



Anisn

**HUMANITAS
UNIVERSITY**

ZANICHELLI

**Olimpiadi delle Scienze Naturali 2021 – XIX Edizione - Fase Regionale
(triennio scienze della Terra)**

FOGLIO RISERVATO AL DOCENTE

CHIAVI

Domanda		Domanda	
PARTE PRIMA		11	C
1	A	12	A
2	B	13	D
3	D	14	B
4	B	15	C
5	A	PARTE QUARTA	
PARTE SECONDA		16	B
6	B	17	A
7	D	18	C
8	C	19	B
9	D	PARTE QUINTA	
10	C	20	C
PARTE TERZA		21	Vedi sotto

A	3	5	7	9	13	16	
B	2	8	11	14			
C	1	4	6	10	12	15	17



Commento a cura di Alessandro Chiappori, Andrea Gibilaro, Pasquale Miglionico e Samuele Rosso, Alumni ANISN

PARTE PRIMA – In orbita con Parmitano

1. Risposta corretta: **a)** *Principio dell'Attualismo di Hutton e Lyell.*

Il principio dell'attualismo, formulato da Hutton e Lyell a cavallo tra il XVIII e il XIX secolo, afferma che i fenomeni che hanno modellato la superficie terrestre in passato siano gli stessi che agiscono ancora oggi. Questo principio era in contrapposizione con la teoria del catastrofismo di Cuvier, che prevede che la Terra come la conosciamo oggi sia il risultato di una serie di eventi catastrofici di breve durata che si sono susseguiti nel corso della sua storia. Al giorno d'oggi la teoria del catastrofismo è ritenuta superata, mentre il principio dell'attualismo è ancora ritenuto valido, dunque l'opzione a) è corretta.

Il modello della tettonica a placche invece è un modello che prevede che la litosfera (la crosta e la parte superiore del mantello) sia divisa in placche rigide che si muovono lentamente sull'astenosfera (la porzione del mantello sottostante, più plastica). Il modello della tettonica a placche è ritenuto valido al giorno d'oggi, tuttavia spiega soltanto alcuni dei fenomeni che modellano la crosta terrestre, come il vulcanismo e l'orogenesi (i fenomeni endogeni) invece non spiega i fenomeni esogeni, come l'erosione, dunque l'opzione c) non può essere considerata corretta.

2. Risposta corretta: **b)** *Si tratta del trasporto lungo costa dovuto alle correnti marine: vengono trasportati solo i materiali più fini ed il loro trasporto è influenzato dalla morfologia della costa.*

Innanzitutto, si può escludere l'origine fluviale dei sedimenti, infatti si nota come i cordoni di materiale si stacchino direttamente dalla costa e non si nota la presenza di corsi d'acqua che possano fungere da sorgente di detriti, dunque possiamo escludere le opzioni a) e c). Notiamo inoltre che l'opzione d) è errata perché le correnti ad energia più bassa sono in grado di trasportare solo i sedimenti più fini e non i più grossolani. Dunque, resta l'opzione b) che è quella corretta.

3. Risposta corretta: **d)** *Si formano intorno ad isole soggette a subsidenza a seguito della biocostruzione operata dalle barriere coralline.*

L'opzione d) è l'unica che descrive correttamente un atollo, che infatti è una barriera corallina a forma di anello (o a ferro di cavallo) che si forma a seguito dell'accumulo di materiale di origine biologica sulle pendici di un'isola che va in subsidenza. L'opzione c) poteva facilmente trarre in inganno, poiché la maggior parte degli atolli si sono originati dalla subsidenza di isole vulcaniche la cui attività è cessata, tuttavia la loro formazione non dipende dall'attività idrotermale secondaria.

4. Risposta corretta: **b)** *Le emissioni di CO₂ in atmosfera amplificano il fenomeno dell'effetto serra, favorendo la fusione dei ghiacciai e quindi l'innalzamento del livello medio del mare, e provocando un'acidificazione dei mari che contribuisce al danneggiamento delle barriere coralline.*

L'opzione b) è l'unica a fornire informazioni completamente corrette. Infatti, l'accumulo di CO₂ nell'atmosfera porta a un aumento dell'effetto serra, dunque l'opzione c) è errata. L'effetto serra a sua volta causa un aumento delle temperature medie, senza causare un abbassamento delle temperature nelle regioni subtropicali, dunque possiamo escludere anche l'opzione d). Inoltre, anche se il cambiamento climatico potrebbe portare alla diminuzione delle precipitazioni in alcune regioni, le barriere coralline non necessitano di un clima umido per sopravvivere (essendo già immerse in acqua), pertanto, anche l'opzione a) è errata.

Resta l'opzione b), che è quella corretta. Infatti, un effetto meno noto dell'aumento della concentrazione della CO₂ nell'atmosfera è l'acidificazione degli oceani, nei quali la CO₂ si scioglie sotto forma di acido carbonico. Il cambiamento del pH degli oceani è un grosso problema per gli organismi marini, in particolare quelli con un esoscheletro carbonatico, come i polipi che vanno a formare le barriere coralline.

5. Risposta corretta: **a)** *Una depressione del suolo incrostata di sali tipica dei climi aridi dovuta alla vicinanza di un bacino marino dal quale può occasionalmente arrivare acqua marina che, a causa delle elevate temperature, evapora depositando i sali.*

Esaminiamo una per una le varie opzioni. Il cloruro di sodio è più denso dell'acqua, quindi non è un grado di formare uno strato sulla superficie di un lago; piuttosto andrebbe a formare accumuli sul fondo (come avviene nelle vasche artificiali delle saline), dunque l'opzione b) è errata. L'opzione c) è errata perché il lago non può essersi formato da acqua che risale per capillarità dal sottosuolo. Il trasporto per capillarità avviene in condotti molto sottili, come i vasi capillari delle piante, sfruttando la tensione superficiale dell'acqua: non può quindi avvenire spontaneamente nel suolo.

Anche l'opzione d) è errata, visto che un corso d'acqua non permanente non porterebbe ad un così grande accumulo di sali. Resta l'opzione a), che infatti è corretta.

PARTE SECONDA - Una sfida... lunare tra Diana e Giorgio

6. Risposta corretta: **b)** *La fotografia è stata scattata durante una sizigia.*

Con il termine *sizigia* si indicano collettivamente le due fasi di *congiunzione*, o novilunio, e *opposizione*, o plenilunio. Affinché avvenga un'eclissi solare (totale, parziale o anulare), la Luna deve trovarsi fra la Terra e il Sole, per poter oscurare il nostro pianeta. La fase corrispondente è quindi di novilunio, quando i raggi del Sole illuminano la faccia nascosta del nostro satellite, facendolo apparire buio. Perciò, la risposta b) è corretta, mentre a) e d) sono errate, riferendosi a fasi lunari diverse¹.

Anche la risposta c) è errata, poiché le eclissi anulari si verificano solo quando la Luna è in apogeo. Le dimensioni apparenti della Luna e del Sole, per pura coincidenza dovuta alle rispettive distanze dalla Terra, sono all'incirca corrispondenti. Quindi se la Luna è al perigeo, il disco lunare è leggermente più grande di quello solare, mentre solo all'apogeo, essendo la Luna più lontana, il disco lunare è troppo piccolo da ricoprire tutta la superficie del disco solare: si ha quindi un'eclissi anulare, come nella splendida immagine mostrata.

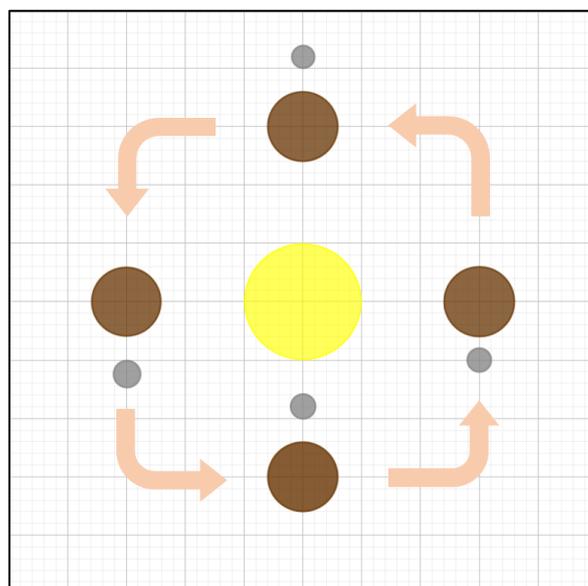
7. Risposta corretta: **d)** *Non avvengono un'eclissi di Sole e una di Luna per ogni mese sinodico a causa dell'inclinazione dell'orbita lunare rispetto al piano dell'eclittica.*

Si chiede di comprendere la causa effettiva del "paradosso", ragionando in termini spaziali. Affinché avvenga un'eclissi, Sole Terra e Luna devono essere allineati *tridimensionalmente*, non solo nella proiezione bidimensionale sul piano dell'eclittica. Quest'ultima rappresentazione nasconde la dimensione perpendicolare al piano dell'eclittica, rendendo i tre astri allineati anche se in realtà la Luna non si trova sullo stesso piano di Terra e Sole. Quindi non basta che la Luna si trovi in fase di plenilunio o novilunio affinché avvengano un'eclissi di Luna o di Sole, rispettivamente: l'opzione a) è errata. Per essere sullo stesso piano di Terra e Sole, la Luna deve trovarsi *contemporaneamente* in uno dei due nodi. Questo non succede per ogni sizigia a causa dell'inclinazione dell'orbita lunare, come suggerito dall'opzione d). Altrimenti si avrebbero da 12 a 13 eclissi all'anno, anziché solo da 2 a 7!

La risposta b) è falsa poiché la distanza fra Terra e Luna non influenza l'allineamento dei tre corpi celesti. Anche c) è falsa poiché la regressione della linea dei nodi, pur essendo possibile solo nel caso in cui i due piani non sono paralleli, non è la causa del "paradosso" in questione, che si avrebbe anche se la linea dei nodi non ruotasse.

8. Risposta corretta: **c)** *Se il periodo della rivoluzione terrestre (cioè l'anno) valesse esattamente il doppio del mese sidereo, un mese sinodico durerebbe un anno.*

Analizzando le risposte fornite da tutti i concorrenti, questa domanda è risultata la più ostica della batteria. Si richiede di ragionare sulla differenza fra mese *sidereo* e mese *sinodico*, ponendosi nella situazione ipotetica descritta. Per rispondere alla domanda è necessario ricordare che i due moti di rivoluzione (della Luna e della Terra) sono concordi: entrambi antiorari, visti dal polo Nord celeste. Per aiutarci, possiamo disegnare un semplice schizzo, come questo:



¹ Si può escludere l'opzione a) con un ragionamento puramente logico: se a) fosse vera, allora sarebbe vera anche b), quindi a) è necessariamente falsa, essendoci solo una risposta corretta.

Partendo dalla posizione in alto, in cui la Luna è in fase di plenilunio, vediamo che dopo metà anno, cioè un mese sidereo completo, la Luna si ritrova nella fase di novilunio, esattamente opposta a quella di partenza (quindi la risposta b) è errata). Si riottiene invece la fase lunare iniziale, completando quindi il mese sinodico, solo dopo un intero anno, come riportato nella risposta c).

Il distrattore a) sarebbe la risposta giusta nel caso in cui i due moti di rivoluzione fossero opposti, uno orario e l'altro antiorario; il distrattore d) invece sarebbe la risposta giusta nel caso in cui il rapporto fra i due periodi fittizi fosse opposto, cioè se l'anno durasse esattamente la metà di un mese sidereo.

9. Risposta corretta: **d)** *La Luna può assumere la forma gibbosa fra il primo quarto e il plenilunio.*

Vediamo dall'immagine che la Luna è in fase crescente. Per capirlo, possiamo basarci su una delle celebri filastrocche, come "gobba a ponente, luna crescente; gobba a levante, luna calante", oppure "la Luna mente sempre"². Questo ci permette di escludere l'opzione b). Fra le altre opzioni, sia a) che c) presentano situazioni in cui la porzione della Luna illuminata è minore della metà, mentre solo d) comprende la situazione in figura, con la Luna crescente e illuminata per circa tre quarti.

10. Risposta corretta: **c)** *A-D-F.*

Utilizzando una delle due filastrocche ricordate sopra, possiamo concludere che la Luna è *calante*, o decrescente, nell'immagine a sinistra; crescente nell'immagine a destra. Perciò fra le opzioni A e B, in opposizione, la prima è corretta. C è errata, poiché il termine *quadratura* indica le due fasi di primo e ultimo quarto, mentre l'immagine mostra una falce molto sottile, che precede di pochi giorni il novilunio. All'opposto, l'immagine è preceduta a distanza di pochi giorni dalla fase di ultimo quarto, quindi l'affermazione in D è corretta. La E invece è falsa, poiché la fase lunare precedente è di novilunio, non di ultimo quarto, essendo la falce crescente.

F è corretta, poiché la fotografia a sinistra è stata scattata pochi giorni prima di un novilunio, la fotografia a destra poco prima di un plenilunio. In entrambi i casi si è quindi fra l'ultimo quarto di un certo mese *sinodico* e il primo quarto del mese *sinodico* successivo.

PARTE TERZA – La Terra trema

11. Risposta corretta: **c)** *L'epicentro non può trovarsi in profondità.*

La risposta corretta è la c) infatti l'epicentro è definito come il punto sulla superficie terrestre esattamente sopra l'ipocentro, quindi non può trovarsi a 10 km di profondità.

Possiamo escludere la risposta b) poiché i terremoti possono verificarsi a qualsiasi profondità inferiore ai 720 km. Il movimento di qualsiasi tipo di faglia può causare terremoti, pertanto le risposte a) e d) sono errate.

12. Risposta corretta: **a)** *Misura i danni e gli effetti del terremoto su persone e strutture.*

La scala Mercalli si basa sui danni a persone e strutture risposta a). Non è una scala assoluta, a differenza della scala Richter, che confronta l'ampiezza delle onde sismiche con un valore fissato di riferimento. Il movimento e l'ampiezza dell'apertura della faglia influenzano l'intensità del terremoto: più è grande l'apertura e il movimento della faglia, maggiore è l'energia liberata durante il sisma. Quindi i due parametri influiscono sull'intensità del terremoto ma non vengono quantificati direttamente dalla scala Mercalli. Pertanto, possiamo escludere le risposte b), c) e d).

L'errore che commette il giornalista è dire che l'energia liberata è pari al grado 7 della scala Mercalli; per quanto abbiamo detto prima, due terremoti con lo stesso grado della scala Mercalli possono liberare energie molto diverse, in quanto tale scala misura solo gli effetti sulle strutture e sulle persone.

13. Risposta corretta: **d)** *Onde P e onde S.*

Dall'ipocentro si propagano le onde di volume (onde P e onde S), risposta d). Dall'epicentro si propagano le onde superficiali che sono le onde di Love (onde L) e di Rayleigh (onde R). Tutte le risposte con onde L e R sono errate (risposte a,b e c)

² Riportato anche come "la Luna mente", oppure "la Luna è bugiarda", fa riferimento al fatto che quando la parte illuminata assume una forma a "C", la Luna è decrescente, quando assume una forma a "D" invece è crescente.

14. Risposta corretta: **b) B.**

Il punto A è la situazione prima che il terremoto avvenga.

Il punto B indica l'arrivo delle onde prime (P). Il movimento delle particelle di roccia al passaggio delle onde P è parallelo alla direzione di propagazione: esse generano compressioni e dilatazioni nella roccia, per questo vengono chiamate anche onde *longitudinali* o di compressione.

Il punto C indica l'arrivo delle onde seconde (S), al passaggio delle quali la perturbazione è perpendicolare alla direzione di propagazione. Pertanto, esse vengono chiamate onde *trasversali* o di taglio.

Il punto D indica l'arrivo delle onde superficiali cioè onde R e onde L. Le onde R generano un movimento ellittico in un piano verticale lungo la direzione di propagazione. Le onde L fanno muovere le particelle di roccia trasversalmente sul piano orizzontale. Queste due onde arrivano per ultime poiché si propagano a partire dall'epicentro.

Pertanto, la risposta corretta è la risposta b).

15. Risposta corretta: **c) Occorrono i tempi di arrivo delle onde sismiche registrate da almeno 3 sismografi.**

La distanza dall'epicentro viene calcolata grazie al ritardo fra le onde P e le onde S: più è lontana la stazione maggiore sarà questo ritardo. Se si ha a disposizione il tempo di un solo sismografo, sappiamo la distanza dall'epicentro del terremoto ma non la direzione, possiamo quindi tracciare una circonferenza di raggio pari alla distanza, a cui l'epicentro appartiene per certo. Sapendo i tempi di tre sismografi, possiamo tracciare tre circonferenze, una per ogni sismografo. Poiché tre circonferenze hanno un solo punto in comune esso sarà l'epicentro. Ovviamente con cinque sismografi si ha una misura più precisa ma per individuare la posizione dell'epicentro ne bastano tre.

PARTE QUARTA – Le ammoniti

16. Risposta corretta: **b) Le ammoniti sono fossili guida per il Mesozoico, ed hanno avuto un'ampia distribuzione geografica e una grande velocità di diffusione.**

L'era geologica corretta è il Mesozoico, di cui le ammoniti sono i fossili guida più diffusi (come descritto nella correzione alla domanda 18). Il Mesozoico segue l'era Paleozoica, risposta a), e precede l'era Cenozoica, risposta c). Il Neozoico, risposta d), corrisponde invece al periodo più recente del Cenozoico. Le opzioni a) e d) si potevano escludere anche senza ricordare la successione geologica, perché le ammoniti, essendo fossili guida, hanno avuto una distribuzione geografica molto ampia, non limitata.

17. Risposta corretta: **a) Il sifone permetteva alle camere di riempirsi e svuotarsi, permettendo un movimento in verticale, trattandosi di organismi neotonici.**

Analogamente a quanto avviene per la vescica natatoria dei pesci, la capacità delle ammoniti di riempire o svuotare le camere del guscio tramite un sifone permetteva loro di modificare la propria densità rispetto a quella dell'acqua circostante e, di conseguenza, spostarsi verticalmente lungo la colonna d'acqua. Riempendo le camere di gas (da loro stessi prodotto) la densità diminuisce: se diventa inferiore a quella dell'acqua circostante, il mollusco si sposta verso l'alto, per principio di Archimede.

Essendo le ammoniti capaci di spostarsi e di controllare densità e pressione interne attraverso il sifone, si possono escludere le risposte c) e d). Infine, è possibile eliminare anche l'opzione b) in quanto per lo spostamento attivo orizzontale non è sufficiente il meccanismo delle camere descritto.

18. Risposta corretta: **c) Le ammoniti sono degli importanti fossili guida perché si sono evolute rapidamente, presentando una serie di caratteristiche specifiche, e si sono estinte quasi contemporaneamente.**

Le ammoniti sono i fossili guida del Mesozoico per eccellenza. Un fossile guida è un particolare organismo che, se rinvenuto in uno strato di roccia, permette di datare lo strato stesso, indipendentemente dalla collocazione geografica del sito; questo comporta che tali organismi debbano aver avuto un'ampia distribuzione geografica e siano esistiti solo o prevalentemente in quel periodo geologico, per permettere una datazione univoca. L'unica risposta che fa riferimento alla definizione di fossile guida è la c). Le altre opzioni, pur indicando elementi che hanno contribuito alla rapida e ampia diffusione delle ammoniti, non bastano a motivare lo status di fossile guida.

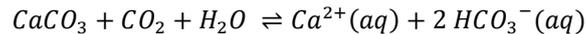
19. Risposta corretta: **b)** *Eventi di ingressione e regressione marina a scala locale, che avrebbero portato ad una diminuzione dello stress ambientale.*

Si può rispondere correttamente procedendo per esclusione. Secondo la definizione di fossile guida le ammoniti erano diffuse in molti ambienti, quindi non è possibile che l'estinzione sia stata causata da eventi su scala locale come quelli di ingressione/regressione riportati nella risposta b). Inoltre, la risposta contiene una contraddizione al suo interno: le specie si estinguono quando lo stress ambientale aumenta e non sono in grado di adattarsi, non quando diminuisce. Le altre risposte sono tutte plausibili, fornendo possibili con-cause di un'improvvisa riduzione della popolazione su vasta scala.

PARTE QUINTA – Miscellanea

20. Risposta corretta: **c)** *Al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati i gusci calcarei si dissolvono.*

La profondità di compensazione dei carbonati è legata alla solubilità del carbonato di calcio, che avviene secondo la reazione:



L'equilibrio di questa reazione chimica varia in funzione di diversi fattori, fra cui la pressione, che aumenta con la profondità la temperatura, che diminuisce con la profondità. In particolare, l'equilibrio si sposta a destra, cioè verso i prodotti solubili, se la pressione aumenta³ e se la temperatura diminuisce, cioè se la profondità aumenta. In superficie l'acqua è *soprasatura* in CaCO_3 , quindi il sale è sostanzialmente insolubile, ma a profondità elevate diventa sempre più solubile. Si ha il limite della compensazione dei carbonati quando tutto il carbonato di calcio viene disciolto, compresi i gusci calcarei della risposta c).

La deposizione dei sedimenti silicei (gusci di radiolari e diatomee) è possibile anche a profondità maggiori della profondità di compensazione dei carbonati, quindi l'opzione a) è errata.

I sedimenti *terrigeni* sono prodotti dall'erosione delle rocce continentali, quindi non hanno origine biologica: c) è errata. I sedimenti sono detti invece *autigeni* se derivano da minerali che si sono formati nello stesso luogo⁴, quindi nuovamente non può riferirsi alla deposizione di calcare organico.

IL DOMANDONE FINALE

21. Risposta corretta: *1 C, 2 B, 3 A, 4 C, 5 A, 6 C, 7 A, 8 B, 9 A, 10 C, 11 B, 12 C, 13 A, 14 B, 15 C, 16 A, 17 C*

Di seguito è riportata una spiegazione per ognuno degli abbinamenti, divisi in base all'immagine corrispondente.

Immagine A):

- 3; 7; 9; l'immagine A presenta al centro un tratto di litosfera piuttosto sottile, che si inspessisce verso i lati. Ciò porta a concludere che si tratti di un margine divergente, in cui le placche si allontanano fra loro e si genera nuova crosta terrestre. Questo fenomeno è associato alle dorsali oceaniche.
- 5; l'Islanda si trova al centro dell'oceano Atlantico settentrionale, in corrispondenza della dorsale oceanica.
- 13; la formazione di nuova crosta avviene per segmenti separati di dorsale oceanica. Questo genera delle forti tensioni lungo il confine fra due segmenti⁵, con la conseguente formazione di faglie trasversi, o *trascorrenti*, nel senso perpendicolare al solco centrale della dorsale (rift valley). L'immagine corretta è A e non B proprio a causa del riferimento alla "faglia principale", cioè la rift valley al centro della dorsale rappresentata in A.
- 16; essendo un margine divergente si genera tra le placche in allontanamento uno spazio che viene occupato da magma in risalita dal mantello superiore. Il magma, basico e fluido, fuoriesce dalle dorsali oceaniche tramite vulcanismo effusivo.

Immagine B):

- 2; 8; 11; si tratta di un margine trasforme in cui non si modifica la quantità di crosta terrestre ma soltanto la sua disposizione, con porzioni che scorrono rispetto ad altre. Uno degli esempi più noti di margine trasforme è quello tra la California e il resto del continente nordamericano, cioè la faglia di Sant'Andrea.
- 14; uno degli effetti principali di un margine trasforme è la generazione di violenti terremoti superficiali, in quanto lo spessore interessato è la sola crosta terrestre e la tensione fra i due margini è elevatissima; ne sono un esempio i terremoti che hanno sconvolto alcune città californiane come San Francisco.

³ Possiamo intuire il motivo tramite il principio di Le Châtelier, anche se tecnicamente è valido solo per sistemi in equilibrio: un aumento di pressione promuove una riduzione di volume; nel caso della reazione sopra i reagenti hanno un volume maggiore, essendo la CO_2 gassosa, quindi l'equilibrio viene spostato a destra.

⁴ Nel caso dei fondali oceanici, un esempio di minerali autigeni è dato dai noduli polimetallici.

⁵ In senso opposto a quello che si avrebbe se le faglie trasversi fossero responsabili della segmentazione della dorsale, perché il rapporto di causa ed effetto è all'inverso: sono le faglie trasversi a essere conseguenza della segmentazione della dorsale.

Immagine C):

- 1; 4; 6; 10; osservando l'immagine C si può giungere alla conclusione che si tratti di un margine convergente, in cui due placche si scontrano e la più densa scivola sotto l'altra (quella oceanica, se l'altra è continentale). La placca in subsidenza raggiunge profondità elevate, fino al mantello, dove il calore ne promuove la parziale fusione. Con l'inabissamento della crosta oceanica si forma, nei pressi della costa, una fossa oceanica. Un esempio molto famoso di questo meccanismo è quello della Cordigliera della Ande, in cui la placca oceanica del Pacifico scorre al di sotto del continente sudamericano.
- 12; i margini convergenti sono associati ad orogenesi tramite diversi meccanismi: sulla placca più leggera si forma una catena montuosa se la crosta è continentale; si forma un arco insulare se invece è anch'essa oceanica.
- 15; in questo tipo di margine i terremoti sono causati dallo scorrimento tra la placca in subsidenza e la placca sovrastante e hanno il loro ipocentro lungo il piano di scorrimento, detto anche piano di Benioff. Siccome la placca in subsidenza si inabissa fino al confine fra mantello superiore e inferiore (circa 700 Km di profondità), i terremoti si possono generare a varie profondità.
- 17; il magma generato dalla fusione delle rocce lungo il piano di Benioff risale attraverso la placca che non subduce. Se questa è continentale, il magma incontra e fonde parzialmente rocce via via più acide, con un maggiore contenuto in silice. Una volta in superficie questo tipo di magma acido, e viscoso provoca fenomeni di vulcanismo esplosivo.