

El sistema Terra en imatges: guia didàctica

Marta Ferrater. Juny 2020

Introducció

Fa tres anys, com a un mer entreteniment, em vaig posar a dibuixar les capes de la Terra a mà i seguidament hi vaig afegir més elements i gràfics units per fletxes i ampliacions, i progressivament augmentava l'escala del que representava i el seu detall. Se'm van anar ocorrent idees i relacions fins que el full va quedar ple. En analitzar-lo amb atenció, em vaig adonar que, en el fons, havia estat dibuixant els subsistemes de la Terra.

En els llibres de text de ciències de la Terra i el medi ambient i en algunes publicacions, es menciona el sistema Terra i els seus subsistemes oberts, però gràficament es representen amb cercles o quadrats o altres formes geomètriques secants on es veuen fletxes d'entrada i sortida de matèria i energia (Santillana, 2009; Pascual Trillo, 2013). A vegades, aquests subsistemes simplement es mencionen en forma de llistat (Castellnou, 2003). La Terra com a sistema acostuma a treballar-se en el primer tema dels llibres de text amb l'objectiu que faci d'introducció per a la resta de blocs temàtics que s'hi tracten (aquells continguts als quals fa referència el Decret 142/2008; Departament d'Ensenyament, 2008). El problema és que, en les següents pàgines, els continguts queden compartimentats en els blocs i temes en què es divideix el contingut del llibre i es perd l'essència de les interrelacions existents entre ells.

El pòster que es presenta aquí té com a objectiu principal conscienciar als i a les alumnes de ciències de la Terra i el medi ambient de Batxillerat de les interrelacions dels subsistemes de la Terra i permetre que els puguin relacionar de forma ràpida i visual. La informació del pòster també pot ser treballada d'altres maneres, com pot ser com a material d'autoavaluació dels resums que pugui fer l'alumnat de cadascun dels temes. Finalment, no es descarta l'ús del pòster en un context extern a l'aula de Batxillerat, ja que l'organització dels continguts està realitzada de forma molt visual (a partir de fletxes i zones ampliades) que permeten a qualsevol lector entendre el que s'hi exposa.

Característiques del pòster

Tal com es menciona en la introducció, la principal virtut d'aquest material és el format gràfic a partir del qual es relacionen els subsistemes de la Terra. Les relacions entre els subsistemes no sempre són directes, amb la dificultat afegida que en alguns casos impliquen un canvi important d'escala d'observació. Però al final, tots estan relacionats entre tots. Això es pot veure en la Taula 1, on es determinen les relacions directes entre els subsistemes, il·lustracions i taules que hi ha en el pòster (cadascuna de les "figures" té un nom, que s'ha escurçat per a la taula), exceptuant per a la taula dels temps geològics que és una relació omnipresent per tots els subsistemes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.Temps geològics	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.Capes de la Terra	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.Atmosfera	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4.Hidrosfera	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5.Forma de la Terra	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6.Relleu topogràfic	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7.Tectònica de plaques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8.Processos exògens	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9.Horitzons del sòl	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10.Cicle de les roques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11.R. metamòrfiques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12.R. sedimentàries	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13. R. ígnies	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14. Emplaçament	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15. Deformació	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16. R. estratigràfiques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Taula 1. Relacions existents entre les figures del pòster. El nom que se'ls dona en aquesta taula és orientatiu.

Aquestes relacions, a part de mencionar-se en els peus de figura, en el pòster, estan expressades gràficament en forma de fletxes i caixes amb ampliacions. També es reforça la idea de les relacions amb l'ajuda dels colors, ja que per exemple, els colors usats en la figura del cicle de les roques, són els que corresponen als esquemes de cadascun dels tipus de roques (metamòrfiques el verd, ígnies el rosa, magmes el granat i sedimentàries el groc).

La majoria de les il·lustracions que s'hi troben són de realització pròpia, excepte en els casos on es menciona el contrari en el peu de figura, com poden ser els mapes. També es troben referenciades les obres originals a partir de les quals s'han realitzat modificacions. El contingut teòric s'ha extret de la bibliografia que s'adjunta en aquesta guia, i dels apunts i coneixements adquirits durant la carrera de geologia a la Universitat de Barcelona. En la confecció de les figures, s'ha tingut molt en compte, allà on ha estat possible, respectar al màxim les escales, representant així un valor afegit respecte de les imatges preses de referència i de partida, com per exemple a l'hora de representar els gruixos de les capes de l'atmosfera o de la litosfera.

Bibliografia consultada per a la realització de les figures:

- Brandon orme (2018). File:Emplacement of Igneous Rocks.png [online]. Consultat març 2020: https://wiki.seg.org/wiki/File:Emplacement_of_Igneous_Rocks.png
- Brisbane (2009). Fitxer:Thermohaline circulation.png [online]. Consultat març 2020: https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Thermohaline_circulation.png
- Dunham, R.J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks (Ed. W.E. Ham), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1, 108–121
- Earle, S. (2015). Physical Geology [online]. Consultat març 2020: <https://opentextbc.ca/geology/>. Victoria, B.C.: Bccampus
- Earthbyte (2015). Age of ocean floor [online]. Consultat març 2020: <https://www.earthbyte.org/wp-content/uploads/2014/12/>
- ICGC (2004). Taula dels temps geològics [online]. Consultat març 2020: <https://www.icgc.cat/Ciutada/Explora-Catalunya/Atles/Atles-geologic-de-Catalunya/EI-Temps-geologic>
- ICGEM (2019). Visualization of Gravity Field Models and their Differences [online]. Consultat abril 2020: <http://icgem.gfz-potsdam.de/vis3d/longtime;> https://en.wikipedia.org/wiki/File:Geoid_undulation_10k_scale.jpg
- Jennifer Bergman (2011). Temperatura del agua de los océanos, Ventanas al Universo [online]. Consultat març 2020: <https://www.windows2universe.org/earth/Water/temp.html&lang=sp>
- José F. Vigil (1997). This Dynamic Planet, USGS, Smithsonian Institution, and U.S. Naval Research Laboratory [online]. Consultat març 2020: <http://pubs.usgs.gov/gip/earthq1/plate.html>
- Kaidor (2019). File:Earth Global Circulation - en.svg [online]. Consultat març 2020: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth_Global_Circulation_-_en.svg
- Karroek (2009). File:Hjulströms diagram en.PNG [online]. Consultat març 2020: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulstr%C3%B6ms_diagram_en.PNG
- Luis Fernández García (2006). Archivo:Esfuerzo-deformacion.png [online]. Consultat març 2020: <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Esfuerzo-deformacion.png>
- Michael Pidwirny (2007). File:Corrientes-oceanicas.png [online]. Consultat març 2020: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corrientes-oceanicas.png>
- Pettijohn, F., Potter, P., Siever, R. (1987). Sand and sandstone, Springer – Verlag, New York. Segona edició
- Planetary Habitability Project (2011). Earth in the last 750 million years [online]. Consultat març 2020. UPR Arecibo (phl.upra.edu).
- Santillana (2016). Ciències de la Terra i el medi ambient. ISBN 978-84-9047-692-5
- Santillana (2009). Ciències de la Terra i el medi ambient 2. ISBN 978-84-7918-517-6
- Vera Torres, J. A. (1994). Estratigrafía, principios i métodos. ISBN: 84-7207-074-3
- Woudloper (2009). File:Mineralogy igneous rocks EN.svg [online]. Consultat març 2020: https://en.wikipedia.org/wiki/Igneous_rock#/media/File:Mineralogy_igneous_rocks_EN.svg
- Woudloper (2008). File:Metamorphic facies blanc.svg [online]. Consultat març 2020: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metamorphic_facies_blanc.svg

Metodologia: propostes didàctiques

En la introducció es mencionen tres propostes d'ús del pòster, tot i que no es descarten que n'hi hagi altres de possibles. A continuació es detallen les tres.

Proposta 1: Material permanent de consulta

Aquest ús és el que contempla la seva presència constant en l'aula on s'imparteixin les classes de ciències de la Terra i el medi ambient o en un laboratori del centre escolar. Els i les alumnes poden consultar constantment aquest material en cas de dubte o per a contextualitzar-se en el tema que s'està impartint en aquell moment del curs. Per exemple, en el tema de deformació, és molt senzill observar que aquesta està condicionada per la tectònica de plaques.

Per a fer possible aquesta consulta, és molt important que el professorat presenti a l'inici de curs el pòster i s'hi refereixi en impartir el contingut referent a cada subsistema de la Terra.

Proposta 2: Material de consulta i d'autoavaluació

La funció del pòster en aquest cas és molt semblant a l'anterior proposta, amb l'afegit que es poden anar "destapant" figures a mesura que avança el curs. És a dir, la totalitat del contingut es trobaria cobert a l'inici de curs i, segons el contingut que es treballés en aquell moment a l'aula, es descobriria només la part que hi fa referència. A poc a poc, es podrien anar establint les relacions entre els subsistemes i finalment, tot el contingut quedaria al descobert (Figura 1).

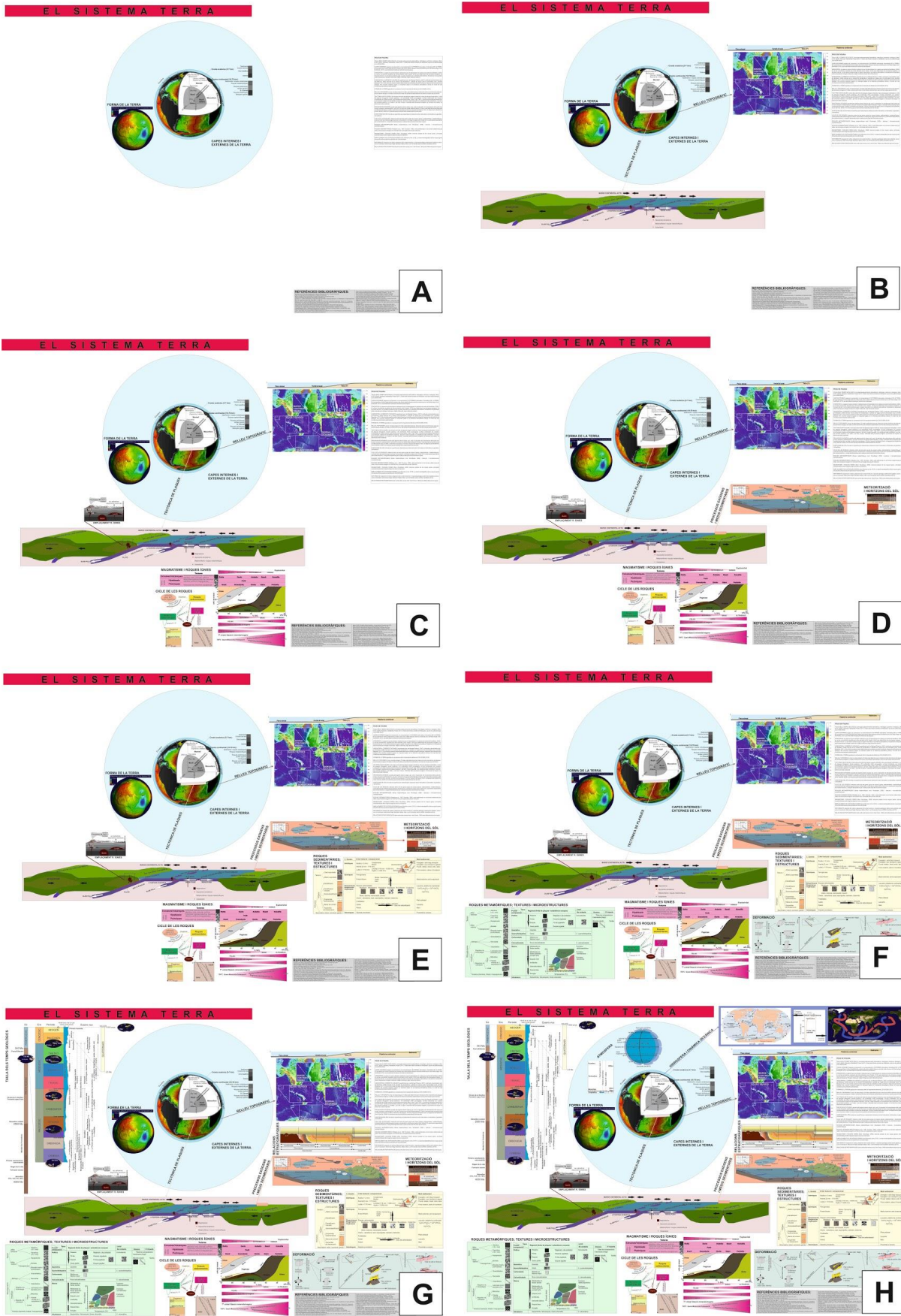


Figura 1: Seqüència de treball del pòster seguint el llibre de Santillana (2009), llibre usat en l'Institut Manuel de Cabanyes de Vilanova i la Geltrú durant el curs 2019-20.

Aquesta proposta és clarament útil en els casos en els quals una de les activitats d'ensenyament-aprenentatge proposades pel professorat és la realització de resums i esquemes dels continguts teòrics de l'assignatura per part de l'alumnat. Un possible exemple seria haver estat seguint el llibre per a assolir els objectius curriculars sobre tectònica de plaques i al final del tema demanar als i a les alumnes un dibuix esquemàtic on es mostrin els sis tipus de límits de plaques. Una vegada entregats i corregits parcialment els dibuixos, es destapa la figura corresponent del pòster (Figura 1B) i l'alumnat pot autocorregir-se el resum o, com a mínim, veure una altra manera de realitzar-lo.

Proposta 3: Informació externa al context de l'aula

Qualsevol persona pot consultar aquest pòster sense la necessitat d'estar cursant l'assignatura de Batxillerat de ciències de la Terra i el medi ambient. La formació de l'observador no cal que sigui geològica, ans al contrari, ja que per a algú format en geologia, el contingut que s'hi presenta és de baix nivell. També podria ser útil per als i a les estudiants de geologia de primer curs que no han fet ciències de la Terra i del medi ambient durant el Batxillerat o pel professorat de ciències de la Terra i el medi ambient amb una formació inicial en biologia.

En aquesta proposta, el lector o lectora s'ha de guiar per les fletxes i ampliacions gràfiques a partir de les quals es troben organitzats els continguts i subsistemes de la Terra. Totes les imatges i figures contenen una explicació detallada en forma de peu de figura, que es troben recollides a la part dreta del pòster, que serà imprescindible de consultar. En els peus de figura, tal com s'ha mencionat anteriorment, s'hi pot trobar informació que permet relacionar les figures entre elles.

Possibles itineraris de lectura

Malgrat que les estratègies gràfiques i visuals es consideren suficients per a poder "mourer's" a través del pòster i dels subsistemes de la Terra que s'hi exposen, aquí es proposen vuit possibles itineraris de lectura, que poden ser treballats tant dins del context de l'aula, com fora d'aquesta.

Els itineraris 1.1, 1.2 i 1.3 pretenen treballar les conseqüències de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, que van des del desgel de les glaceres continentals dels casquets polars i de les glaceres de vall, fins a la possible mort dels esculls coral·lins. Els itineraris 2.1, 2.2, 2.3, i 2.4 expliquen com influencia la distribució de les plaques tectòniques i la seva dinàmica en els processos endògens: terratrèmols, lligats a la deformació i els esforços; vulcanisme i les roques ígnies que es formen; la formació d'altres roques (metamòrfiques i sedimentàries); i també en el clima. Finalment el grup de relacions número 3 explica el paper dels diferents subsistemes en la formació del sòl.

Camí 1.1: Efecte de la composició atmosfèrica en la temperatura de l'aigua

Un augment dels gasos d'efecte hivernacle presents en la troposfera, fan augmentar la temperatura d'aquesta, fent que la temperatura a la superfície de la Terra, inclosa la temperatura sobre les zones oceàniques i marines també augmenti. La conseqüència directa és que la temperatura de partida d'escalfament de la columna d'aigua també és més alta. L'augment de la temperatura de l'aigua, modifica: a) la dinàmica dels corrents oceànics

superficials i profunds, b) les condicions abiòtiques dels ecosistemes, fent que alguns organismes adaptats a les condicions inicials morin, i c) les condicions de solubilitat d'algunes substàncies. En augmentar la temperatura, part de les roques en superfície poden ser dissoltes, fet que queda reflectit en les relacions estratigràfiques com a discordances angulars o disconformitats.

Itinerari 1.2: Efecte de la composició atmosfèrica en el pH

La composició de l'atmosfera té una important influència en la composició de l'aigua. Grans concentracions de diòxid de carboni en l'aire fan que l'aigua del mar tingui un pH més baix, és a dir, sigui més àcida. El pH és un dels factors abiòtics que condicionen la solubilitat del carbonat de calci, tant de les roques com de les closques d'alguns organismes. Com que la solubilitat augmenta, disminueixen els organismes amb closca feta amb aquesta substància i augmenta l'erosió, afectant les relacions estratigràfiques.

Itinerari 1.3: Efecte de la temperatura en els ambients sedimentaris

Una de les conseqüències de l'increment dels gasos d'efecte hivernacle és el desgel per culpa de l'augment de temperatura de la superfície. El desgel d'aquestes masses d'aigua dolça fa augmentar la quantitat d'aigua en estat líquid en mars i oceans, fent que el nivell relatiu d'aquest pugi a tot el planeta. L'evolució del nivell del mar al llarg del temps es pot conèixer gràcies a analitzar els medis sedimentaris associats al relleu i als processos exògens, ja que aquesta informació queda enregistrada en les roques sedimentàries (com per exemple en el seu contingut en fòssils) i en les relacions estratigràfiques en forma de seqüències regressives i transgressives. Així doncs, de la mateixa manera que es poden conèixer els medis sedimentaris, coneixent les condicions tèrmiques actuals de la Terra, també es pot inferir la temperatura del passat amb l'anàlisi de les roques i la seva estratigrafia.

Itinerari 2.1: Efecte de la distribució de les plaques tectòniques en els terratrèmols

La cinemàtica en els límits de plaques determina els esforços que s'hi produeixen en cada cas, que poden ser entre d'altres d'estirament, escurçament o de cisalla. Aquests esforços resulten en deformacions que a la pràctica anomenem plects (si són deformacions en la regió plàstica) o fractures, si s'arriba a trencar la roca. Quan les fractures tenen moviment, s'anomenen falles, i poden ser de tres tipus segons el tipus d'esforç que les ha provocat. El moviment relatiu entre els dos blocs que conformen una falla normalment es produeix a partir de moviments bruscs i espaiats en el temps, que anomenem terratrèmols i que tenen lloc quan s'allibera la deformació acumulada en la fractura. La majoria dels terratrèmols acostumen a produir-se en els límits de plaques.

Itinerari 2.2: Efecte de la distribució de les plaques tectòniques en les roques

La distribució de les plaques tectòniques determina la posició dels límits entre aquestes. Segons el tipus de límit, s'hi poden trobar unes condicions de temperatura, pressió i contingut en aigua determinats. Segons aquestes condicions, s'hi formaran roques ígnies (si prèviament hi ha una fusió de la roca) o metamòrfiques. A més, les roques ígnies poden ser intrusives si consoliden a l'interior de la Terra o extrusives, si el magma arriba a la superfície en forma de lava, en molts casos a través de volcans. És per aquest motiu, que la distribució dels límits de plaques determina la distribució de la majoria de volcans de la Terra.

Itinerari 2.3: Efecte de la distribució de les plaques tectòniques en el relleu i la formació de roques sedimentàries

La convergència, divergència o desplaçament relatiu entre les plaques acostuma a crear relleu (positiu o negatiu) tant en superfície subaèria com submarina. Els processos exògens tenen tendència a destruir o minimitzar aquest relleu tendint a l'equilibri. Així, els agents externs (aigua, gel, aire i gravetat) partiran d'una roca exposada en superfície i l'erosionaran (o dissoldran), transportant i dipositant el sediment format en una altra localitat. Segons el medi on s'acumulin (o precipitin) i litifiquin aquests sediments, en resultaran diferents tipus de roques sedimentàries.

Itinerari 2.4: Efecte de la distribució de les plaques tectòniques en el clima

La distribució de les plaques tectòniques determina la posició de les masses continentals. Aquesta distribució juga un paper clar en els corrents oceànics, que a la vegada influencien en la dinàmica atmosfèrica i per tant en el clima

Itinerari 3: Efecte de la interacció entre els subsistemes en la formació del sòl

La meteorització és el procés gràcies al qual es desenvolupen els sòls per la interacció entre la geosfera, la hidrosfera, l'atmosfera i la biosfera. La hidrosfera i l'atmosfera estan relacionades amb el clima al qual estan exposades les roques i per tant els agents que les afectaran. L'efecte de la geosfera, no és només la roca exposada en sí per culpa de l'exhumació d'aquesta en superfície per la tectònica de plaques, sinó que determina el relleu. Finalment, tot i que no és un subsistema com a tal, el temps també és un dels factors formadors del sòl.

Anàlisi de la viabilitat de les propostes i conclusions

Durant el curs 2019-20, en l'Institut Manuel de Cabanyes, s'ha comprovat la utilitat individual d'alguna de les figures com a material d'autoavaluació (activitat d'ensenyament-aprenentatge on es demanaven resums gràfics dels temes). Les figures que s'han usat a classe són: roques ígnies, textures de les roques metamòrfiques, perfil del marge passiu i tectònica de plaques. A més a més, en un examen es van demanar dibuixos de l'apartat de deformació. Malgrat no disposar de cap grup de control a causa del baix nombre d'estudiants matriculats a l'assignatura de ciències de la Terra i del medi ambient, l'alumnat ha aprofitat els resums fets i corregits per a l'estudi dels exàmens.

Es preveu portar a la pràctica l'ús del pòster com a material de consulta i autoavaluació (proposta 2) durant el curs 2020-21. L'objectiu és implementar la concepció del sistema Terra com un sistema format per molts subsistemes interrelacionats.

La idoneïtat com a material de consulta extern a l'aula (proposta 3) s'analitzarà a partir d'entrevistes personals, coneixedores i no coneixedores del context pedagògic.

Bibliografia

Castellnou (2003). Ciències de la Terra i del medi ambient 2. ISBN: 978- 84-8287-950-2
Departament d'Ensenyament (2008). DECRET 142/2008, de 15 de juliol, pel qual s'estableix

l'ordenació dels ensenyaments del batxillerat. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya
Núm. 5183 – 29.7.2008

Pascual Trillo, J.A. (2013). La Tierra como sistema. Enseñanza de las ciencias de la Tierra
21.2, 130-138

Santillana (2009). Ciències de la Terra i el medi ambient 2. ISBN 978-84-7918-517-6