

La prima cellula di Hadley

Possiamo ora capire perché la cellula di circolazione meridiana, vista nella Figura 44, si spezza in tre parti. L'origine di ciò è proprio la forza di Coriolis, che spinge verso Est l'aria che risale man mano verso i Poli, al di sotto della tropopausa, facendole acquistare maggiore velocità. Quando l'aria arriva alla latitudine di circa 30° (sia Nord che Sud) ha acquistato una tale velocità verso Est da non riuscire più ad avanzare verso il Polo. Una parte di questa aria, molto veloce, si trasforma in *corrente a getto subtropicale*; un'altra parte, più fredda, scende verso la superficie terrestre, muovendosi poi verso l'Equatore e rallentando man mano di velocità. All'Equatore c'è quindi convergenza al suolo delle masse d'aria che provengono sia da Nord che da Sud, con una componente da Est dovuta alla forza di Coriolis (sono gli alisei da Nord-Est e da Sud-Est visti prima). Il dettaglio è illustrato nella Figura 51.

L'Equatore, anzi l'Equatore termico o ITCZ, diventa quindi la sede di aree di bassa pressione al suolo (convergenza) con venti deboli, denominate *calme equatoriali*. (Il motivo per cui all'Equatore i venti sono deboli, pur all'interno di basse pressioni, è opposto a quello per cui sono veloci ai Tropici: è la conservazione del momento angolare. Se una massa d'aria va verso i Tropici diventa veloce, quando ritorna all'Equatore perde velocità.)

La cellula di circolazione che abbiamo illustrato è la prima delle 3 (reali) cellule di circolazione: è denominata **cellula di Hadley**, e si estende dall'Equatore al Tropico, per ogni emisfero.

Convergenza e divergenza

Abbiamo appena parlato di **convergenza**, che può essere definita come un accumulo d'aria in una certa zona. Al contrario la **divergenza** corrisponde a un allontanamento o a un depauperamento dell'aria da una certa zona. In genere, si parla di convergenza o divergenza orizzontale. Alla convergenza al suolo corrisponde bassa pressione, mentre alla divergenza corrisponde alta pressione.

Il vento, come vedremo meglio fra poco, si dirige in genere dalle zone di pressione più alta verso le zone a pressione più bassa.

Il principio di conservazione della massa implica che l'aria si allontani da una zona di divergenza e vada prima o poi a confluire verso una zona di convergenza.

Nella Figura 52 è illustrata una convergenza al suolo (B) collegata a una divergenza in quota (A) alla tropopausa, e una divergenza al suolo (A) collegata a una convergenza in quota (B). Al livello intermedio di 500 hPa, in entrambi i casi

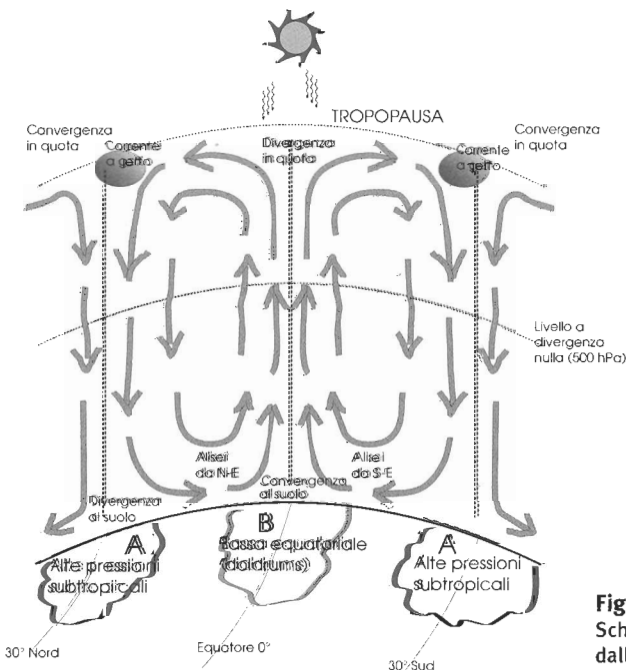


Fig. 51. Prima cellula di circolazione

Schema della prima cellula di circolazione, che si estende dall'Equatore alla latitudine di circa 30° Nord e Sud.

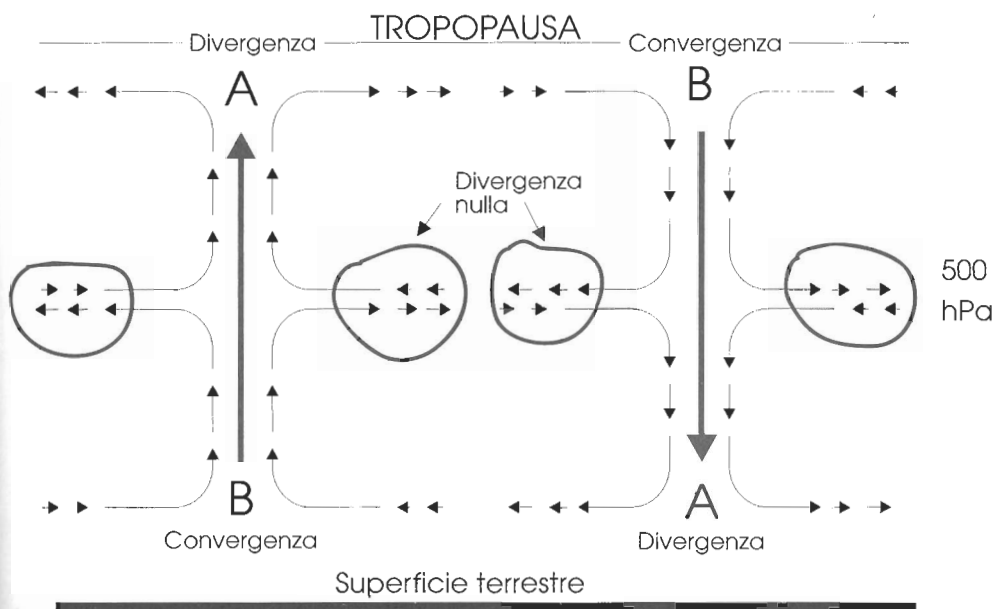


Fig. 52. Esempio di convergenza e divergenza

A una bassa pressione B al suolo corrisponde una convergenza del vento. In corrispondenza di essa, in quota c'è una zona di alta pressione A, associata a una divergenza. La quota intermedia indicativa di 500 hPa è a divergenza nulla (in verticale: tanta aria entra dal basso quanta ne va verso l'alto; in orizzontale: tanta aria va verso Nord quanta ne va verso Sud).

la divergenza orizzontale è nulla: tanta aria entra, tanta ne esce.

Nella Figura 51 è evidenziata una convergenza orizzontale al suolo, verso l'Equatore, mentre in quota c'è divergenza.

Va evidenziato che dove c'è convergenza l'aria decelera, e la sua densità aumenta; dove invece c'è divergenza l'aria accelera e la sua densità diminuisce.

L'aria dall'Equatore sale verso la tropopausa e lì diverge orizzontalmente, allontanandosi in direzione dei Poli, per poi ridiscendere verso i Tropici, dove si vengono a creare zone di alta pressione denominate *alte pressioni subtropicali*. Dalle zone di alta pressione subtropicale il vento si dirige nuovamente verso la fascia di bassa pressione equatoriale, chiudendo la circolazione della prima cellula. Da notare, l'altezza geopotenziale di 500 hPa, intermedia tra il suolo e la tropopausa, a divergenza nulla (sia orizzontale

che verticale, vedi Fig. 51). Più o meno all'altezza di 5500 m, infatti, entra dal basso tanta aria quanta ne esce dall'alto per dirigersi verso la tropopausa.

Scambi termici fra Equatore e Polo

Che la cellula di circolazione meridiana si spezzi in 3 cellule distinte è stato simulato in laboratorio attraverso il cosiddetto **esperimento della teglia rotante**⁷: una teglia piena d'acqua viene fatta ruotare attorno a un asse verticale; al centro contiene un cilindro di rame pieno di acqua e ghiaccio (che simula il Polo Nord, freddo) e all'esterno è riscaldata da una resistenza elettrica (che simula l'Equatore, caldo); se la teglia è ferma il calore si propaga dall'esterno (Equatore) al centro (Polo), come avverrebbe nella cellula

⁷ Vedi E. R. Reiter, *Le correnti a getto*, Zanichelli, Bologna 1973.

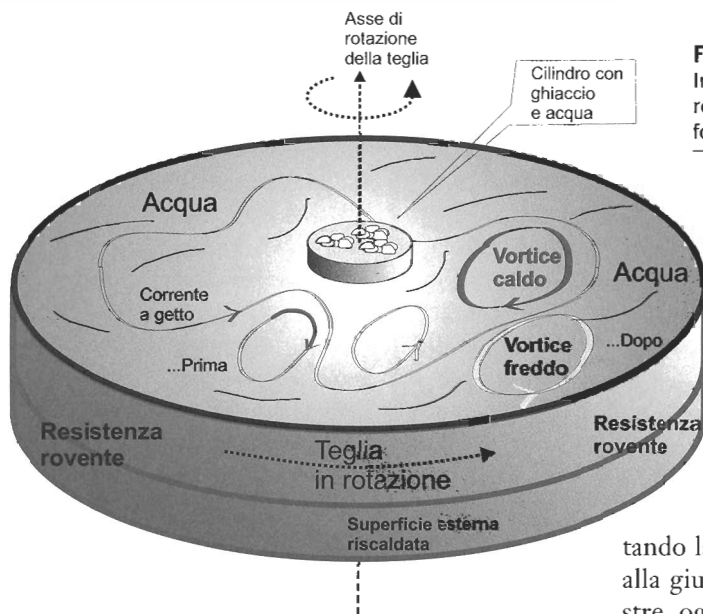


Fig. 53. Esperimento della teglia rotante
In una teglia piena d'acqua viene simulata la rotazione terrestre, in modo da osservare la formazione delle onde atmosferiche.

di circolazione meridiana vista in precedenza.

Una macchina fotografica è montata in modo da ruotare solidalmente con la teglia, ed è opportunamente regolata per quanto riguarda tempi di esposizione, flash, etc. Essa simula, in tal modo, una persona che, ferma sulla Terra, vede i moti atmosferici. Se la teglia viene messa in rotazione si vede la formazione di onde, grazie a piccole particelle di alluminio sparse sulla superficie dell'acqua; a bassa velocità, si vede la formazione di una corrente simmetrica vicina al Polo: è la neo-corrente a getto. Il calore riesce ancora a essere trasportato dall'esterno della teglia (Equatore) verso il centro (Polo), così come nella circolazione meridiana. Aumentando la velocità, in modo da simulare la rotazione terrestre, la corrente a getto si allontana dal Polo e comincia a ondularsi in più onde simmetriche (si sono osservate fino a sette onde). Il calore, per propagarsi, comincia ad aver bisogno di onde: la parte superiore di un'onda trasporta con le correnti da Sud-Ovest l'acqua calda (della teglia) verso il Polo, mentre le correnti da

Nord-Ovest portano acqua fredda verso l'Equatore. Ad alte velocità di rotazione, si formeranno onde asimmetriche e oblique, ognuna costituita da una cresta e da un ventre (cioè, da un promontorio e da una saccatura). Portando la velocità di rotazione della teglia alla giusta proporzione con quella terrestre, ogni saccatura si rompe in due vortici isolati: uno ciclonico di acqua fredda verso l'Equatore, e l'altro anticiclonico di acqua calda verso il Polo.

Quindi, il calore si trasporta dall'Equatore ai Poli non solo per circolazione meridiana, ma anche attraverso il **trasporto per vorticità**, che è il meccanismo rotatorio appena visto (per il quale le bolle calde vanno verso i Poli, mentre quelle fredde vanno verso l'Equatore).

Si è arrivati esattamente a ciò che succede nella nostra atmosfera.

La rotazione della Terra rompe la circolazione meridiana (che si avrebbe se la Terra non ruotasse) e si formano 3 cellule distinte di circolazione, separate dalle correnti a getto. Una corrente a getto, o più semplicemente getto, fra la prima e la seconda cellula (**getto subtropicale**) e una corrente a getto fra la seconda e la terza cellula (**getto polare**).

La cellula di Hadley trasporta efficacemente il calore attraverso la circolazione meridiana. La seconda e la terza preferiscono il trasporto per vorticità.

La cellula di Hadley è caratterizzata da tre importanti protagonisti del tempo: le *calme equatoriali*, le *alte pressioni subtropicali* e gli *alisei*.