del nostre parer, podem afirmar que, mirant cap enrera en la durada de la Terra, veiem els milions d'anys amb tota distinció, els centenars de milions un xic indefinits i els milers de milions del tot confusos."

IGNASI PUIG, S. J.

Subdirector de l'Observatori de l'Ebre