



Ciències de la Terra i del medi ambient Sèrie 1

SOLUCIONS,

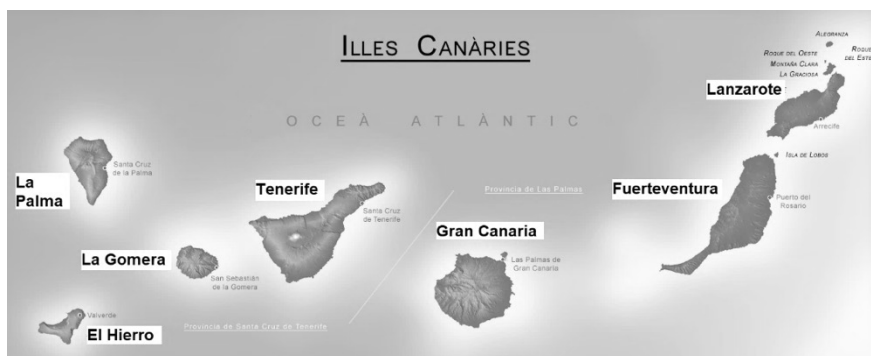
CRITERIS DE PUNTUACIÓ

I CORRECCIÓ

INSTRUCCIONS

- Trieu i resoleu CINC dels set exercicis proposats.
- Indiqueu clarament quins heu triat. Si no ho feu així, s'entendrà que heu escollit els cinc primers.
- Cada exercici val 2 punts.

1. En el mapa següent es pot veure la distribució geogràfica de les illes de l'Arxipèlag Canari. Una de les teories més acceptades sobre l'origen de les illes Canàries és la del punt calent. El magma procedent d'una zona profunda del mantell, de posició fixa, ha anat sortint formant un reguitzell d'illes al llarg de 40 milions d'anys.



a) Tenint present les edats de les erupcions que s'indiquen a continuació i el moviment de la placa africana des de la dorsal centre-atlàntica, defenseu amb arguments la teoria que diu que les illes Canàries s'han format en un punt calent.

[0,75 punts]

- Fa 19-20 milions d'anys: es creu que les illes orientals van emergir per 1a vegada.
- Fa 20-15 milions d'anys: les primeres emissions de materials de projecció aèria, s'estima que van començar a les illes orientals i centrals.
- Fa 2 milions d'anys: a La Palma i La Gomera van començar les emissions superficials.
- Durant els últims 500 anys:

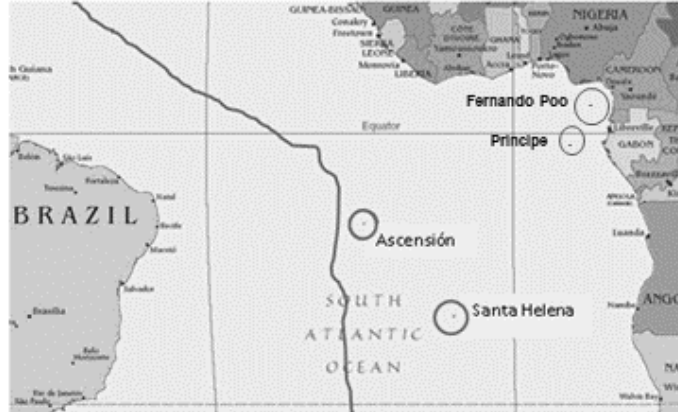
Any	Illla
Entre 1470 i 1492	La Palma
1492	Tenerife
1585	La Palma
1646	La Palma
1677-78	La Palma
1704-05	Tenerife
1706	Tenerife
1712	La Palma
1730-36	Lanzarote

Any	Illla
1793	El Hierro
1798	Tenerife
1824	Lanzarote
1909	Tenerife
1949	La Palma
1971	La Palma
2011	El Hierro
2021	La Palma

Tenint present la complementarietat de les costes africanes i sud-americanes, que ens indiquen que Àfrica es mou cap a l'est (no cal esmentar la complementarietat de costes), un punt calent (anomalia tèrmica) situat al mantell sota la litosfera de Canàries, actuant durant milions d'anys, podria haver enviat magma cap a la superfície. Travessant la litosfera en punts diferents degut al desplaçament d'aquesta cap a l'est, i originant així el reguitzell d'illes, de tal manera que només les illes que ara són sobre el punt calent tenen activitat volcànica. És a dir, sobretot, La Palma i El Hierro, ja que són les més occidentals, les altres s'han allunyat de l'anomalia tèrmica.

b) En canvi, els materials que formen altres illes de l'Atlàntic, com és el cas de l'illa de l'Ascensió, propera a la Dorsal, que té 1 milió d'anys aproximadament; l'illa de Santa Helena, amb 20 milions d'anys, i Fernando Poo i Príncipe, que té a prop de 130 milions d'anys, no segueixen la regla de les Canàries. Les més antigues són les més properes a la costa. Raoneu com utilitzar aquesta informació com a prova de la teoria de la tectònica de plaques.

[0,75 punts]



Són illes que es van formar a la dorsal centre-atlànica i, a mida que s'ha anat estenent el fons de l'oceà, aquestes illes s'han separat de la dorsal degut a la formació de nou pis oceànic, des de la dorsal.

c) Calculeu el període de recurrència de les erupcions volcàniques a l'illa de La Palma (temps mitjà transcorregut entre dues erupcions consecutives) des de 1470.

[0,5 punts]

El temps de recurrència són 69 anys. 552 anys transcorreguts de 1470 a 2021 dividit per 8 erupcions a La Palma (tot i que les erupcions més recents estan menys espaiades).

2. Fixeu-vos bé en aquest mapa topogràfic de l'illa de La Palma.



a) A quina alçada aproximada se situen les sortides de la lava del volcà Cumbre Vieja?
[0,5 punts]

Entre les corbes de nivell de 1.400 m i 1.600 m aproximadament. A uns 1,5 km d'altitud, per exemple.

b) Aquí podeu veure un detall del mapa topogràfic des de la Cumbre Vieja fins al mar (Roque de las Hermanas) i el recorregut que va fer la lava la primera vegada que va arribar al mar.



Quina distància horitzontal hi ha des de les fonts de lava fins al mar?
[0,5 punts]

Poc més de 9 km, fent servir l'escala gràfica que hi ha al mapa.

c) Tenint present el pendent, raoneu gràficament per què l'estimació de la distància de l'apartat anterior es queda una mica curta.
[0,5 punts]



Aquesta és la distància que hem mesurat, els 9 km.

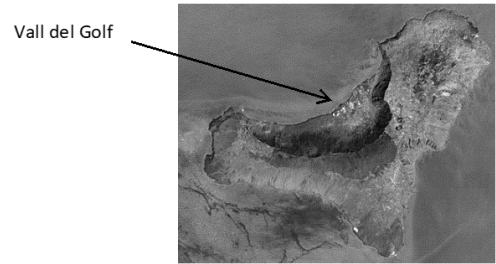
La distància real seria la hipotenusa del triangle.

d) Calculeu el valor real fent servir el teorema de Pitàgores ($h^2=a^2+b^2$).
[0,5 punts]

$$h^2 = (1,5)^2 + 9^2; h = 9,12 \text{ km}$$

3. Observeu aquesta fotografia de l'illa d'El Hierro, feta des d'un satèl·lit.

L'illa d'El Hierro va perdre el 40% del seu volum emergit en una gran esllavissada, fa uns 80.000 anys.



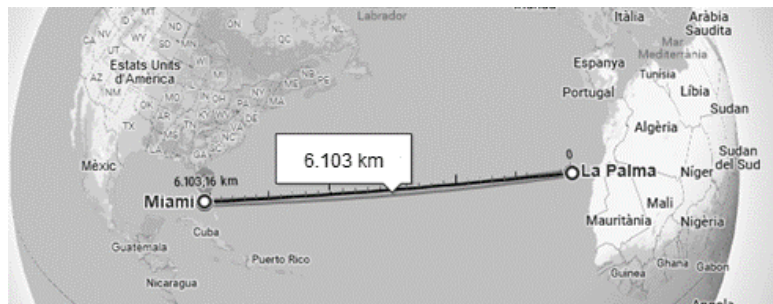
a) Aquest tipus d'esfondraments són el resultat del ràpid creixement de les illes volcàniques que de vegades poden desestabilitzar-se a causa dels terratrèmols que genera l'ascens del magma. L'esllavissament resultant pot arribar al mar i generar tsunamis importants.

Què és un tsunami?

[0,5 punts]

Són onades que mouen una gran quantitat d'aigua, amb gran amplitud, i que solen ser causades per desplaçaments bruscos del fons del mar, deguts a moviments sísmics o col·lapses d'edificis volcànics.

b) A continuació es pot veure la informació que ens dona *Google Maps* de la distància que hi ha des de La Palma fins a Florida.



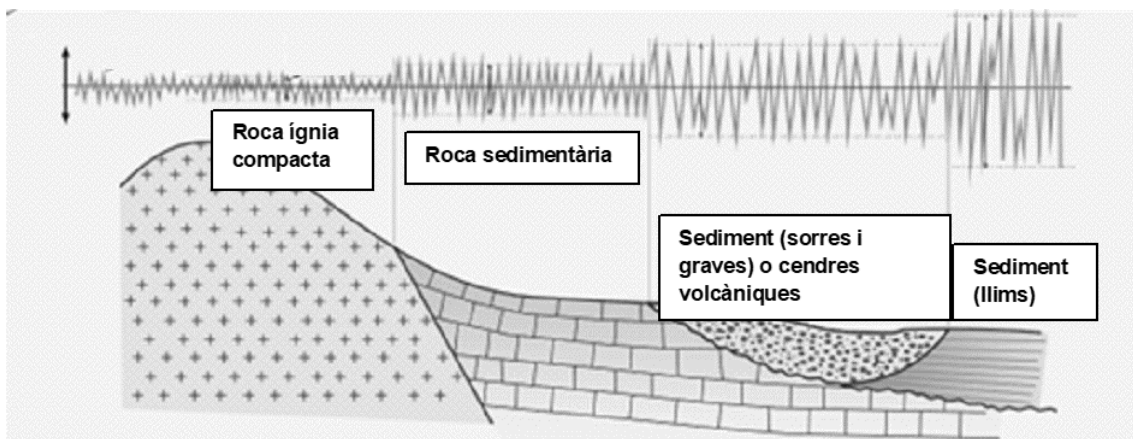
Considerant que els tsunamis poden avançar, en mars profunds com l'Atlàntic, a una velocitat d'uns 700 km/h, calculeu el temps que trigaria un tsunami produït per una esllavissada de la cara oest de La Palma, a arribar fins a Miami.

[0,5 punts]

$t = 6.103 \text{ km} / 700 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 8,72 \text{ h}$. En menys de 9 h arribaria a Miami.

c) El següent gràfic explica el comportament de les diferents roques enfront d'un sísmic, la vibració del qual canvia d'amplitud en passar d'un material a un altre. Tenint present el que és l'amplitud d'una ona sísmica, responeu les preguntes següents.

[0,5 punts en total: 0,25 punts cada apartat]



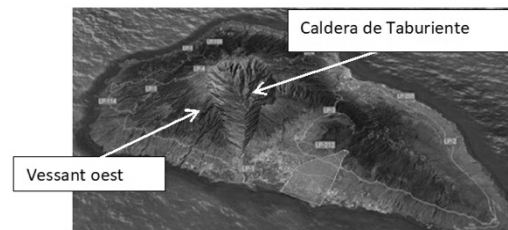
- Què té a veure l'amplitud amb la magnitud del moviment sísmic?

La magnitud és directament proporcional al logaritme de l'amplitud. L'amplitud es mesura amb un sismògraf de característiques definides. Per tant, és una mesura directa de l'energia alliberada en un moviment sísmic, una mesura de la grandària de la vibració.

- I amb la intensitat?

La intensitat quantifica les conseqüències dels sismes, els efectes que produeixen en la superfície de la litosfera. Especialment, la quantitat de danys, en una escala que va des d'I a XII, expressat amb números romans. Tot i no ser una mesura directa de la vibració, ho és de les seves conseqüències, que tenen a veure amb més factors (tipus d'edificació, tipus de roques, presència d'aigua...), però, evidentment, també depèn de la magnitud de la vibració.

d) Gran part de la Caldera de Taburiente, a La Palma, està formada per materials sedimentaris. Tot i que els materials que formen el vessant sud de l'illa són tots ignis, tenen consistències molt diferents: colades, cendres... Expliqueu com aquest fet, i el gran desnivell del cim de l'illa respecte el proper oceà, poden afavorir una esllavissada dels materials volcànics del vessant oest, disposats en capes que cabussen cap el sud-oest.



[0,5 punts]

En passar d'uns materials a uns altres, pot incrementar-se l'amplitud de la vibració i possibilitar el desprendiment de les diferents capes, amb diferent consistència, el que pot afavorir el lliscament de les capes més compactes sobre les menys consistents seguint el pendent. A més a més, el cabussament de les capes va en aquesta mateixa direcció.

4. La primera estimació de la quantitat de diòxid de sofre (SO_2) emès a l'atmosfera pel volcà de La Palma va determinar una quantitat de l'ordre de 6.000 a 9.000 tones diàries segons l'Institut Vulcanològic de Canàries.

Per la seva banda, l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) va dir que no era descartable que es produís pluja àcida en zones poblades, a conseqüència dels gasos tòxics que emanen de l'erupció volcànica.

a) Expliqueu com es pot formar pluja àcida a partir de les emissions del volcà de La Palma.

[0,6 punts]

El diòxid de sofre es combina amb l'aigua i els oxidants que hi ha a l'atmosfera formant àcid sulfúric.

Si la humitat de l'aire és prou gran com per formar núvols i arriba a ploure, l'aigua de la pluja contindrà aquest àcid fort, corrosiu, que pot danyar els éssers vius i les estructures de les ciutats (metalls i roques calcàries).

b) Tenint present l'escassetat de nutrients que hi ha a mar obert, expliqueu per què és probable que aquest any augmenti significativament la producció del fitoplàncton a l'Atlàntic.

[0,6 punts]

Els vents alisis van arrossegar quantitats molt grans de cendres en forma de pols que arribaran molt lluny a l'oceà i aportaran tot tipus de metalls necessaris pel fitoplàncton.

c) El magma, en entrar en contacte amb l'aigua salada, a 900°C, genera un vapor espès que llança a l'atmosfera partícules molt fines de vidre (pel refredament ràpid de la lava) i àcid clorhídric.

Les sals dissoltes en el mar, com clorurs, sulfats i carbonats, es converteixen en àcids (clorhídric HCl, sulfhídric H₂S, sulfúric H₂SO₄...) però sempre en una proporció mínima, ja que partim de 35 grams de sals per litre



d'aigua de mar (la concentració mitjana de la salinitat en els oceans) i aquestes substàncies es dilueixen molt ràpid en la immensitat del volum d'aigua oceànica.

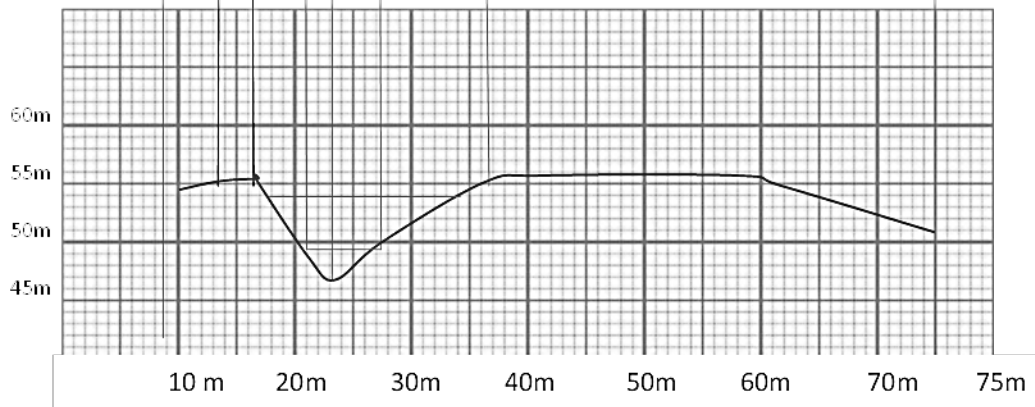
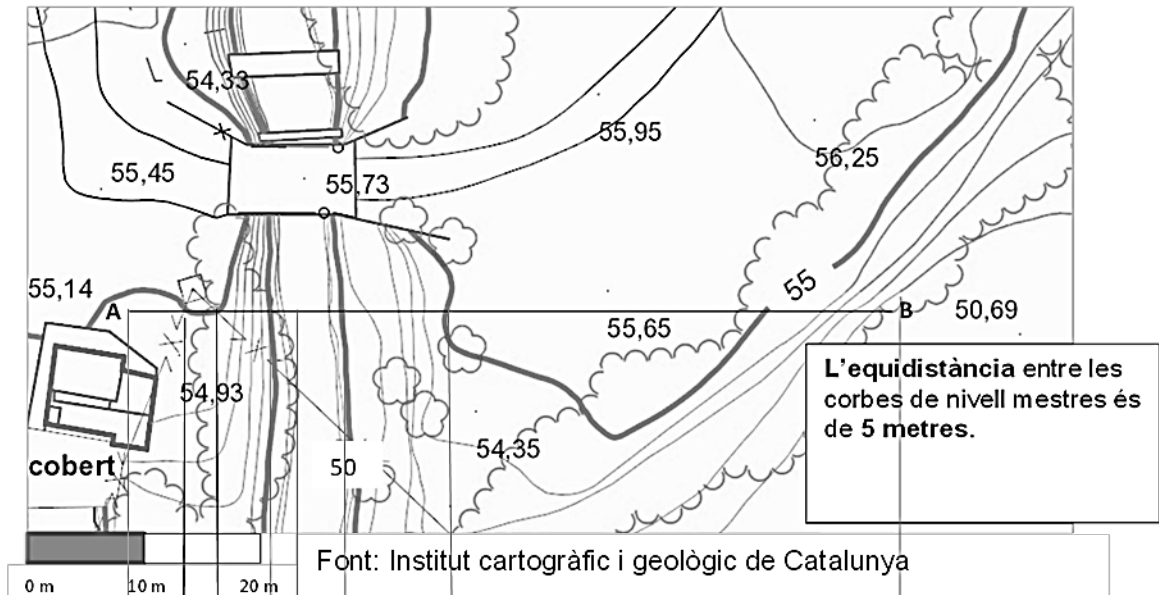
Si no fos així, expliqueu com podrien ajudar els corrents oceànics generats pels vents alisis a diluir els àcids contaminants. Com influeixen aquests vents en les àrees d'aflorament (caladors pesquers) de l'oest d'Àfrica?

[0,8 punts]

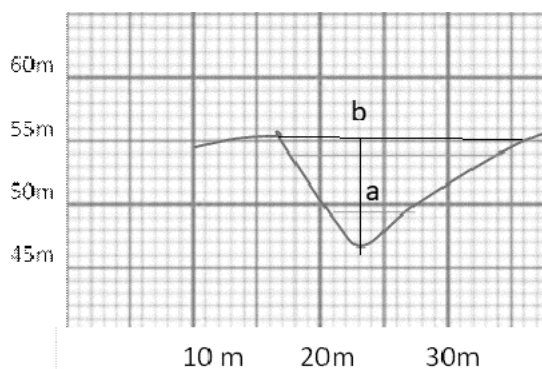
Els vents alisis arrosseguen l'aigua de superfície, per fregament, i en empènyer les onades cap a l'oest, aquest efecte triba de l'aigua propera a la costa africana cap a l'oest, fent que sigui substituïda per aigües de profunditat (netes de contaminants), plenes de nutrients del fons, que possibiliten l'abundància de fitoplàncton i zooplàncton i de tota una xarxa tròfica que converteix l'ecosistema costaner en una ric calador pesquer. És un àrea d'aflorament de nutrients.

5. En un episodi de pluges torrencials a Catalunya, el riu Llobregat, a Esparreguera, va experimentar una crescuda de més de 4,5 m sobre el pont de la antiga carretera N-II. Aquest mapa correspon a la seva llera just abans d'arribar al pont de l'autovia. Aquí, el dia de la riuada, el riu també passava uns quants metres per sobre del pont i va desbordar-se.

a) Feu un tall topogràfic des del punt A fins al punt B. Fixeu-vos només en les cotes indicades per les corbes de nivell.
[0,5 punts]



b) Calculeu la superfície de la secció de la llera aproximant la seva forma a un triangle i considerant que el fons del riu es situa 2 m per sota del nivell dibuixat al mapa.
[0,5 punts]



$$\text{Secció} = b \cdot a / 2 = 14 \text{ m} \cdot 13 \text{ m} / 2 = 91 \text{ m}^2$$

c) Calculeu el cabal que va circular per l'interior de la llera (en m³/segon), considerant que la velocitat de l'aigua era de 14,4 km/h. Recordeu que el cabal es calcula multiplicant la velocitat de l'aigua per la secció.

[0,5 punts]

Convertim la velocitat a m/s: $14,4 \text{ km/h} \cdot 1.000 \text{ m/1 km} \cdot 1 \text{ h/3.600 s} = 4 \text{ m/s}$

El cabal (Q) serà: $Q = 4 \text{ m/s} \cdot 91 \text{ m}^2 = 364 \text{ m}^3/\text{s}$

364 tones d'aigua en cada segon, sense comptar l'aigua desbordada.

d) Sabent que el màxim cabal que va portar el Llobregat en aquell aiguat va ser d'uns 3.000 m³/s, quin percentatge d'aquest total va passar per la llera a l'alçada del tall topogràfic que heu fet?

[0,5 punts]

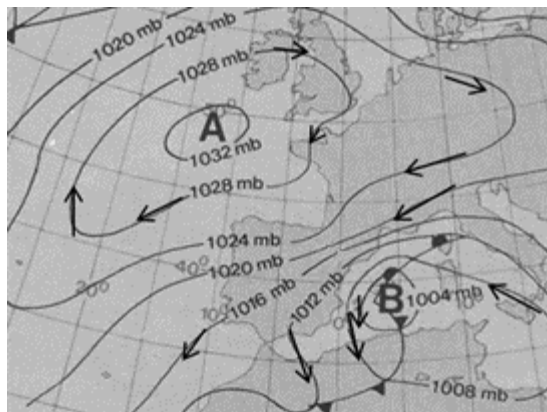
$364 \text{ m}^3/\text{s} / 3.000 \text{ m}^3/\text{s} \times 100 = 12,1\%$, és a dir, la major part de l'aigua anava fora de la llera.

6. L'any 2000 es va detectar a Catalunya l'entrada d'una massa d'aire molt fred en alçada. Es va anar formant una depressió en superfície durant la nit i la matinada centrada a les illes Balears, que va arribar a pressions inferiors a 1.004 mb (o hPa).

Va haver un acoblament entre la depressió freda en alçada (DANA) i la depressió de superfície el que va afavorir un aprofundiment ràpid d'aquesta. Per últim, l'orografia va promoure el desenvolupament d'una situació convectiva catastròfica en molt poc temps que va determinar l'episodi d'aiguats durant el matí següent.

a) La situació meteorològica va ser molt complexa. Imagineu que hagués estat la representada en el mapa següent, més fàcil d'interpretar, però força semblant. Marqueu sobre les isòbares el sentit i direcció en què va bufar el vent aquell dia.

[0,5 punts]



b) A quina zona del mapa va ser més gran la intensitat del vent? Per què al sud de Sicília no hi havia vent detectable? Raoneu la vostra resposta a partir de la posició de les isòbares.

[0,5 punts]

La intensitat del vent més gran va ser a Catalunya, que és on les isòbares estan més properes. Al sud de Sicília no hi havia vent detectable perquè les isòbares estaven molt separades.

c) Raoneu el motiu que pot explicar que al sud-est d'Anglaterra es detectés una baixada de temperatura al llarg del matí, mentre que al centre de l'Atlàntic nord (i a les Açores) va pujar la temperatura.

[0,5 punts]

Perquè a Anglaterra bufava vent procedent del nord i a l'Atlàntic procedia del sud, de zones més càlides.

d) Expliqueu el mecanisme que va generar l'episodi de pluges, considerant com va ser el moviment general del vent a la zona de Montserrat. Heu de tenir present com es mou el vent en una borrasca, tant vertical com horitzontalment i heu de considerar com pot afectar a la formació de núvols aquest moviment, el fet de tenir una massa d'aire fred en alçada i estar situat en una zona muntanyosa.

[0,5 punts]

El vent girava en sentit contrari de les busques d'un rellotge i era ascendent. En ascendir, l'aire es refredava degut a la descompressió. Tenia gran poder ascensional ja que hi havia una massa d'aire fred en alçada (el gradient vertical de temperatura era molt gran). Això va fer que l'aire calent de sota, en pujar, arribés ràpidament al punt de rosada i formés núvols de pluja amb un gran desenvolupament vertical (cumulonimbus). La direcció del vent, portant humitat i aire calent des del Mediterrani, també va ser decisiva. Pel que fa a l'orografia, els vessants de la serralada prelitoral amb les que es va trobar el vent que es dirigia cap a l'interior de Catalunya van ser un altre factor que es va sumar per fer ascendir pendent amunt l'aire humit i calent.

7. Altres danys materials destacables de la tempesta del problema anterior van ser la destrucció parcial de les infraestructures del recinte del monestir de Montserrat així com d'algunes vies d'accés a la muntanya. Aquí es mostren els despreniments que es van produir l'any 2007 i el 2008, per tal de posar l'accent en la freqüència d'aquests fenòmens a la zona.



Segons l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, els despreniments més significatius dels últims anys s'han produït a la muntanya de Montserrat.

Aquest danys al cremallera van ser causats per un despreniment al desembre de 2008.

a) Quina diferència existeix entre els desprendiments i altres fenòmens gravitatoris de vessant com els fluxos o les esllavissades?

[0,5 punts]

Fluxos i esllavissades són moviments de vessant en els quals es produeix un lliscament de les capes superficials del sòl a favor del pendent, degut a la força de gravetat. Diem esllavissada si els materials remoguts es desplacen en bloc, conservant la forma original. Pel contrari, als desprendiments els blocs fan al menys una part del recorregut de caiguda per l'aire, sense tocar terra, sense lliscar.

b) Pel que fa als tipus de mesures que es poden utilitzar per minimitzar, reduir o evitar els riscos derivats d'aquests perills naturals, expliqueu en què consisteixen dues mesures preventives que siguin una estructural i l'altra d'ordenació del territori.

[0,5 punts]

- Mesura estructural: **col·locació de barreres metàl·liques parcialment mòbils que puguin absorbir l'energia dels blocs caiguts: xarxes metàl·liques agafades en barres de ferro que es dobleguen en arribar els materials despresos o en barres de ferro subjectes a pilones de formigó pesades, que es desplacen pocs metres en rebre l'impacte.**

- Ordenació del territori: **les autoritats han de deixar-se aconsellar pels tècnics que estudien i elaboren mapes de risc i han de limitar les activitats que es poden fer en les zones que tenen major perillositat. En aquest cas es podria prohibir la construcció d'habitatges, aparcaments i altres infraestructures allà on hi hagi risc alt de desprendiments. Aquest tipus de mesura sovint entra en conflicte amb els interessos de les activitats econòmiques.**

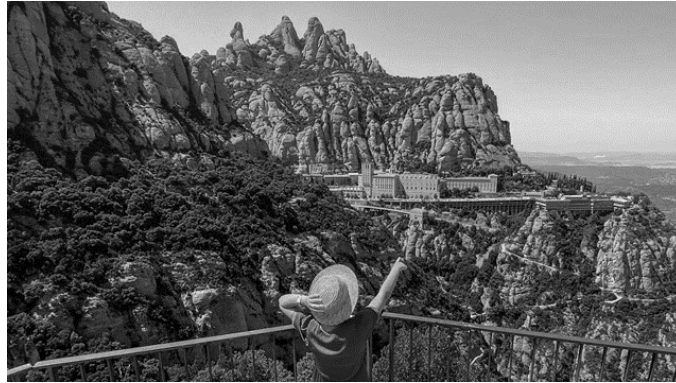
c) Tot i que parlem de riscos naturals, per què podem considerar que els danys en el ferrocarril són conseqüència d'un risc induït?

[0,5 punts]

Sense presència d'activitats humanes, tot i que sigui alta la perillositat, no pot haver-hi danys i per això el risc seria nul. En construir estructures que animin l'activitat humana a la zona, com el ferrocarril, generem el risc.

d) Considerant l'estructura geològica de Montserrat podríem considerar que tots els danys generats pels desprendiments són deguts a riscos induïts. Fixeu-vos en la fotografia i argumenteu a favor de la validesa d'aquesta afirmació.

[0,5 punts]



Es veu que l'estructura geològica de Montserrat, un massís format per roques rígides estratificades i disposades horitzontalment, amb grans desnivells i pendents i amb una xarxa densa d'esquerdes (diàclasis) determinen que hi hagi alta perillositat de desprendiment (gran probabilitat de succeir). Sabent això, la construcció de qualsevol infraestructura suposa la generació de riscos induïts.