

UNITAT 1

GEOLOGIA: OBJECTE I MÈTODE



<<El coneixement és únic. La seua divisió en matèries és una concessió a la feblesa humana.>> **Harford John MACKINDER**

Geologia

Objecte i mètode

La paraula geologia significa, textualment, *estudi de la Terra*. Encara que hui en dia entenem la geologia com una ciència, en un sentit ampli, l'estudi de la Terra comença amb l'aparició de l'ésser humà.

1.1. Orígens del coneixement geològic

La necessitat de materials de procedència mineral (sílex, roques diverses, fang...) i d'un bon coneixement del terreny (relleu, cursos d'aigua, tipus de sòl, etc.) forçà els primitius humans a investigar el seu entorn geològic. Aquest coneixement inicial va anar ampliant-se amb noves dades relacionades amb l'atmosfera (vents, pluges, temperatures...) i els processos cíclics (estacions, fases lunars, solsticis i equinoccis, etc.).



Se sol pensar que les eines de sílex (com les utilitzades per a les puntes de fletxa o les destrals paleolítiques) tan sols eren útils per a la cacera i la guerra. Però les eines de pedra esdevingueren imprescindibles per poder aconseguir i manipular uns altres materials (com les pells usades per abrigar-se o en la construcció de cabanes).

Però els primers coneixements precisos sobre els quals es té notícia començaren amb els fenicis, egipcis i etruscs. Entre aquests pobles ja s'hi dona una vertadera investigació i explotació dels jaciments minerals, així com de les aigües superficials i

subterrànies. Les civilitzacions grega i romana, també tingueren una gran preocupació per la geologia.

El llibre *Naturalis historia*, de Plini el Vell, és un tractat de gran importància per al coneixement de les ciències en l'antiguitat. Aquesta obra arreplega la importància que en aquells moments es donava als estudis geològics. El propi PLINI el Vell va morir per la seua curiositat geològica, en voler observar de prop l'erupció del volcà Vessubi.



Reconstrucció artística de l'erupció del Vessubi (que va sepultar les ciutats romanes de Pompeia i Herculà al segle I D.C.). Cal apreciar la gran quantitat de cendres volcàniques projectades a l'aire.



Motle dels cossos de diverses persones que van quedar sepultades per les cendres i d'altres emissions volcàniques a Pompeia, després de l'erupció del Vessubi.

A partir del segle XVIII començaren a tindre's ja coneixements geològics que encara hui són vàlids. Coneixements científics moderns, basats en el mètode hipotètic-deductiu (el mètode científic). Així per exemple, es reconegué per primera vegada que els fòssils no eren sinó les restes de primitius organismes vius i no els productes resultants del diluvi universal bíblic.

1.2. La geologia i els seus mètodes

1.2.1. Les ciències geològiques

Cada aspecte geològic pot ser estudiat més exhaustivament per una disciplina determinada. Per això, encara que el terme geologia les englobe a totes

elles, és preferible parlar de les diferents **ciències geològiques**. Algunes d'aquestes són: cristal·lografia, geodinàmica, geofísica, geoquímica, mineralogia, petrologia, vulcanologia...



La sismologia tracta d'entendre els mecanismes i incidència dels terratrèmols. Això pot ser útil per determinar les zones de risc i previndre les dramàtiques conseqüències d'aquesta classe de catàstrofes naturals.



La vulcanologia consisteix en l'estudi del vulcanisme i tots els fenòmens relacionats (guèisers, surgències geotermals, etc.).



Entre d'altres qüestions d'interès, la petrologia s'ocupa de localitzar la ubicació dels jaciments de tota classe de recursos minerals de major o menor valor.



El treball dels enginyers geòlegs és imprescindible en la perforació del subsòl, ja sia per a l'excavació d'un tunel a través d'una muntanya, ja sia per obrir una galeria en una mina (per exemple de carbó).

Al llarg d'aquest manual mantindrem l'ús indistint dels conceptes de ciències geològiques i geologia (per fer referència, de forma general, a les diverses ciències que la integren).

1.2.2. El treball del geòleg o la geòloga

En molts casos, la tasca dels geòlegs i les geòlogues és semblant a la dels detectius. Han de reconstruir uns esdeveniments que no han pogut observar a partir dels rastres i les evidències que hi troben l'escenari dels fets.

En la seua concepció actual, la geologia és més moderna que algunes de les ciències amb les quals es relaciona (com la física o la química). Entre d'altres coses, en geologia, els investigadors i les investigadores no dubten en aprofitar tots aquells mètodes

propis d'altres ciències que els resulten d'alguna utilitat. Així doncs, els instruments i mètodes utilitzats pels geòlegs i geòlogues són molts i molt variats.



Geologia marciana

El robot Sojourner, utilitzat en l'estudi de la superfície de Mart, ens dona una prova de la gran importància de les investigacions geològiques de cara a un futur immediat.

1.2.3. Treball de laboratori

En el treball de laboratori, per a l'estudi de mostres de sòl, minerals, roques, etc., s'utilitzen mètodes químics i físics. Eines d'observació com el microscopi o la lupa binocular són també molt emprades. Al laboratori es classifiquen les mostres (fòssils, minerals...) i s'organitzen les dades recollides, per tal d'elaborar mapes geològics, perfils del terreny, etc.



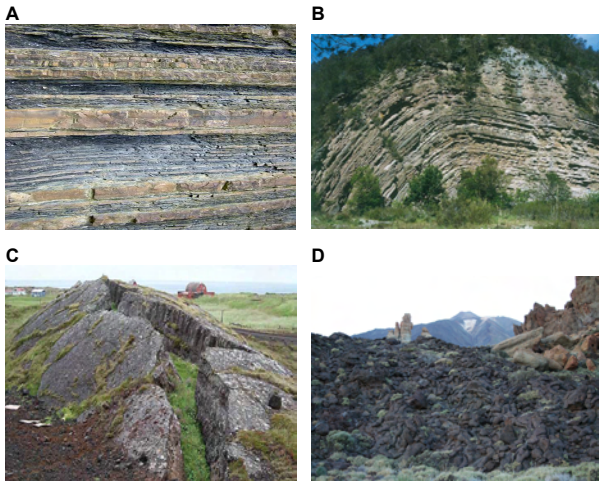
Analitzar i classificar

El laboratori és el lloc en el qual els geòlegs i geòlogues amplien i posen en ordre les seues idees.

1.2.4. Treball de camp

Si bé roques, minerals i fòssils poden ser examinats al laboratori, la forma en que apareixen relacionats amb l'entorn, que és de la màxima importància per

al seu estudi, només podrà estudiar-se *in situ*. Per exemple, per observar la peculiar disposició de les roques, o **estructura geològica**, d'una zona hauríem de traslladar-nos fins allà o obtindre imatges (fotografies, diapositives, etc.) que la mostren.



L'estructura geològica és variable

Roques disposades: (a) en capes horitzontals; (b) formant plecs; (c) amb fractures; (d) formant una massa amorfa al voltant d'un volcà.

La geologia assoleix la seua veritable dimensió, com a ciència d'observació i interpretació, al camp. Açò duu a més d'un geòleg o geòloga a eixir a la muntanya, endinsar-se en un volcà, caminar per una glacera o a capbussar-se dins d'un riu subterrani.



Eines senzilles, resultats sorprenents

L'obtenció de les dades i la recollida de mostres al camp són i seran indispensables. Així les coses, la brúixola, els mapes topogràfics, el martell, la lupa de camp i els quaderns de notes encara continuaran estant eines molt importants en geologia durant molt de temps.

Ja hi ha geòlegs que han estudiat sobre el terreny l'estructura geològica de la Lluna. S'han analitzant

mostres de minerals i roques pròpies d'uns altres planetes, com ara Mart. Un tipus de treball impensable en altres ciències (zoologia, botànica...).



El club més selecte

Només un grapat d'homes (12 en total) han estat la Lluna. Però tan sols tres d'ells han tornat una segona vegada, com Eugene Cernan. (Fotografia: Cernan amb el Rover Lunar, un vehicle especialment dissenyat per transportar les mostres de roca recollides).

1.2.5. Activitat professional

Les activitat dels especialistes de les diverses ciències geològiques pot ser molt variada.



Localitzant riscos naturals

Un sismòleg pot ser d'inestimable ajuda a l'hora de prendre certes decisions constructives. (Imatge: fissura sísmica en una carretera.)

Considerem el cas d'un sismòleg (especialista en terratrèmols i fenòmens sísmics). Aquest especialista pot fer un important paper com a assessor tècnic en la construcció. Tant si es tracta de construir la presa d'un pantà com una estació d'esquí, convé detectar els riscos naturals com les tremolors de terra de la zona o els possibles allaus.

1.3. Dificultats en l'estudi de la geologia

En la pràctica, la geologia (per les seues característiques com a ciència) tropesa amb algunes dificultats o limitacions importants. Aquestes afecten en major o menor mida a cada ciència geològica.

Les **limitacions** amb que es troben els geòlegs i geòlogues en la seua tasca d'investigació poden tindre alguna d'aquestes cinc causes:

- La grandària de l'objecte d'estudi (les dimensions de la Terra, d'una zona del territori, etc.), que obliga a treballar a escala reduïda.



Grandària de l'objecte d'estudi

Com dur-se al despatx un zona de la mida d'una comarca?

- La impossibilitat de penetrar en les capes interiors del globus terrestre, que fa que només coneixem directament part de l'escorça.
- La llarga durada o l'antiguitat de molts dels fenòmens estudiats, que provoca que el nostre coneixement siga parcial i limitat.



Tragèdia al Paleozoic

Aquest grup de Trilobites, fòssilitzats a la vegada, ens aporta proves que compartiren un mateix destí: moriren durant un episodi catastròfic local.

- La irreversibilitat d'alguns processos (com ara la formació que serralades, l'evolució, el desplaçament dels continents, etc.), que fa que no puguem observar-se novament.



Irreversible

L'evolució ens aporta un bon exemple de procés irreversible. No podem esperar que les aus involucionen a rèptils ni els humans a simis.

- L'enorme escala física o temporal d'alguns fets i la seua singularitat, cosa que provoca que, en molts casos, no siga possible reproduir-los experimentalment als laboratoris per estudiar-los.

Les principals dificultats amb les quals es troba la geologia per a l'avanç de les seues investigacions es deriven de la gran dimensió en l'espai i el temps dels fets i fenòmens que estudia.

Escales de temps usals en geologia

El quadre següent mostra les unitats de mesura del temps que més habitualment són utilitzades en geologia.

Temps (-M.a)	Eó	Era	Sistema	Sèrie
2	FANEROZOIC	CENOZOIC	Quaternari	Holocè Pleistocè
22.5			Neogen	Pliocè Miocè
65			Paleogen	Oligocè Eocè Paleocè
141		MESOZOIC	Cretaci	Superior Inferior
195			Juràssic	Malm Dogger Lias
230			Triàssic	Superior Mitjà Inferior
280		PALEOZOIC	Permià	Superior Inferior
347			Carbonífer	Superior Inferior
395			Devonià	Superior Mitjà Inferior
435			Silurià	Superior Inferior
500	Ordovicià		Superior Inferior	
570	Cambrià		Superior Mitjà Inferior	
1000	PROTEROZOIC	PRECAMBRIÀ	Algonquià	
			ARCAIC	
3000	CRIPTOZOIC			
4000				

1.4. Els mètodes de treball

En tant que ciència, la geologia s'ha anat dotant de mètodes de treballs propis, desenvolupats al llarg de la seua història. Aquests *mètodes i procediments, fonamentats en sòlids principis científics*, han contribuït a reduir l'efecte de cadascuna de les limitacions abans esmentades, aportant-ne originals solucions pràctiques.

1.4.1. Els mètodes

Bàsicament, podem considerar que en les ciències geològiques s'utilitzen dues metodologies ben diferents: els **mètodes directes** i els **mètodes indirectes**.

Els mètodes directes es basen en la *intervenció directa sobre l'objecte d'estudi*.

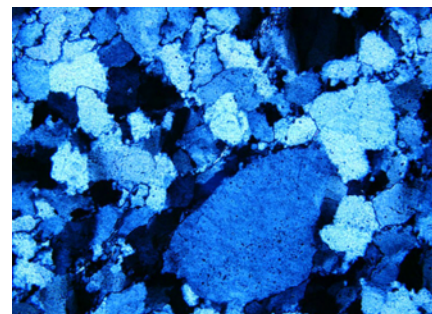
Són mètodes directes:

- L'observació.
- La recollida de mostres i posterior anàlisi al laboratori.
- La mesura directa d'algunes magnituds.

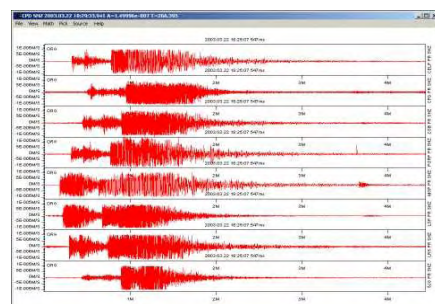
Els mètodes indirectes es basen en les deduccions que es fan a partir de les observacions i mesures realitzades.

Són mètodes indirectes:

- Les deduccions sobre la composició o estructura de zones a les quals no podem accedir.
- El càlcul indirecte del valor d'algunes magnituds de gran dimensió.



A



B

Qüestió de mètode

La diferència entre els mètodes directes i indirectes és clara. Tanmateix, els resultats que s'obtenen mitjançant les dues classes de metodologia són igualment fiables. Obtenció de dades amb un mètode directe (A), en estudi de la microtextura de diferents mostres minerals. Mètode indirecte (B), en l'estudi de l'interior de la Terra a partir de dades sísmològiques.

1.4.2. Els resultats

El geòleg o geòloga recull dades al camp (sobre afloraments de roques, estructures geològiques, minerals, presència de fòssils, etc.). També pot extraure molta informació a partir de mapes (topogràfics, geològics, etc.), de fotografies (aèries, satèl·lit...), i de l'anàlisi de roques i minerals al laboratori.

A partir de totes aquestes dades, organitzant-les adequadament, pot deduir com s'ha arribat a la situació actual a través de la reconstrucció de fets geològics ocorreguts fa milers i fins i tot milions d'anys.

1.5. Actualisme i perspectiva

1.5.1. Actualisme geològic

La impossibilitat d'observar els fets del passat més remot, com hem assenyalat anteriorment, suposa una important limitació per a l'estudi d'aquests. L'**actualisme**, *doctrina científica basada en la suposició que els fenòmens geològics s'han produït sempre de la mateixa manera*, contribueix en certa mesura a superar aquesta limitació.

D'acord amb aquesta línia de pensament científic, en l'actualitat han d'ocórrer els mateixos processos que en unes altres eres geològiques.



Deduccions basades en l'actualisme

Si un pont construït en l'antiguitat (per exemple, el pont romà de Talamanca de Jarama, Madrid) està desplaçat respecte del curs d'un riu, cap suposar que aquest últim ha canviat de posició. Podríem mesurar la distància que separa el curs antic del curs actual. Tenint en compte quan es va construir el pont, podem calcular la velocitat a la qual s'ha desplaçat el llit del riu. Ara bé, es tracta d'un valor promedi.

L'actualisme introdueix en tots els processos el factor temporal al qual cal donar-li el seu just valor. No oblidem que, potser en èpoques passades tingueren lloc fenòmens geològics que hui en dia ja no ocorren. Per exemple: en el passat, la composició química de l'atmosfera, pobre en oxigen, va afavorir processos químics de reducció, mentre que l'actual atmosfera és oxidant.

Les lleis biològiques i fisico-químiques han operat sempre de la mateixa manera al llarg del temps. Per això, aquestes lleis ens proporcionen dades fiables per a l'estudi d'èpoques remotes.

Podem concloure que l'efecte de la gravetat ha estat sempre ahí. A l'igual que les reaccions químiques o els canvis físics. I que han afectat els materials del passat tal i com els afecten hui en l'actualitat. No obstant, és clar que en certs períodes d'alliberament bruscat d'una gran energia (vulcanisme, terratrèmols, etc.) els fets han pogut esdevenir amb una major freqüència o a més velocitat.

1.5.2. Perspectiva

Les ciències que, com la geologia, han de retrocedir en el temps per investigar fenòmens succeïts en el passat remot, pateixen un curiós efecte. A mesura que es retrocedeix en el temps, la imprecisió amb que podem conèixer els fets és major.

Cal considerar que la unitat de temps geològic (en les ciències geològiques es treballa amb períodes de temps de l'ordre de 10^6 anys) és molt gran. Quan es retrocedeix alguns centenars de milions d'anys en el passat, la datació de les troballes es torna més i més inexacta. És comprensible que en la reconstrucció dels fets s'hi introduïsquen algunes "distorsions" (efecte túnel).

Això provoca l'aparició de fenòmens de **perspectiva**. *Com més lluny de nosaltres estiga en el temps un determinat fet, més gran es la imprecisió en el*

seu estudi, és cert. Però afortunadament, també es major l'error absolut que podem cometre.

Exemple

Suposem que, en el càlcul de l'antiguitat de la roca d'uns 750 milions d'anys, acceptem una errada absoluta de 10 milions d'anys. Doncs bé, aquest error absolut, veritablement enorme, no és relativament massa gran si considerem l'efecte de la perspectiva; $10:750 = 0.013$

En altres paraules: *només representa un error relatiu de l'1.3%.*

En canvi, si en la datació d'una erupció succeïda fa

uns 300 anys assumírem un error absolut de tan sols ± 20 anys, estariem acceptant un error relatiu de:

$$20:300 = 0.06$$

És a dir: *un 6% d'error relatiu. Un error molt més gran que l'anterior.*

La perspectiva afecta totes les ciències històriques, i la geologia no queda exempta dels seus efectes.

Activitats [Unitat 1]

❶ Indica quines de les limitacions que afecten les investigacions geològiques tenen un major efecte en l'estudi de:

- L'interior d'un volcà actiu.
- L'estructura geològica d'una serralada.
- La formació d'un delta a la desembocadura d'un riu.
- Les capes del interior de la Lluna.
- La transformació de sediments solts en roques compactes.

❷ S'investiga l'erosió que les pluges torrencials de la tardor causen al vessant d'una muntanya l'extensió del qual és de 500 000 m². Certs estudis confirmen que la pluja arrossega cada temporada una mitja de 125 kg de terra per m².

- Quantes tones de terra erosionaran les pluges durant els propers 10 anys?
- Quina classe de mètodes s'han emprat per arribar a aquestes conclusions?
- D'acord amb l'actualisme geològic, podem afirmar que l'erosió serà constant al llarg del temps? (Raona la resposta.)

❸ Una empresa estudia l'emplaçament d'una pedrera en un terreny que abarca un monticle construït per material rocallós adequat.

Es decidirà la compra del terreny sempre que el monticle permeti mantindre una producció de 15 000 Tm anuals durant, al menys, un període de 15 anys.

- Ingenia-te-les per calcular aproximadament el volum (en m³) d'un monticle.
- Cada m³ conté 2.4 Tm de roca. Segons els teus càlculs, com hauria de ser el monticle per que l'empresa es decidira a iniciar l'activitat?

❹ Una casa rural, construïda el 1850, es troba a 1.5 m de la vora del llit d'un riu. Quan es va construir, la casa estava separada del riu per una distància de 25 m.

- A quina velocitat (metres/any) avança el riu cap a la casa?
- Quant de temps li quedarà a aquesta casa si no s'inicia cap acció correctora?

❺ Trobem fòssils d'eriçó de mar al cim d'una muntanya, a més de 2000 m d'altitud. Considerant els postulats de l'actualisme, comenta molt breument la validesa de les següents hipòtesis sobre la presència d'aquestes restes d'animals marins a l'alta muntanya.

- En el passat, el nivell de la mar devia estar uns 2000 m més alt, de forma que la muntanya estava submergida,
- Materials que formaven part d'un fons marí experimentaren un plegament i s'elevaren, de manera que, en l'actualitat, formen part d'un sistema muntanyós.
- Probablement es tractava d'espècies d'eriçó que, a diferència

de les actuals, podien viure a la muntanya.

❻ S'estima que la Terra té una antiguitat d'uns 4600 milions d'anys. D'acord amb això, si s'afirma: " la Terra té uns 5000 milions d'anys"; quin grau d'error es comet?

❼ Representa el tall d'una zona (inventat per tu) en la qual s'han trobat diferents estrats (1,2,3,4,5 i 6) i es coneixen les antiguitats i roques del subsòl.

a) A la vista dels resultats obtinguts, dibuixa de forma aproximada la disposició de les roques al primitiu subsòl de tota la zona. (Primer traça les línies que separen les diferents capes; després ompli les franges amb la trama corresponent.)

b) Quin tipus d'estructura geològica diries que mostra el terreny que has representat?

Si es realitzara una excavació de sondeig entre les perforacions 4 i 5, quines roques apareixerien? Quina disposició de les capes cabria esperar?
