

# LA DINAMICITA' DEL NOSTRO PIANETA

ANALISI DEI PROCESSI  
E DELLE FORME CHE  
LO CARATTERIZZANO

# TETTONICA A PLACCHE COME TEORIA UNIFICANTE



## DINAMICA AMBIENTALE

- fattori endogeni
- fattori esogeni

MODELLAMENTO DELLA  
SUPERFICIE TERRESTRE

- A. WEGENER E LA TEORIA DELLA DERIVA DEI CONTINENTI (1912)
- LA TETTONICA DELLE PLACCHE (1967)



(1880-1930)

## LA TEORIA DELLA DERIVA DEI CONTINENTI

L'idea della deriva dei continenti, scrive Wegener nella sua trattazione "The Origin of Continent and Oceans", "mi si presentò già nel 1910. Nell'esaminare la carta geografica dei due emisferi, ebbi l'impressione immediata della concordanza delle coste atlantiche, ma ritenendola improbabile non la presi per allora in considerazione. Nell'autunno del 1911, essendomi capitata in mano una relazione su un antico collegamento continentale tra il Brasile e l'Africa, venni a conoscenza dei risultati paleontologici ottenuti, a me ignoti fino allora. Ciò mi spinse a prendere in esame i dati acquisiti nel campo geologico e paleontologico riferentesi a questa questione: ora, le osservazioni fatte furono così notevoli che si radicò in me la convinzione dell'esattezza fondamentale di quell'idea. Idea che resi nota per la prima volta il 6 gennaio 1912, in una conferenza tenuta alla Società Geologica di Francoforte sul Meno su: "La formazione dei continenti e degli oceani in base alla geofisica".(1) A questa conferenza ne seguì il 10 gennaio una seconda su: "Gli spostamenti orizzontali dei continenti " che tenni alla Società per il Progresso delle Scienze naturali di Marburgo."

Alfred Wegener intorno al 1912 inquadò in una teoria organica i dati in parte già noti e discussi : la “ **Deriva dei continenti** ”.

Egli osservò la forma dei continenti, in particolare dell’Africa e dell’America del Sud: se noi ritagliassimo l’America meridionale e l’Africa e le accostassimo, vedremmo che i due continenti combacerebbero perfettamente come se fossero due enormi tessere di un puzzle.

Wegener ipotizzò che i due continenti un tempo fossero uniti in un unico grande blocco.

Questa affermazione implicava una conseguenza molto importante: se un tempo erano uniti, vuol dire che i continenti possono muoversi orizzontalmente e andare alla deriva, come se fossero delle enormi zattere.

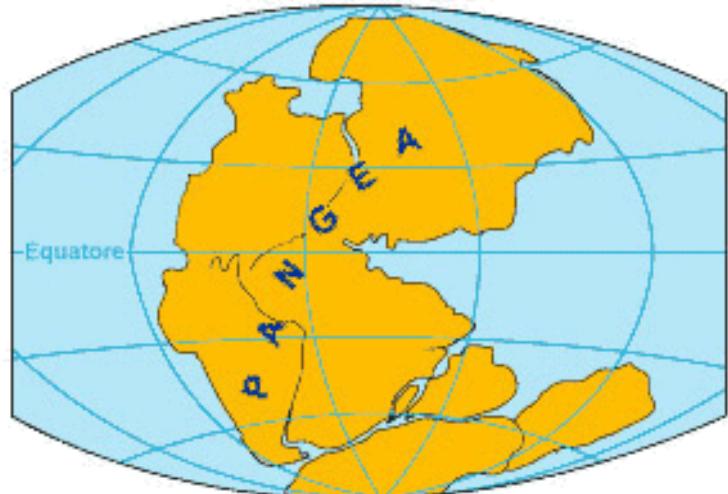
Egli propose quindi un’idea di superficie terrestre in movimento, in evoluzione, con i continenti “alla deriva” negli oceani, come pezzi di un primigenio, unico continente: questo supercontinente fu denominato PANGEA.

Secondo lo scienziato tedesco, fino a 200 milioni di anni fa esisteva un unico grande continente: la Pangea, circondato da un unico grande oceano: la Pantalassa.

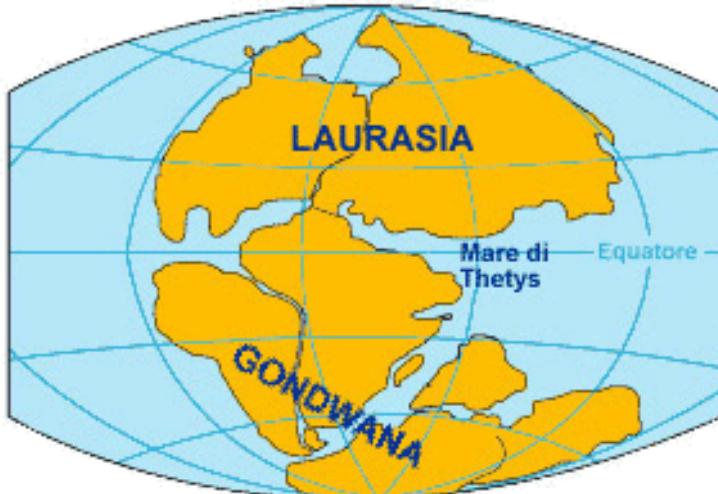
Wegener ricostruì la Pangea accostando fra loro le sagome dei continenti.

Secondo la sua teoria, 220 - 200 milioni di anni fa, il grande continente Pangea cominciò a lacerarsi, seguendo un movimento distensivo che si protrasse per qualche decina di milioni di anni, in due blocchi chiamati rispettivamente [Laurasia](#) (formato da Europa, Asia e America settentrionale) e [Gondwana](#) (costituito da America meridionale e Africa), separati da un oceano chiamato Tetide. A partire da questa primordiale scissione, la Laurasia andò alla deriva verso Nord, mentre il blocco Africa-America del Sud si staccò dal blocco Australia-Antartide.

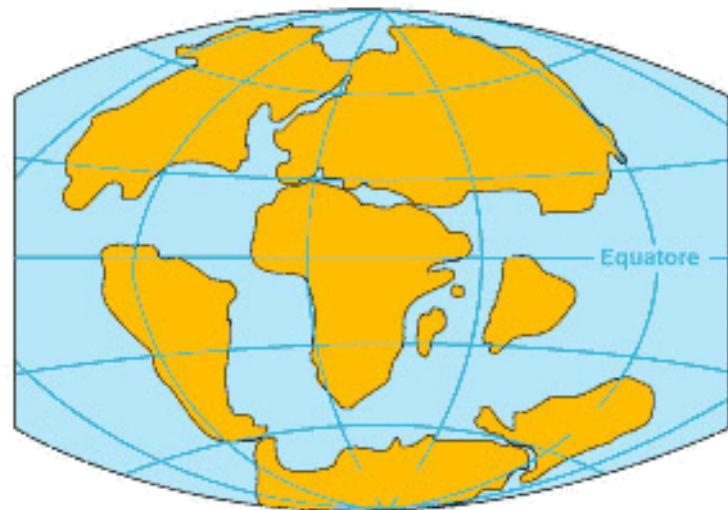
Intorno a 190 milioni di anni fa, un evento simile a quello che aveva diviso in due la Pangea, interessò una zona del continente Gondwana e intorno a 80 milioni di anni fa, la frattura che aveva originato l'Atlantico meridionale cominciò a propagarsi anche verso Nord. Il continente settentrionale venne diviso in due blocchi: il Nord-America e l'Eurasia e fra i due continenti si aprì l'Atlantico settentrionale.



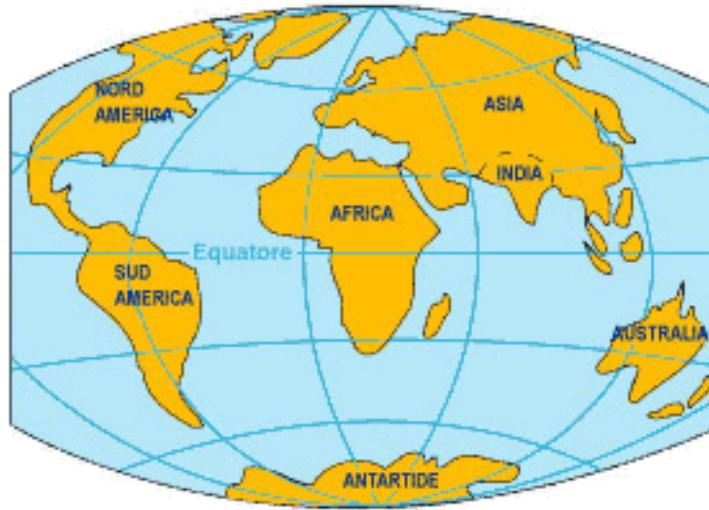
PERMIANO  
225 milioni di anni



TRIASSICO  
200 milioni di anni



CRETACICO  
65 milioni di anni



PRESENTE



250 m anni

200 m anni

oggi

fra 100 m anni

## DERIUA DEI CONTINENTI



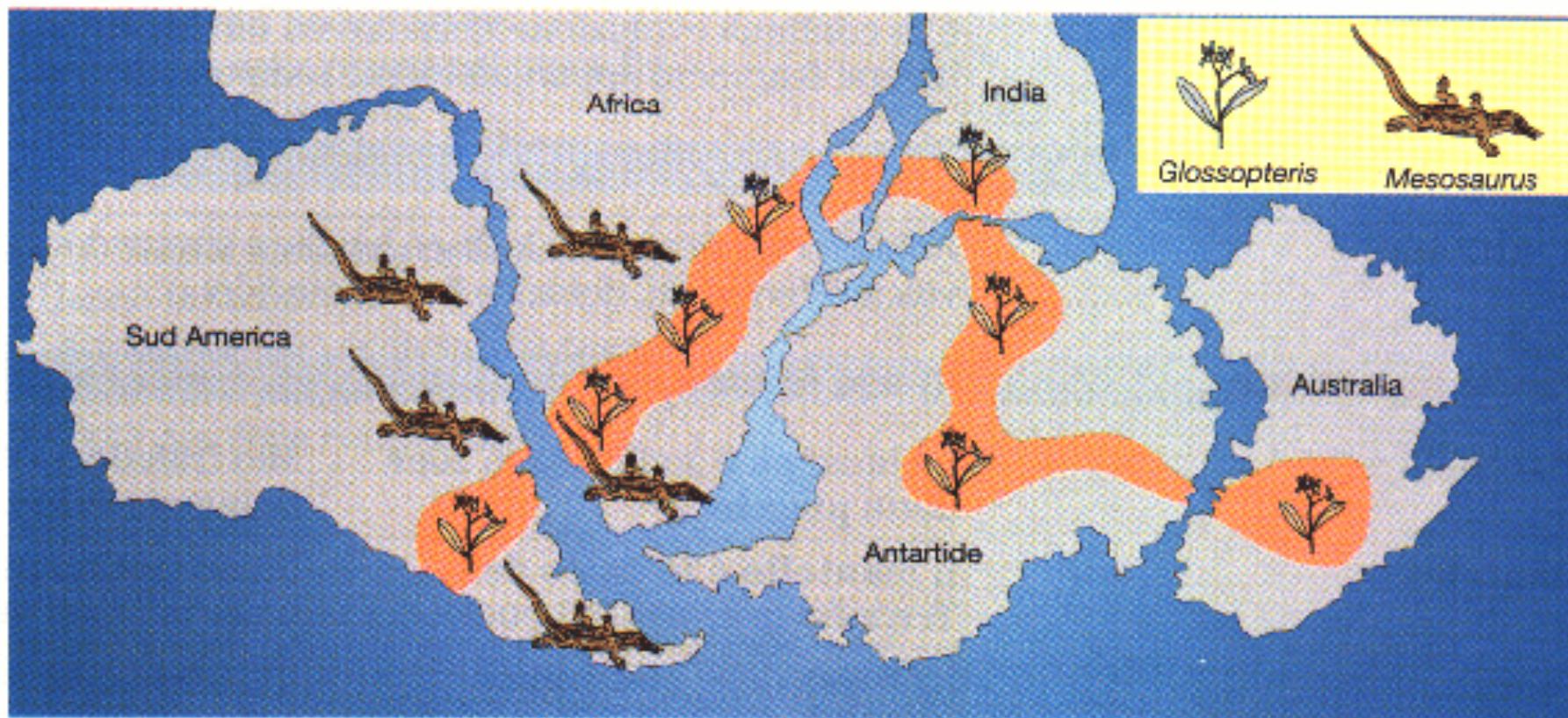
## PROVE DI WEGENER:

- **Prove geologiche**: forme dei continenti combacianti; alcune catene montuose di un continente sembrano la continuazione di quelle di un altro continente ora lontano.
- **Prove paleontologiche**: fossili di una stessa specie trovati in continenti oggi lontani tra loro a testimoniare la loro passata unione, es. fossili del rettile Mesosaurus (vissuto circa 270 milioni di anni fa) ritrovati sia in Sud America che in Africa; fossili della felce Glossopteris distribuiti in regioni molto lontane (America del Sud, Sud Africa, India, Antartide, Australia) a testimoniare che un tempo questi continenti erano uniti tra loro.
- **Prove climatologiche**: circa 250 milioni di anni fa c'erano ampie distese di ghiaccio nella parte sud-orientale dell'America del Sud, nella parte meridionale dell'Africa, in alcune zone dell'Australia e dell'India. L'ipotesi più semplice per spiegare questa distribuzione dei ghiacciai è quella che in quel periodo i continenti erano uniti e tutte quelle zone si trovavano in corrispondenza del Polo Sud.

**Il limite della teoria di Wegener fu quello di non riuscire a definire quale fosse il motore che muoveva i continenti portandoli “alla deriva”.**

...scrive egli stesso: “ Il Newton della teoria della deriva non è ancora apparso...è probabile che la soluzione completa del problema delle forze motrici sia ancora lontana a venire, perché significa districare un groviglio di fenomeni interdipendenti in cui spesso è difficile distinguere la causa dall'effetto ”

## Prove paleontologiche



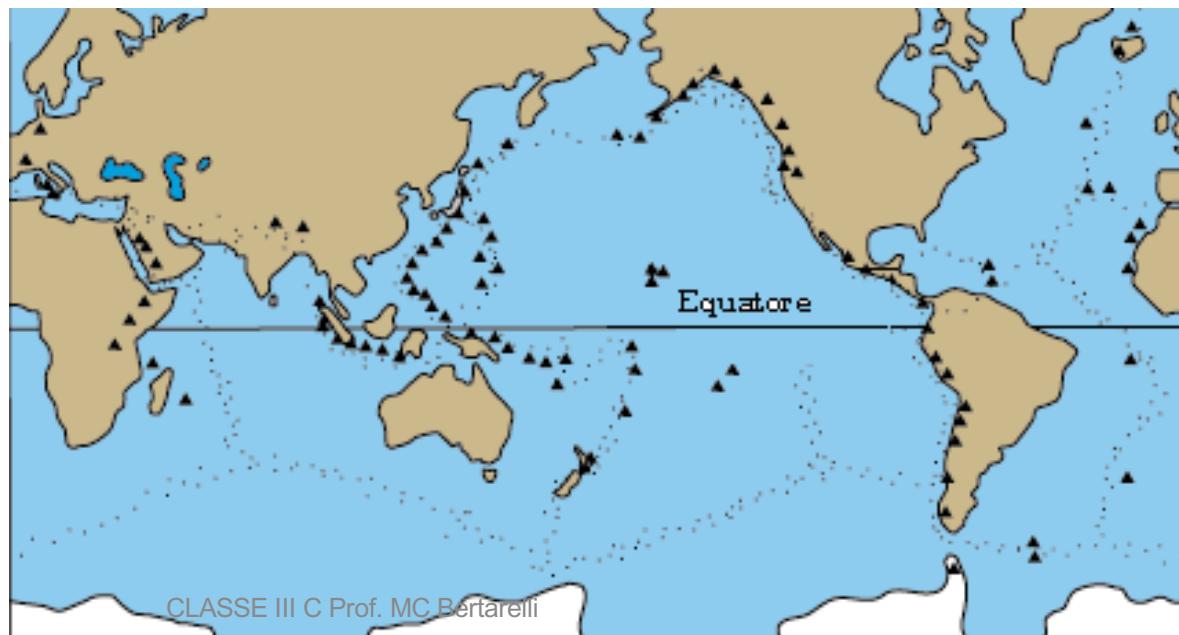
Con l'aiuto delle onde sismiche, gli scienziati compresero che il mantello non era costituito da roccia solida e che, dunque, poteva muoversi e nel 1928 Arthur Holmes propose un meccanismo che consentiva il movimento dei continenti a seguito di questa nuova scoperta.

Egli ipotizzò che il calore intrappolato nella Terra originasse delle **correnti convettive**, vale a dire aree dove i fluidi al di sotto della crosta terrestre ascendono, si spostano lateralmente e discendono; le correnti ascenderebbero sotto i continenti, si espanderebbero ed infine discenderebbero sotto gli oceani.

Sfortunatamente Wegener morì nel 1930 e non ebbe l'opportunità di adattare la teoria sviluppata da Holmes alle sue idee sulla deriva dei continenti ma, nonostante tutto, la sua teoria e le prove da lui apportate non furono completamente abbandonate nemmeno a seguito della sua morte e per i successivi 40 anni l'idea della deriva dei continenti fu oggetto di un "caldo" dibattito.

Nel 1940 Hugo Benjoff tracciò la posizione dei sismi profondi ai margini dell'Oceano Pacifico. La sua carta indica una catena di sismi che oggi è conosciuta come "Anello di fuoco del Pacifico" ed a partire da essa gli scienziati hanno tracciato la distribuzione dei vulcani e dei sismi nel mondo.

L'analisi sistematica dei sismi profondi permise di comprendere che essi non avvenivano casualmente sopra la superficie terrestre, ma erano concentrati lungo vere e proprie linee, localizzate sulla crosta terrestre e corrispondenti al sistema mondiale delle dorsali e delle fosse oceaniche.



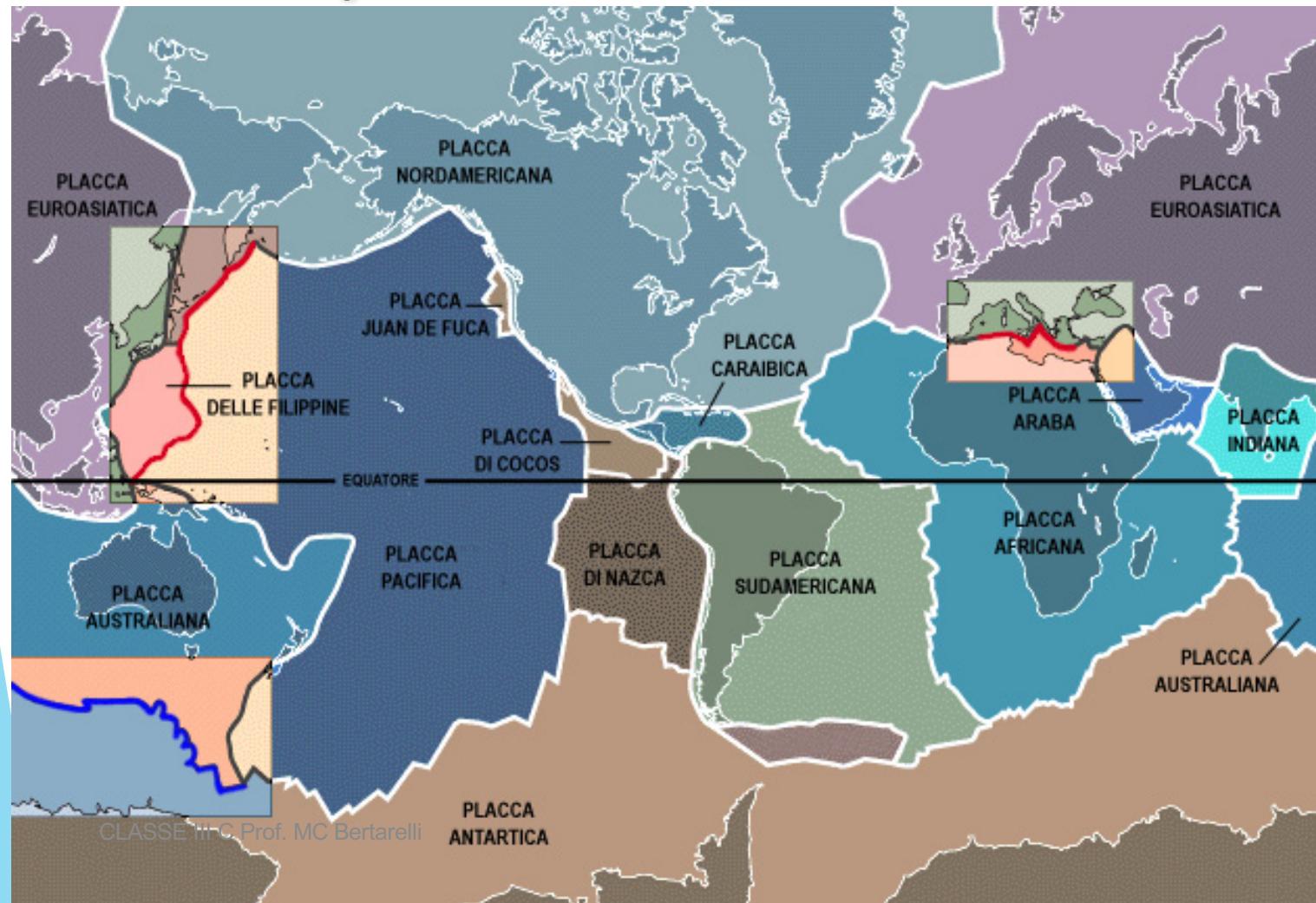
Il fatto che la distribuzione dei sismi e dei vulcani fosse simile al sistema di dorsali, indicò a Benjoff che la litosfera terrestre era divisa in sezioni.

Distribuzione mondiale dei vulcani (▲) e dei terremoti (.....)



Nel 1965, le idee della deriva dei continenti furono integrate nel concetto di Tettonica a placche da Tuzo Wilson.

La tettonica divise lo strato superficiale della Terra in dodici placche litosferiche distinte, ognuna di circa 45-65 miglia.



Queste placche fluttuano sulla sottostante astenosfera che, riscaldata dall'interno della Terra e divenuta plastica, si espande, diventa meno densa e si solleva. Incontrando la litosfera devia e trascina le placche lateralmente finché si raffredda e si condensa deviando nuovamente per completare il ciclo.

Negli anni '60 e '70 si realizza quella rivoluzione scientifica delle scienze della Terra che va sotto il nome di Tettonica a placche o più propriamente **TETTONICA GLOBALE**, proprio perché cerca di inquadrare e spiegare tutti i fenomeni geologici del pianeta (continenti, oceani, catene montuose, vulcani, terremoti, dati paleontologici, paleoclimatici, paleomagnetici, ecc....).

Furono gli scienziati Morgan e McKenzie che, nel 1967, formularono questa teoria che è considerata una teoria unificante poiché permette di spiegare molti fenomeni che apparentemente sembrano non avere alcuna relazione tra loro: per esempio, la distribuzione dei fenomeni vulcanici e sismici, la localizzazione delle catene montuose,...

Secondo la teoria della tettonica delle placche (o zolle), la litosfera non forma un guscio continuo, ma si presenta fratturata, divisa in una serie di zolle o placche. Le zolle galleggiano sulla sottostante astenosfera e sono in continuo movimento, trascinando con sé i continenti.

Sono state individuate complessivamente una ventina di zolle, di cui sette più grandi e le altre di minore estensione.



— margini divergenti  
— margini convergenti (zone di subduzione)  
--- confini incerti di placche  
 CLASSE III C Prof. MC Bertarelli

→ margine trascorrente  
 moto delle placche  
 i valori numerici indicano la velocità di spostamento in cm/anno

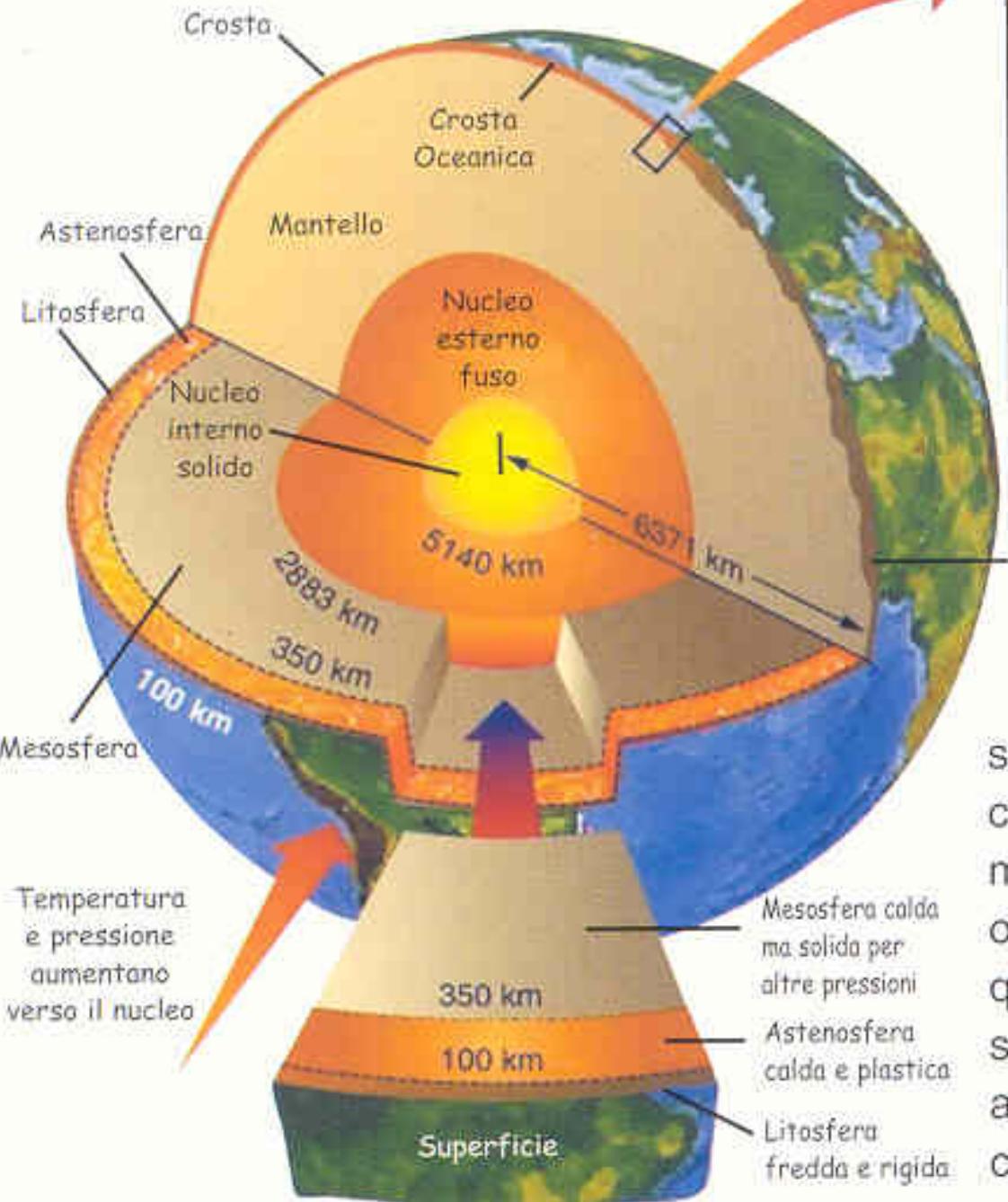
**UN MONDO FATTO DI PLACCHE**

# VIAGGIO AL CENTRO DELLA TERRA

## Nucleo:

- alta densità
- metalli pesanti ( Fe, Ni )
- temperatura elevata (migliaia di gradi)
- > press. nel nucleo interno
- raggio 3500 Km

La Crosta è spessa da 40 a 90 Km nelle aree occupate dai continenti fino a mediamente 10 Km nelle aree oceaniche.



# LA TETTONICA DELLE PLACCHE

- ▶ La terra presenta un **invólucro rígido**, la **LITOSFERA**, que **galleggia sulla** sottostante **astenosfera**.
- ▶ La **litosfera** non è un guscio continuo ma constituido da circa **20 fragmentos rígidos** di dimensiones notevoli chiamati **PLACCHE**.
- ▶ La **placche si muovono** sull'astenosfera, **trascinadas** pasivamente por **MOTI CONVETTIVI** del manto.
- ▶ Las placas presentan **zonas de crecimiento**, **zonas de destrucción** e **zonas de deslizamiento**: los **MARGENES DE PLACCA**.
- ▶ Cada placa se mueve como **UNIDAD AUTONOMA** respecto a las otras.

# I MARGINI DELLE PLACCHE

- ▶ **MARGINI DIVERGENTI o COSTRUTTIVI**, lungo i quali due placche si allontanano l'una dall'altra, lasciando spazio per la risalita di magma dal mantello che forma nuova crosta (**dorsali**);
- ▶ **MARGINI CONVERGENTI o DISTRUTTIVI**, lungo i quali due placche si muovono l'una verso l'altra, provocando o l'immersione di una placca sotto l'altra (**fosse oceaniche**) oppure l'accavallamento di una sull'altra (**orogenesi da collisione continente - continente**);
- ▶ **MARGINI TRASCORRENTI o CONSERVATIVI**, lungo i quali due placche scivolano orizzontalmente l'una rispetto l'altra (**faglie trascorrenti**).

Tutti i margini tra le placche coincidono con le principali zone sismicamente attive della Terra.

## TRE TIPI DI MOVIMENTO

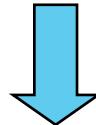
SCONTRO

SCORRIMENTO

ALLONTANAMENTO



# **ALLONTANAMENTO delle placche**



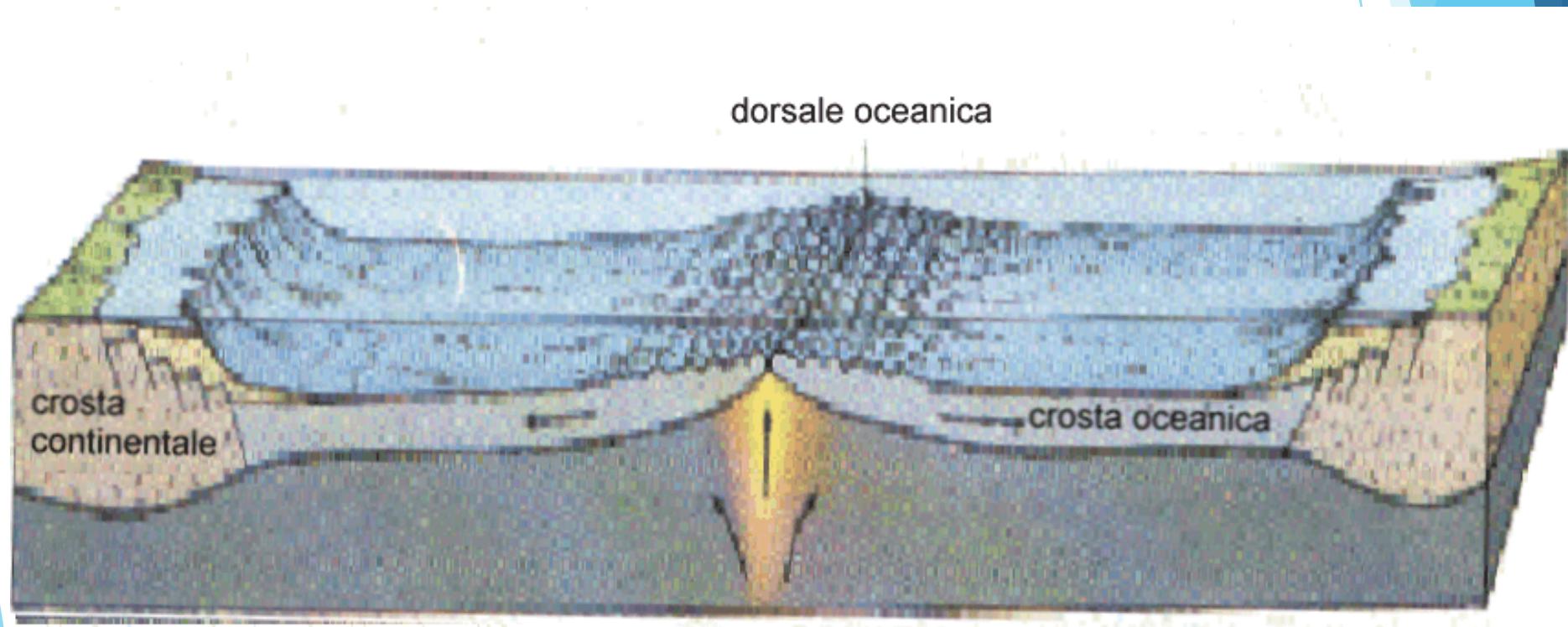
**SI FORMA NUOVA CROSTA**

Lo spazio che si forma tra le due zolle che si allontanano, lascia posto alla fuoriuscita del magma proveniente dal mantello che giunto in superficie solidifica formando nuova crosta e determinando per esempio l'espansione dei fondali oceanici.

I margini di queste zolle vengono detti margini di accrescimento o costruttivi (perché si forma nuova crosta terrestre) o margini divergenti (poiché lungo questi margini le zolle divergono, cioè si allontanano)

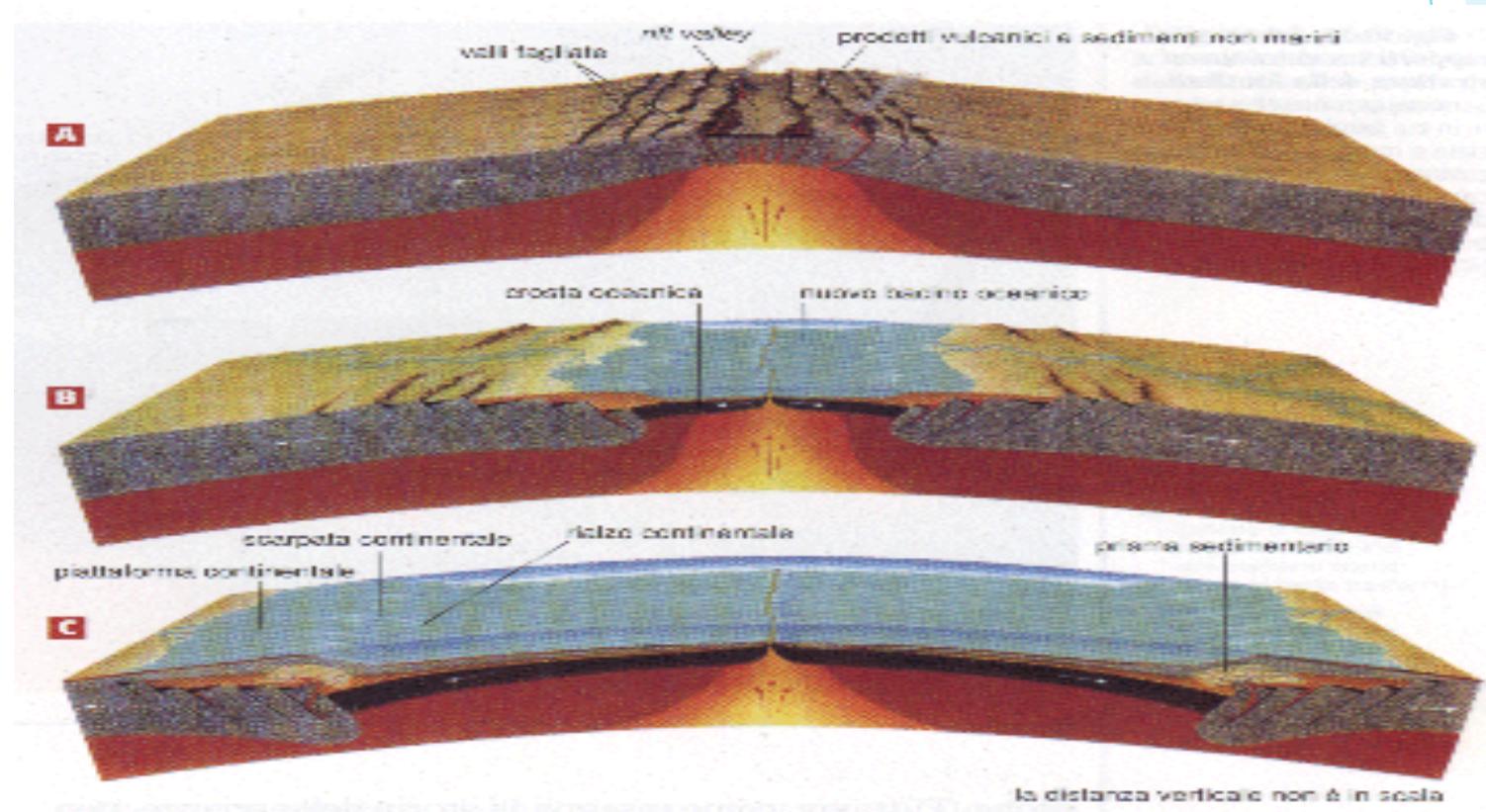
# MARGINI DIVERGENTI

► **CENTRO D'ESPANSIONE INERPOSTA FRA DUE PLACCHE:** nelle **dorsali oceaniche** avviene la creazione di nuova crosta oceanica che va a riempire lo spazio lasciato libero dalle due placche in lento allontanamento.



# MARGINI DIVERGENTI

► **CENTRO D'ESPANSIONE ALL'INTERNO DI UN CONTINENTE:** si creano zone di frattura – **fosse tettoniche** - da dove fuoriesce magma che spinge i due tronconi di continente a divergere l'uno dall'altro come Wegener aveva suggerito per la Pangèa.



# MARGINI DIVERGENTI

- ▶ Una veduta da satellite del Sinai mostra i due bracci del Mar Rosso che altro non sono che due centri di espansione esposti sulla superficie terrestre



# MARGINI CONVERGENTI

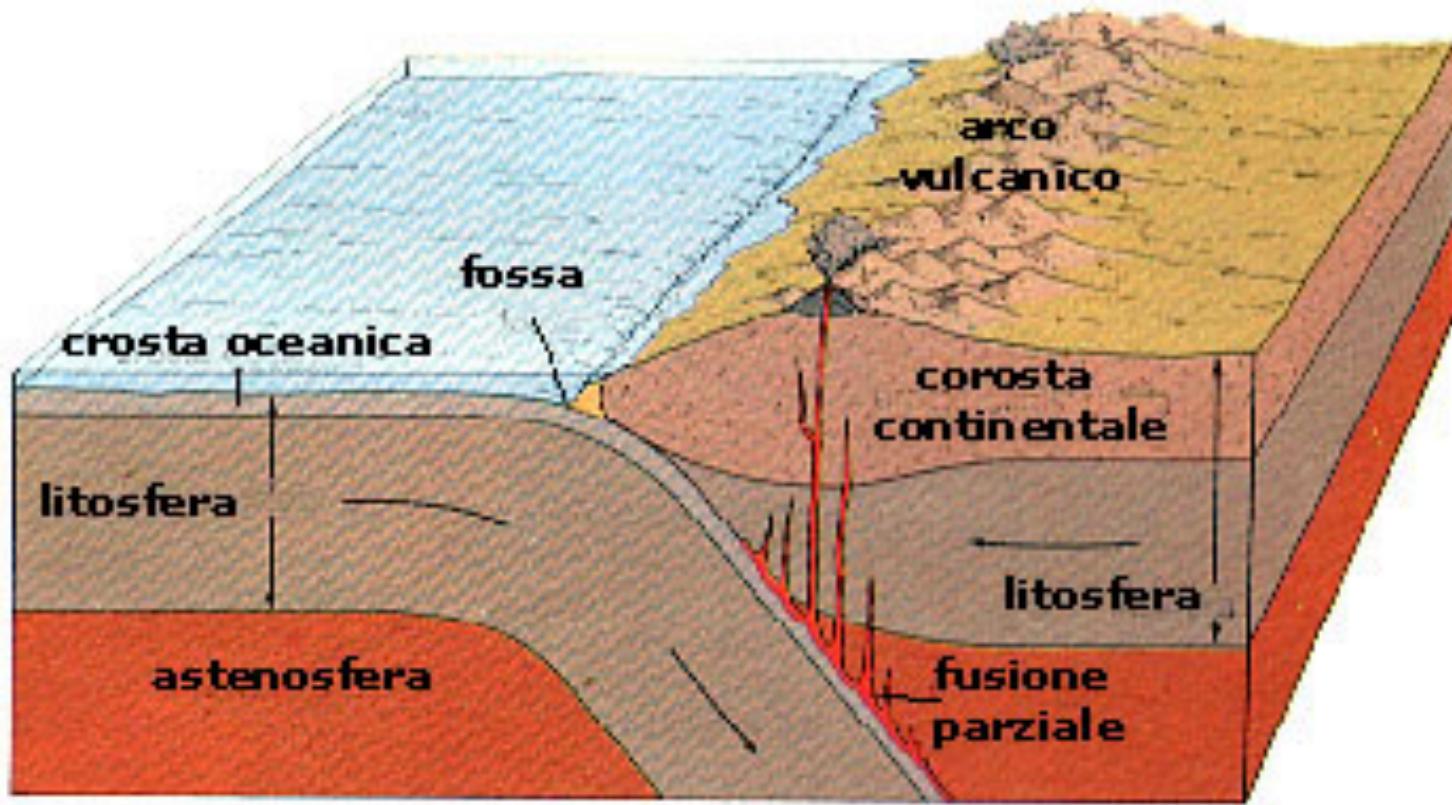
- ▶ Anche se tutte le zone di convergenza sono sostanzialmente simili, la **collisione tra due placche** dà **risultati diversi a seconda del tipo di litosfera coinvolta nel meccanismo.**

## 3 MODULAZIONI DI CONVERGENZA

**placca oceanica - placca continentale**

**placca oceanica - placca oceanica**

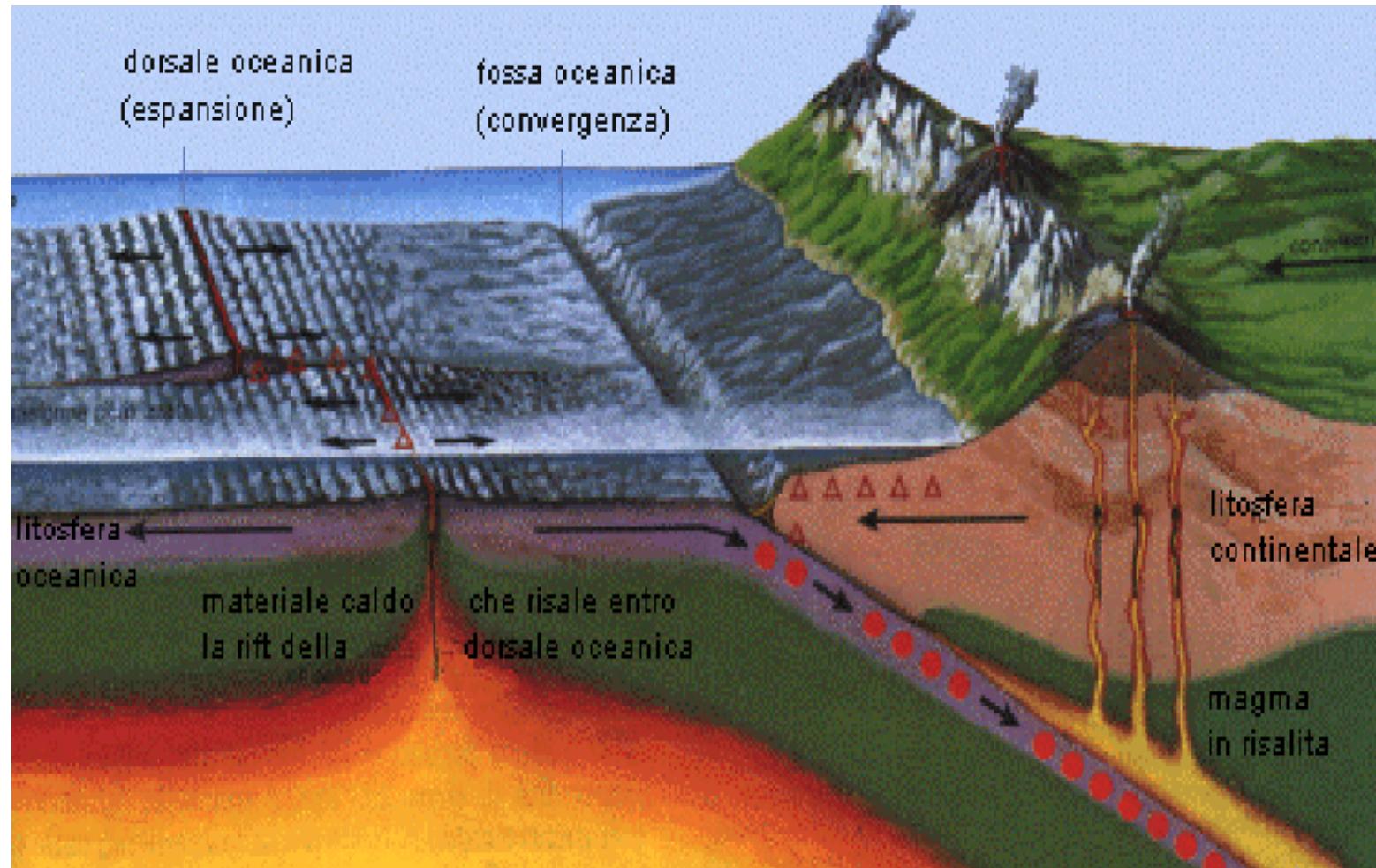
**placca continentale - placca continentale**

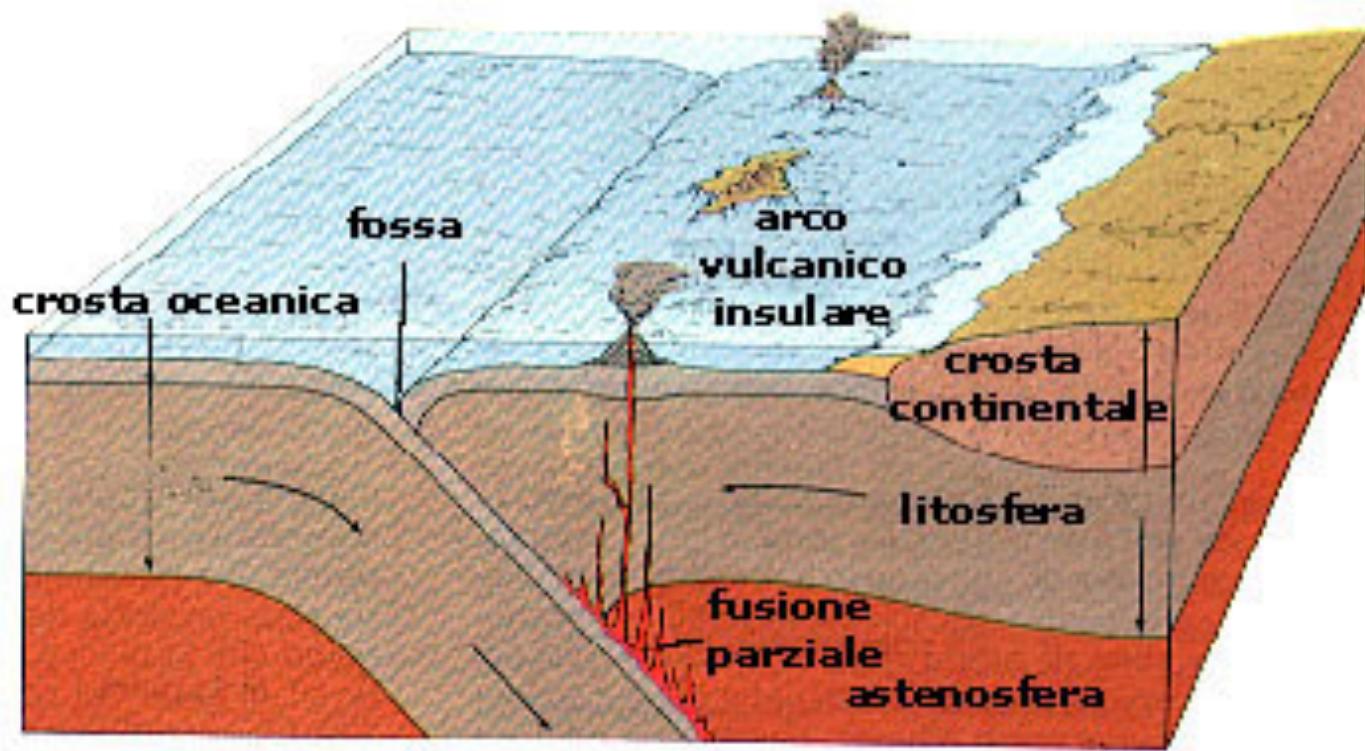


### SCONTRO TRA UNA OCEANICA E UNA ZOLLA CONTINENTALE

La zolla oceanica, più densa, si flette sotto la zolla continentale e ritorna nel mantello (**processo di subduzione**). Parte della crosta terrestre viene distrutta, nell'astenosfera la crosta oceanica fonde e il materiale fuso risale in superficie formando dei **vulcani** sulla crosta continentale. Si forma inoltre una **fossa oceanica**.

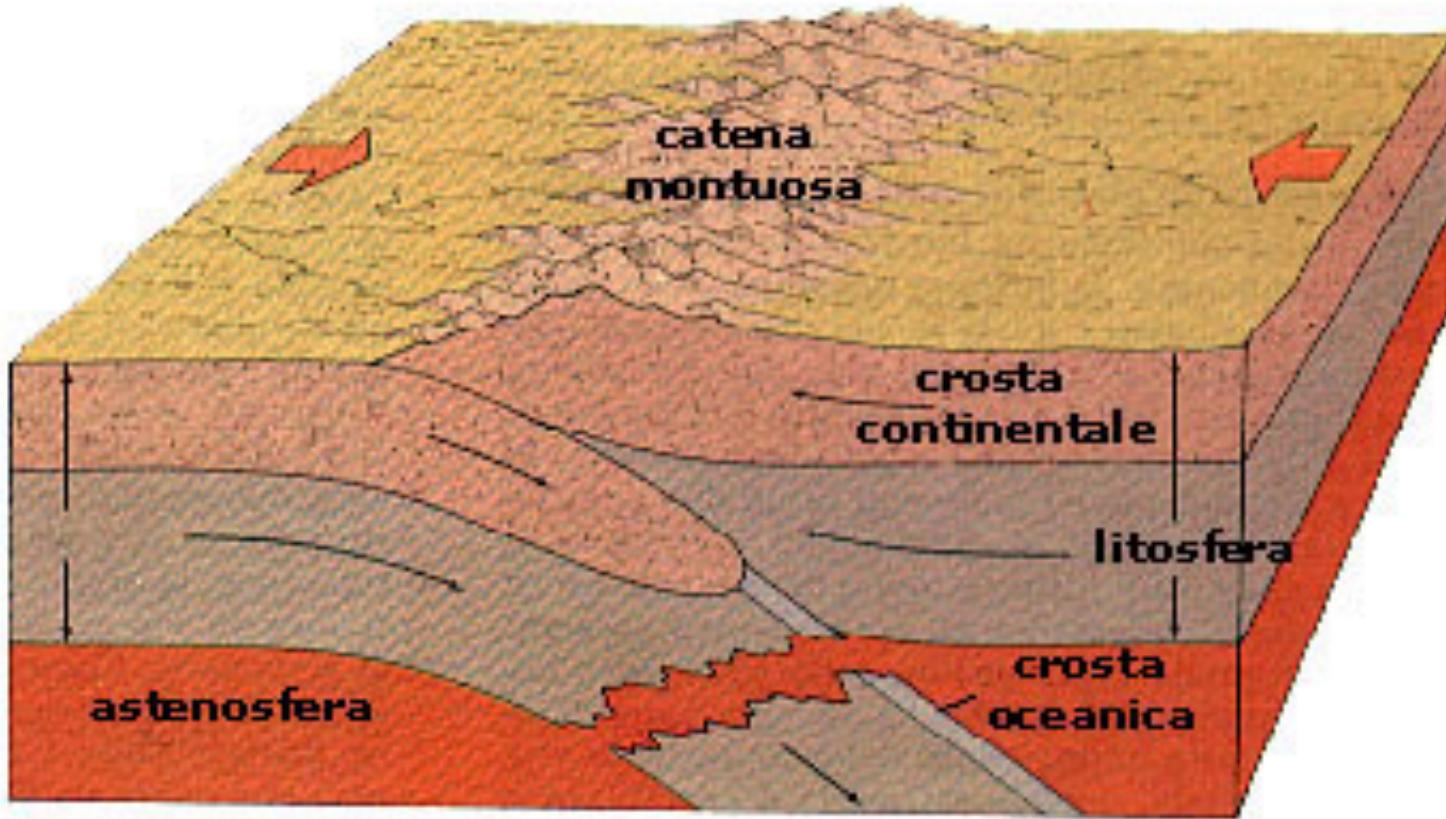
# PLACCA OCEANICA - PLACCA CONTINENTALE





### SCONTRO TRA DUE ZOLLE OCEANICHE

La subduzione, in questo caso, avviene in pieno oceano e si formano **archi vulcanici insulari** e profonde **fosse oceaniche** (ad es. la fossa delle Marianne profonda 11.000 m).

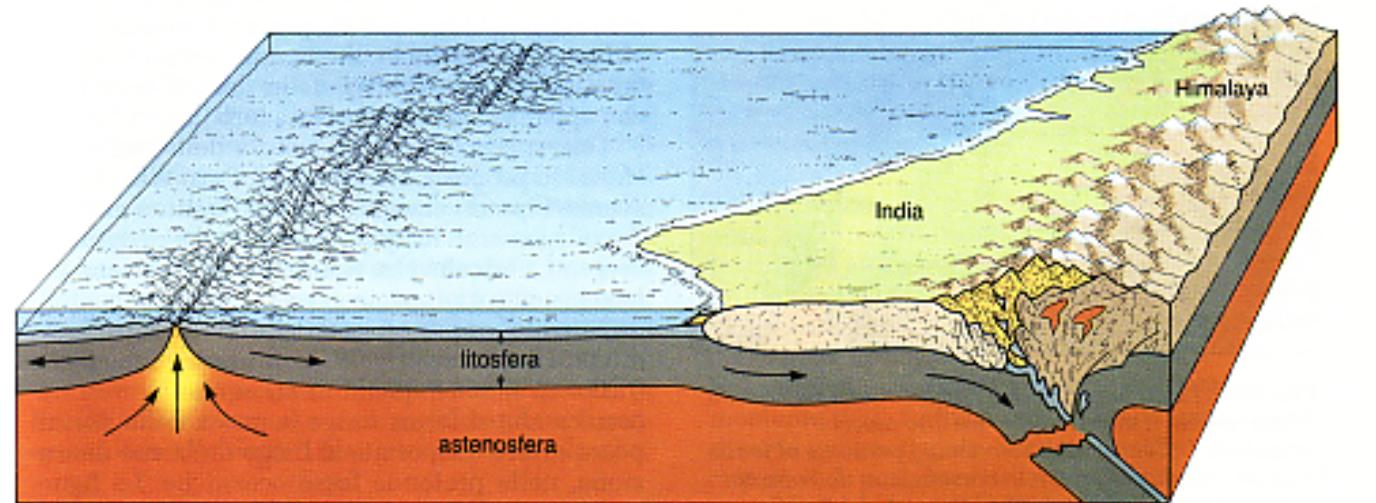
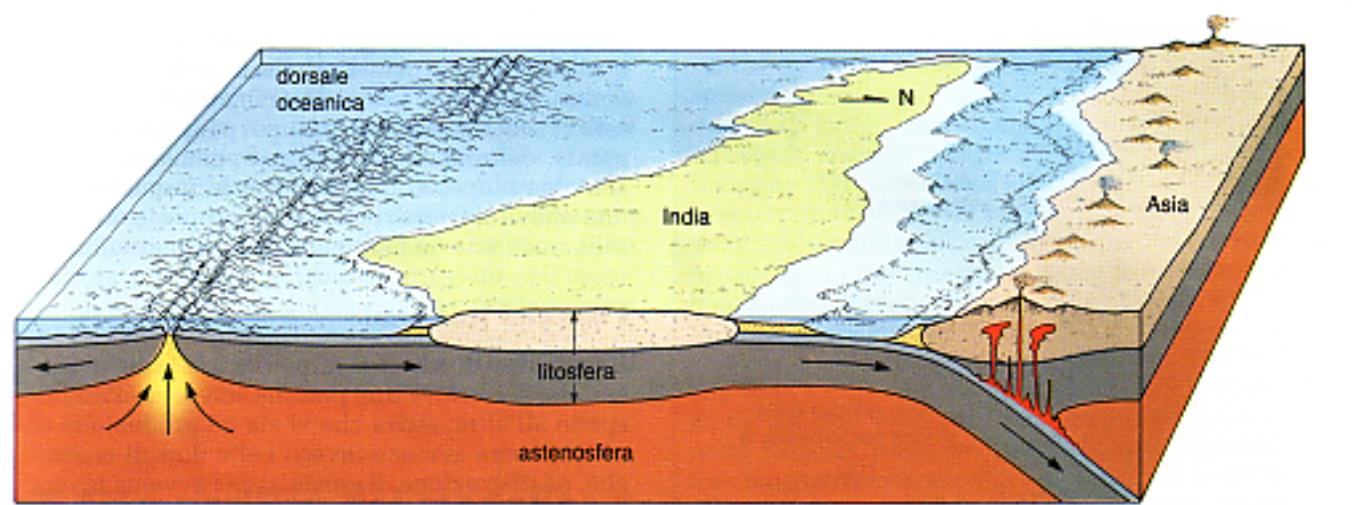


### SCONTO TRA DUE ZOLLE CONTINENTALI

In questo caso si assiste al processo di **orogenesi** in cui la litosfera si può corrugare e sollevare fino a formare una nuova catena montuosa (le Alpi e l' Himalaya sono esempi di catene montuose formatesi per questo fenomeno e, in particolare, le Alpi si sono originate dall'impatto tra la zolla africana e quella eurasiana mentre l' Himalaya per l' impatto tra la zolla indo-australiana e quella eurasiana.)

# PLACCA CONTINENTALE - PLACCA CONTINENTALE

La collisione  
fra India e  
Asia , circa 45  
milioni di anni  
fa , ha portato  
alla nascita  
dell' Himalaya



# MARGINI TRASCORRENTI

- ▶ Il terzo tipo di margine di placca è la **faglia trascorrente**, che si ha dove due placche scivolano l'una rispetto all'altra, senza che vi sia né produzione di crosta né distruzione di crosta;
- ▶ Le faglie trascorrenti, che si sviluppano più o meno parallelamente alla direzione del movimento della placca, sono **zone di alta sismicità**.

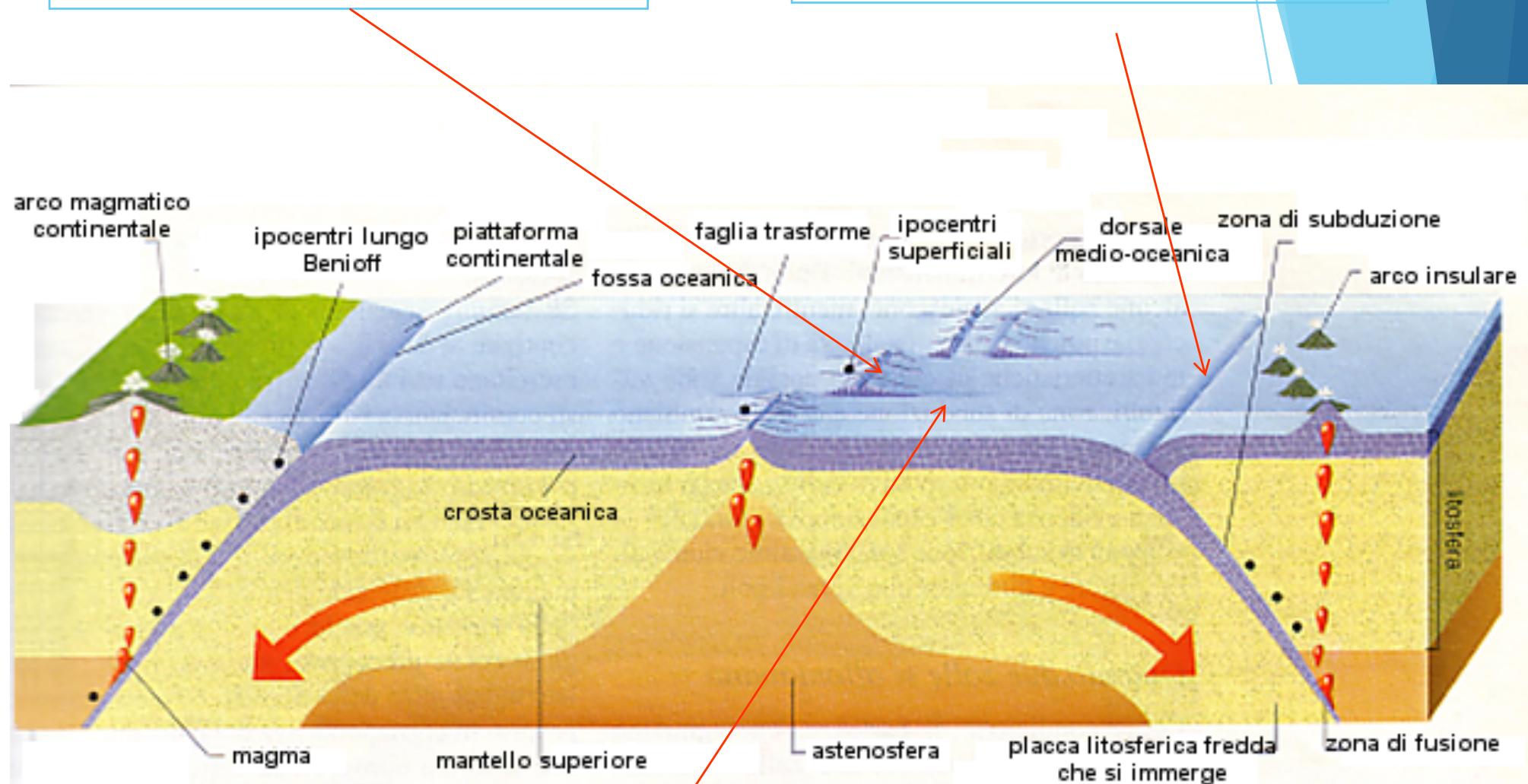


*Faglia di San Andreas*

# MARGINI

Costruttivi o divergenti

Distruttivi o convergenti



Conservativi



FAGLIA DI S.ANDREA IN  
CALIFORNIA

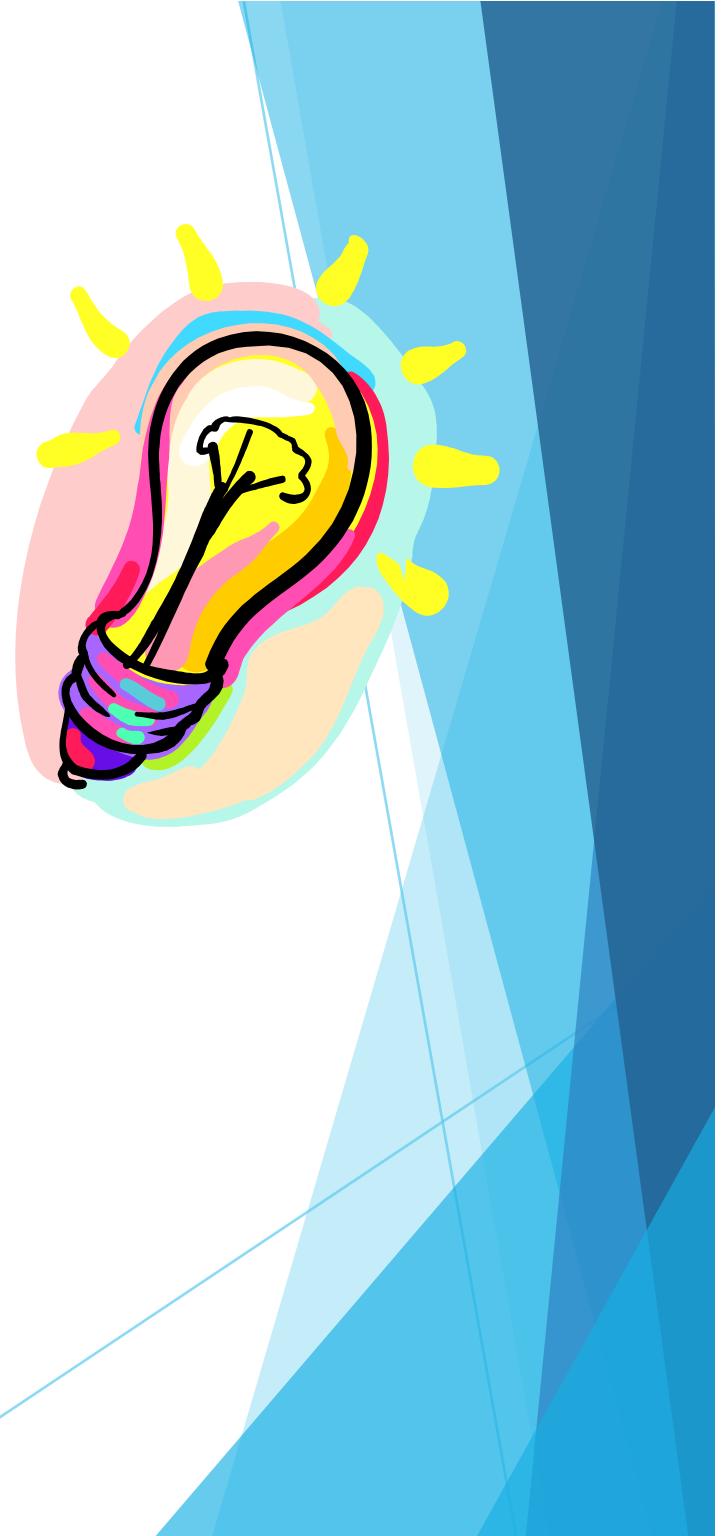
CLASSE III C Prof. MC Bertarelli



RIFT VALLEY IN  
AFRICA



Ma qual è il motore, la causa che determina il movimento di queste zolle e di conseguenza dei continenti a queste associati ?

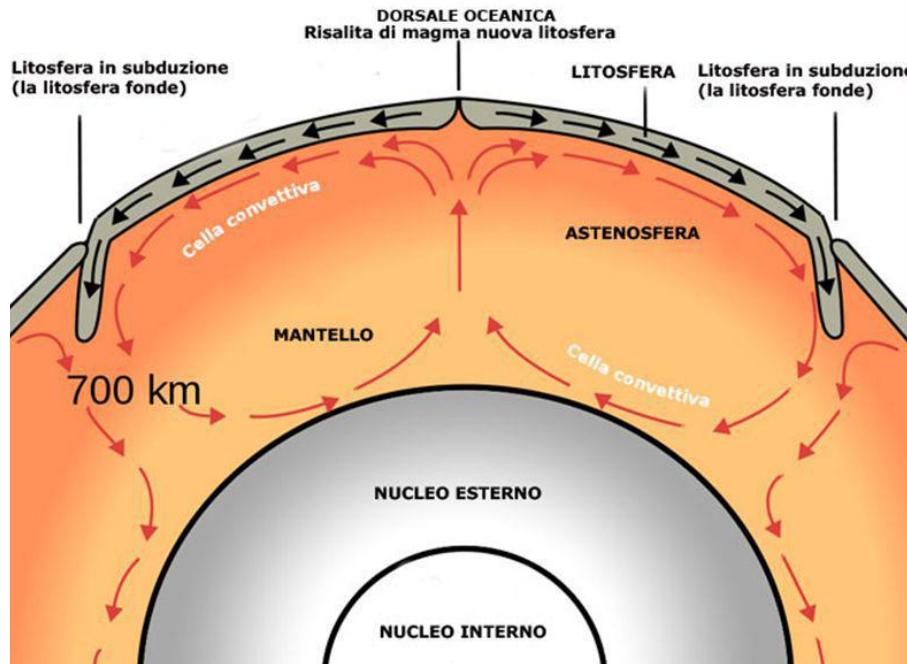


# I MOTI CONVETTIVI

La causa sono i moti convettivi presenti nel mantello che determinano la risalita del magma verso la litosfera (più caldo e quindi più leggero) e del suo ritorno verso l' astenosfera (più freddo e quindi più pesante).

Questi moti convettivi stabiliscono nel mantello un movimento ciclico nei materiali fluidi responsabile del lento spostamento delle zolle.

Naturalmente il movimento delle zolle è molto lento, dell' ordine di pochi centimetri l' anno.



La parte superiore del mantello (astenosfera) è parzialmente fusa e si comporta come un liquido. Le differenze di temperatura causano dei movimenti, detti moti convettivi (vedi acqua che bolle in una pentola). La parte profonda del mantello è a contatto con il nucleo ( $3000^{\circ}\text{C}$ ), la parte più esterna è a contatto invece con la crosta terrestre, che è fredda. Questa differenza di temperatura genera i moti convettivi al suo interno.

# IL MOTORE DELLA TETTONICA

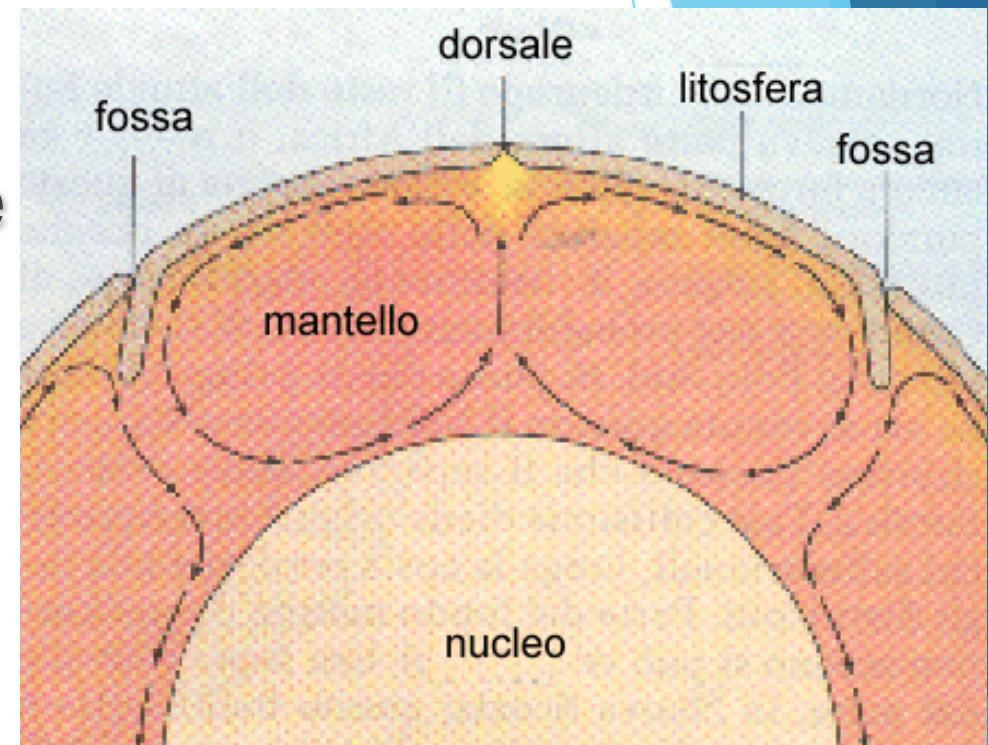
- ▶ Nel tentativo di spiegare qual è il meccanismo che aziona il moto di deriva delle placche, le loro scissioni e le loro collisioni, sono state formulate diverse ipotesi.

## 3 IPOTESI

1. CELLE CONVETTIVE ESTESE A TUTTO IL MANTELLO
2. CELLE CONVETTIVE LOCALIZZATE NELLA PARTE ALTA DEL MANTELLO
3. IL MODELLO DEI PUNTI CALDI

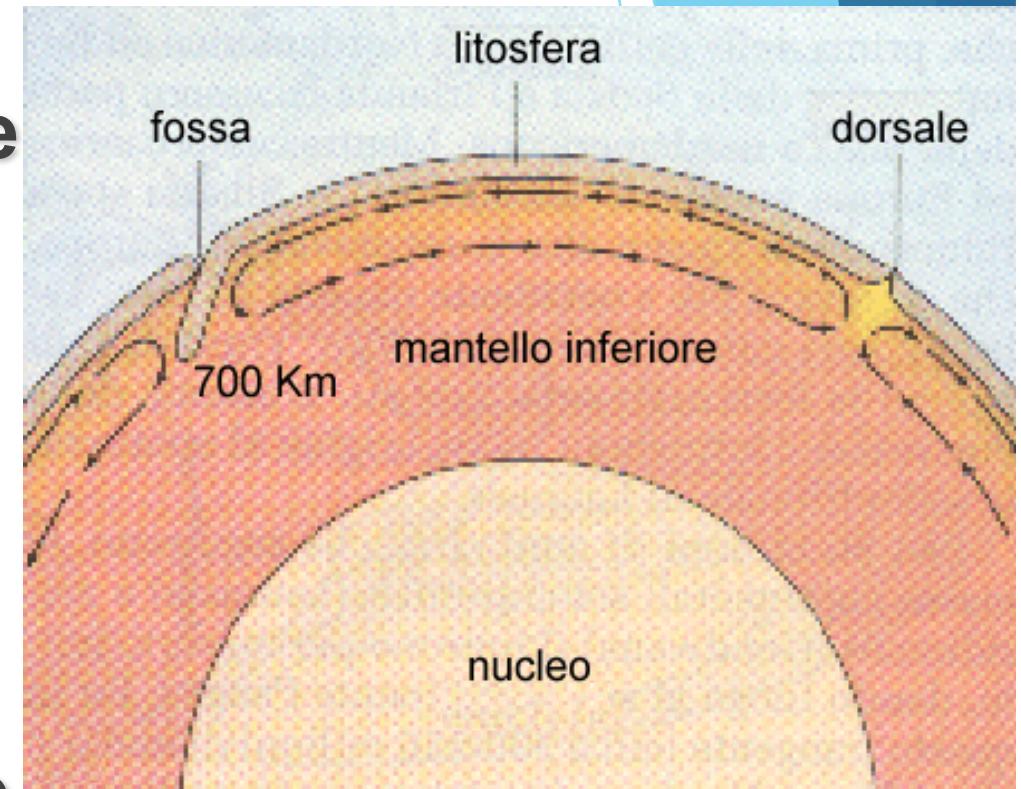
# CELLE CONVETTIVE ESTESE A TUTTO IL MANTELLO

- ▶ Alcuni ritengono che alla radice del movimento vi sia una **disomogenea distribuzione del calore all'interno della Terra** che provoca la formazione di **grandi celle convettive nel mantello**.
- ▶ L'apice dei **rami ascendenti** corrisponde con le **dorsali** mentre quello dei **rami discendenti** corrisponde con le **fosse**.



# CELLE CONVETTIVE LOCALIZZATE NELLA PARTE ALTA DEL MANTELLO

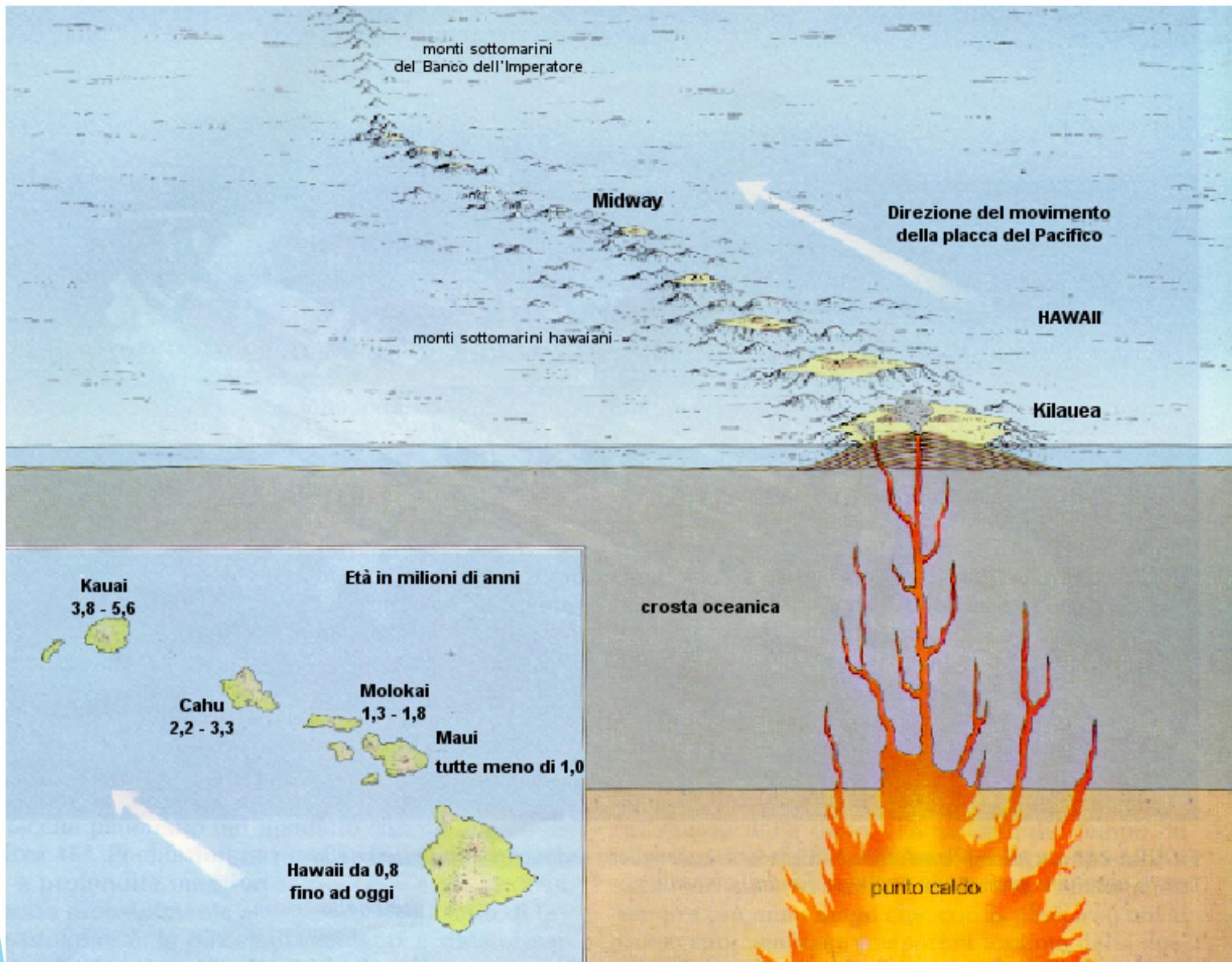
- ▶ Anche questa teoria prevede una **struttura a celle di convezione** solamente però **localizzate nello strato alto del mantello**;
- ▶ Quando infatti subduce nel mantello, la **placca migra verso le dorsali**;
- ▶ Non è generalizzabile in quanto **non spiega il moto di placca in assenza di fosse**.



# PUNTI CALDI o “HOT SPOT”

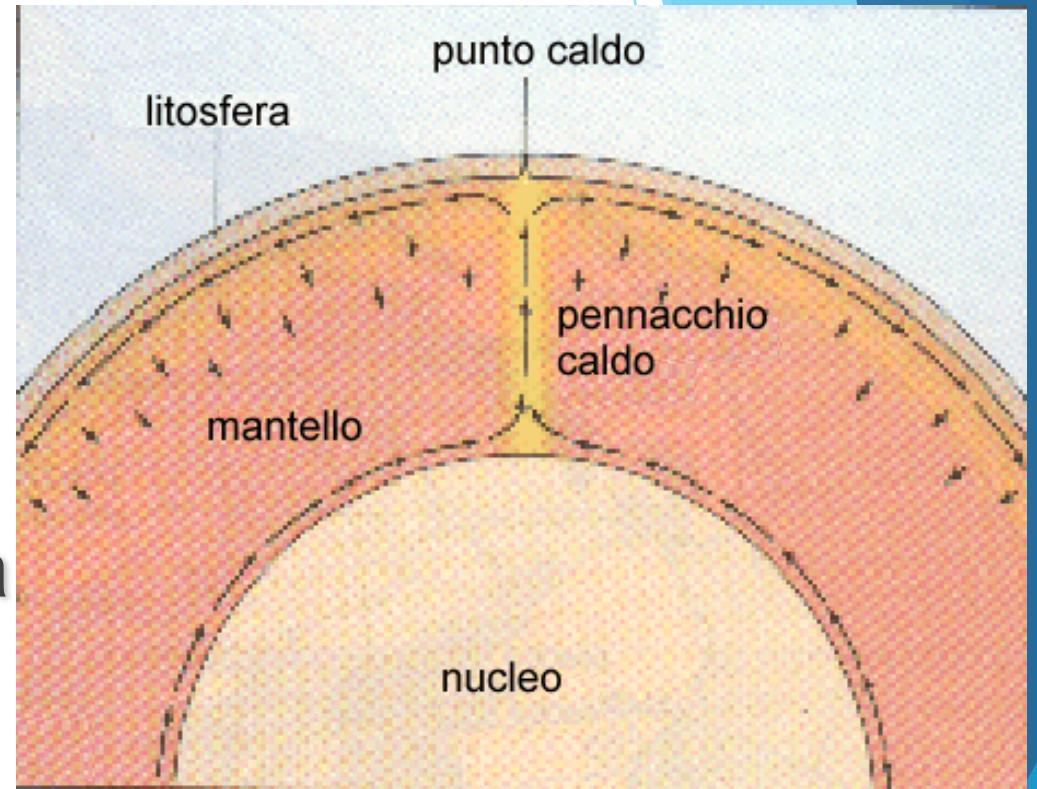
- ▶ Il termine punto caldo viene utilizzato per indicare **tutti i fenomeni vulcanici isolati e svincolati dal sistema delle dorsali**, che non sono originati dall'intersezione dei margini di due placche contigue;
- ▶ Sono **aree oceaniche o continentali** con un flusso termico particolarmente elevato, nelle quali si verifica un'**emissione di lava basaltica proveniente dal mantello profondo**;
- ▶ In corrispondenza dei punti caldi s'innalzano **formazioni vulcaniche generate da giganteschi pennacchi, colonne di materiale magmatico caldo**, che con il loro movimento ascensionale inarcano la crosta formando gli apparati eruttivi.

# PUNTI CALDI o “HOT SPOT”



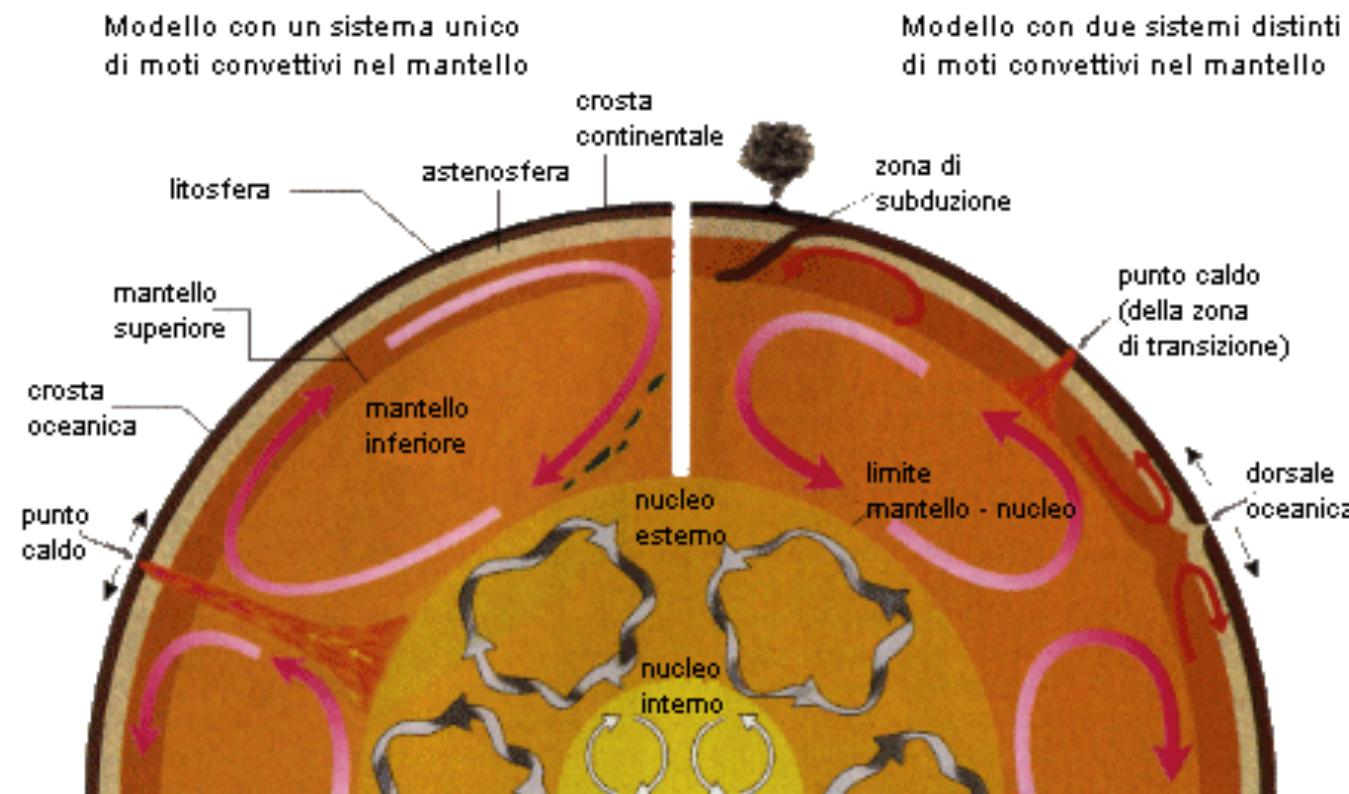
# IL MODELLO DEI PUNTI CALDI

- ▶ Secondo questa teoria il **moto di placca** troverebbe origine nei **moti ascensionali dei pennacchi** che innescherebbero moti orizzontali;
- ▶ Questo modello spiegherebbe la struttura discontinua delle **placche**, la presenza delle **faglie trasformi** ed il loro andamento parallelo al movimento di placca.



# MOTORE DELLA TETTONICA

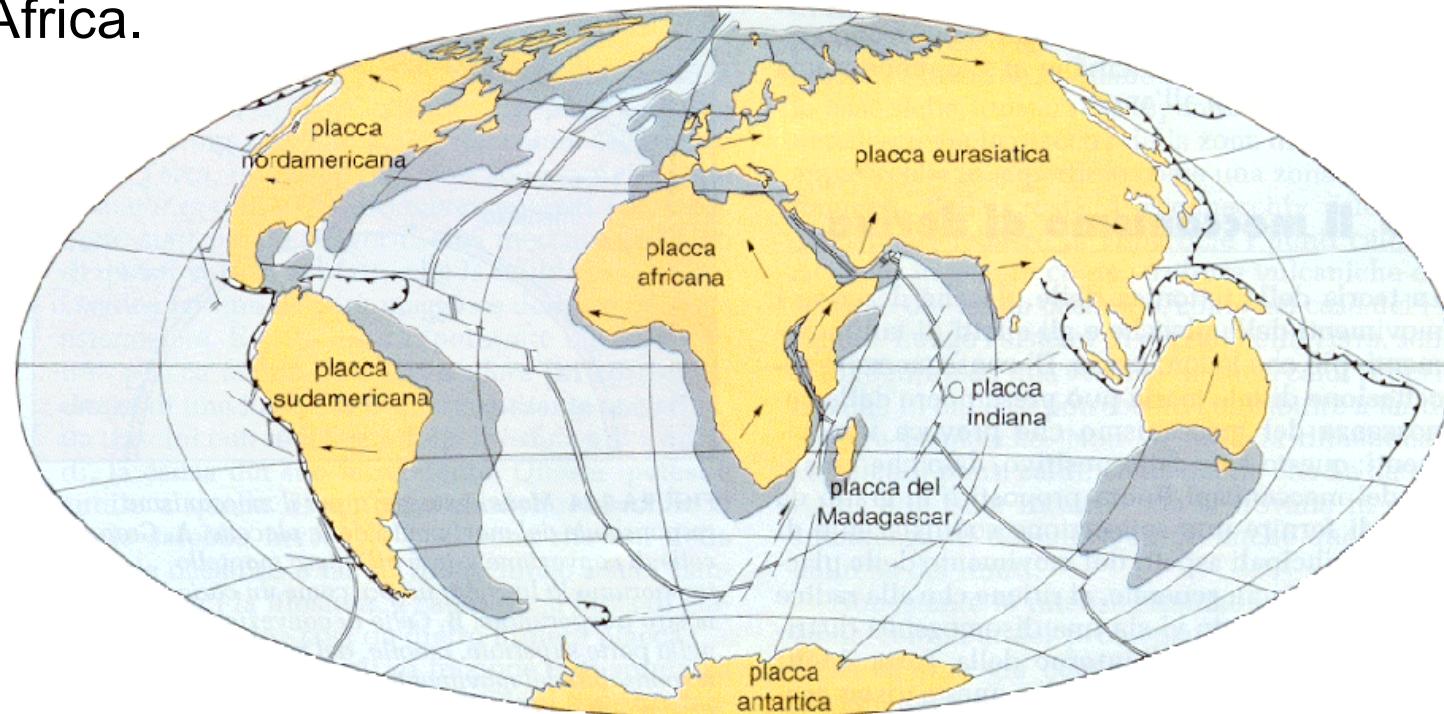
- ▶ Nonostante le intense ricerche tuttora in atto, la **soluzione completa ed univoca del problema sfugge ancora.**
- ▶ Si può già concludere, forse, che il **movimento globale delle placche** potrebbe essere dovuto ad una o più **combinazioni dei vari meccanismi** proposti.



## UNO SGUARDO AL FUTURO

L'Africa procede verso l'Eurasia, chiudendo il Mediterraneo fino alla collisione fra i due continenti. L'India continuerà la collisione con l'Asia provocando faglie che porteranno al distacco della Cina che se ne andrà alla deriva verso Est. L'atlantico e il Pacifico si stanno espandendo: uno dei due inghiottirà l'altro.(Il pacifico). Fra 250 milioni di anni l'Africa occuperà il posto dell'Europa, Australia ed Antartide aderiranno al Sud Africa, la Cina sarà attaccata all'America del Nord e quest'ultima saldata all'Africa.

Chi vivrà vedrà...



E se la Tettonica  
a placche si fermasse ?

La tettonica a placche  
gioca un ruolo  
importante nella  
genesi e nel  
mantenimento della  
vita sul Pianeta

### Se si fermasse a causa

Della diminuzione del calore  
generato dal decadimento  
radioattivo

Dall'interruzione dei moti convettivi  
nel mantello

Dall'ispessimento crostale o  
dell'aumento di viscosità del mantello

Dall'interruzione dei fenomeni  
vulcanici

Dalla variazione delle caratteristiche  
fondamentali di inclinazione/rotazione  
del pianeta

**SI VERIFICHEREBBE**

Una drastica  
diminuzione  
della quantità  
di CO<sub>2</sub>  
nell'atmosfera  
, che controlla  
la temperatura  
globale del  
pianeta

La scomparsa del  
campo magnetico  
terrestre e la  
conseguente  
esposizione della  
Terra alle radiazioni  
cosmiche e al vento  
solare

...un globo completamente sommerso

Diminuzione  
degli habitat  
attualmente  
presenti con  
una  
conseguente  
diminuzione  
della  
biodiversità

Incremento  
dell'erosione  
continentale, non più  
contrastata dal  
sollevamento vulcanico  
e orogenetico, con il  
rischio di un  
innalzamento del mare  
fino alla completa  
sommersione del globo