



# ACCADEMIA H2O

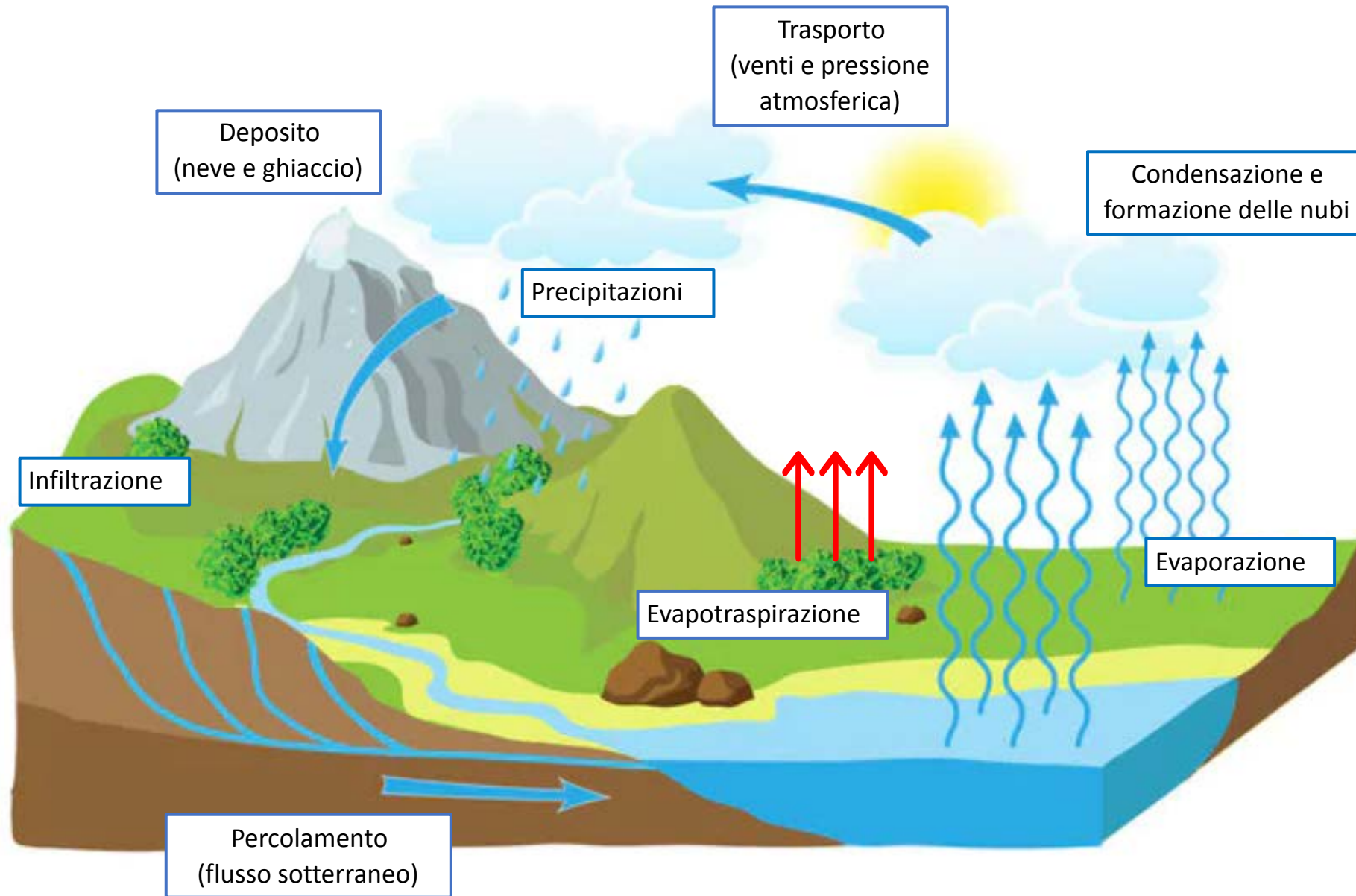




# **Il ciclo dell'acqua**

# Cos'è il ciclo dell'acqua?

“ Il ciclo dell'acqua è il naturale e continuo **movimento** dell'acqua attraverso il sistema climatico. L'acqua cambia il suo **stato fisico** passando attraverso l'**atmosfera**, l'**oceano**, la **criosfera** e la **terraferma**. *(Stocker et al., 2013)* ”



# Fasi del ciclo dell'acqua

## Evaporazione

L'acqua evapora dalla superficie dei mari, degli oceani, dei laghi e dei fiumi. Anche le piante perdono vapore acqueo dagli stomi attraverso l'evapotraspirazione.

## Condensazione

Il vapore acqueo sale di quota e, incontrando temperature più basse per via del gradiente termico atmosferico, condensa.

## Precipitazione

Le goccioline d'acqua nelle nubi collidono tra loro e precipitano. Se si verifica il passaggio da stato gassoso a stato solido si ha il brinamento.

## Infiltrazione e raccolta

L'acqua che precipita alimenta gli specchi d'acqua o si infiltra nel terreno rifornendo le falde acquifere.

## Scorrimento superficiale e sotterraneo

L'acqua superficiale e di falda tornerà nei bacini da cui avrà luogo nuovamente l'evaporazione.



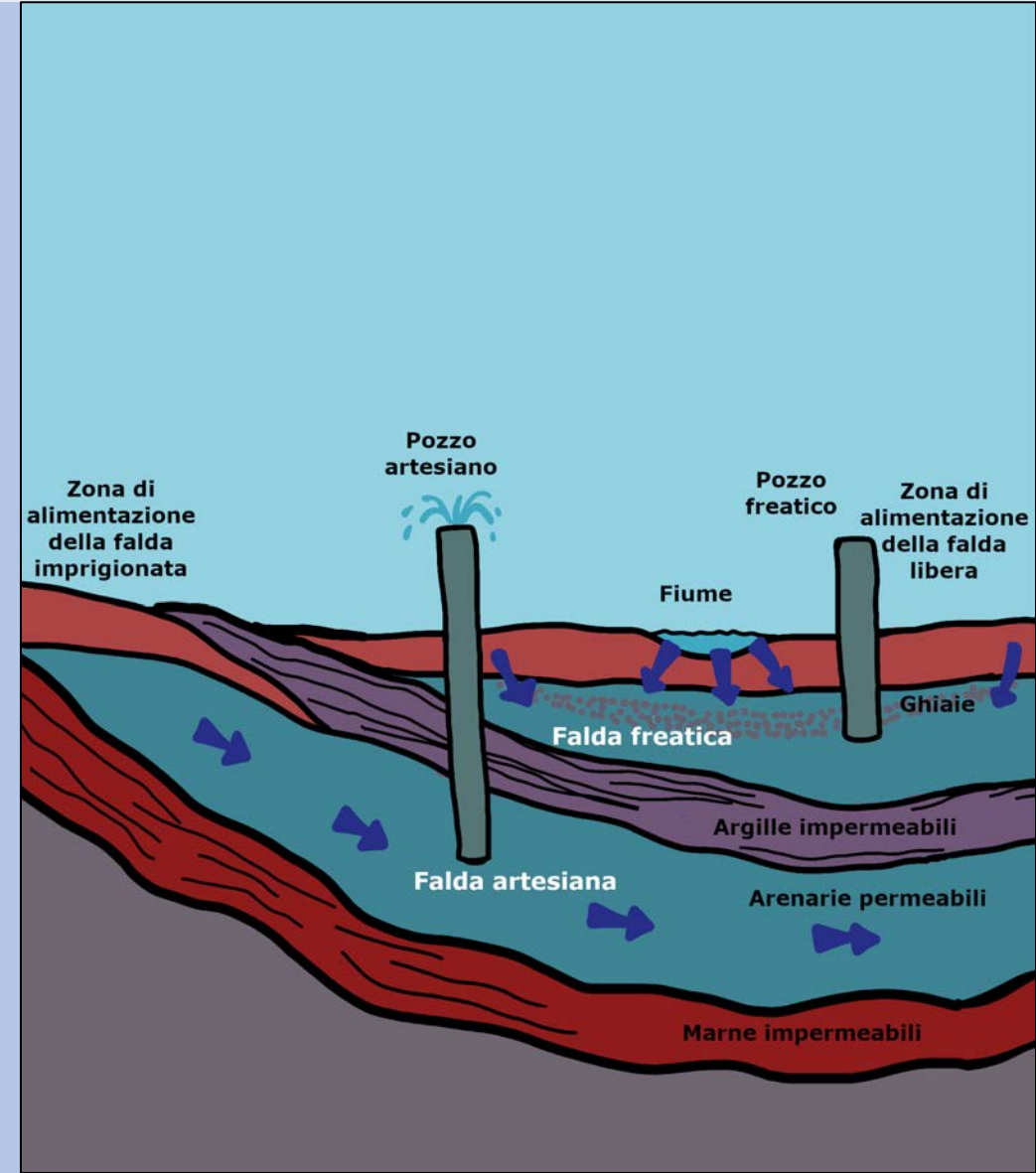
# Falde acquifere

Il moto dell'acqua garantisce l'umidificazione dei suoli, regola la salinità della superficie di mari e oceani, e rifornisce i corsi d'acqua e le falde acquifere.

Le falde acquifere sono dei serbatoi di acqua sotterranei. L'acqua è contenuta in rocce permeabili, come ghiaie o sabbie, limitate da rocce impermeabili.

Possono essere freatiche o artesiane. Le **falde freatiche** poggiano su un letto di falda impermeabile, mentre gli strati sovrastanti sono permeabili. Le **falde artesiane** sono invece bloccate tra due strati impermeabili e, per questo motivo, l'acqua scorre sotto pressione.

Da esse hanno origine le sorgenti e i pozzi: costituiscono quindi la fonte idrica principale per l'uomo. Sono indispensabili anche per le piante che le usano per assorbire acqua attraverso le radici.



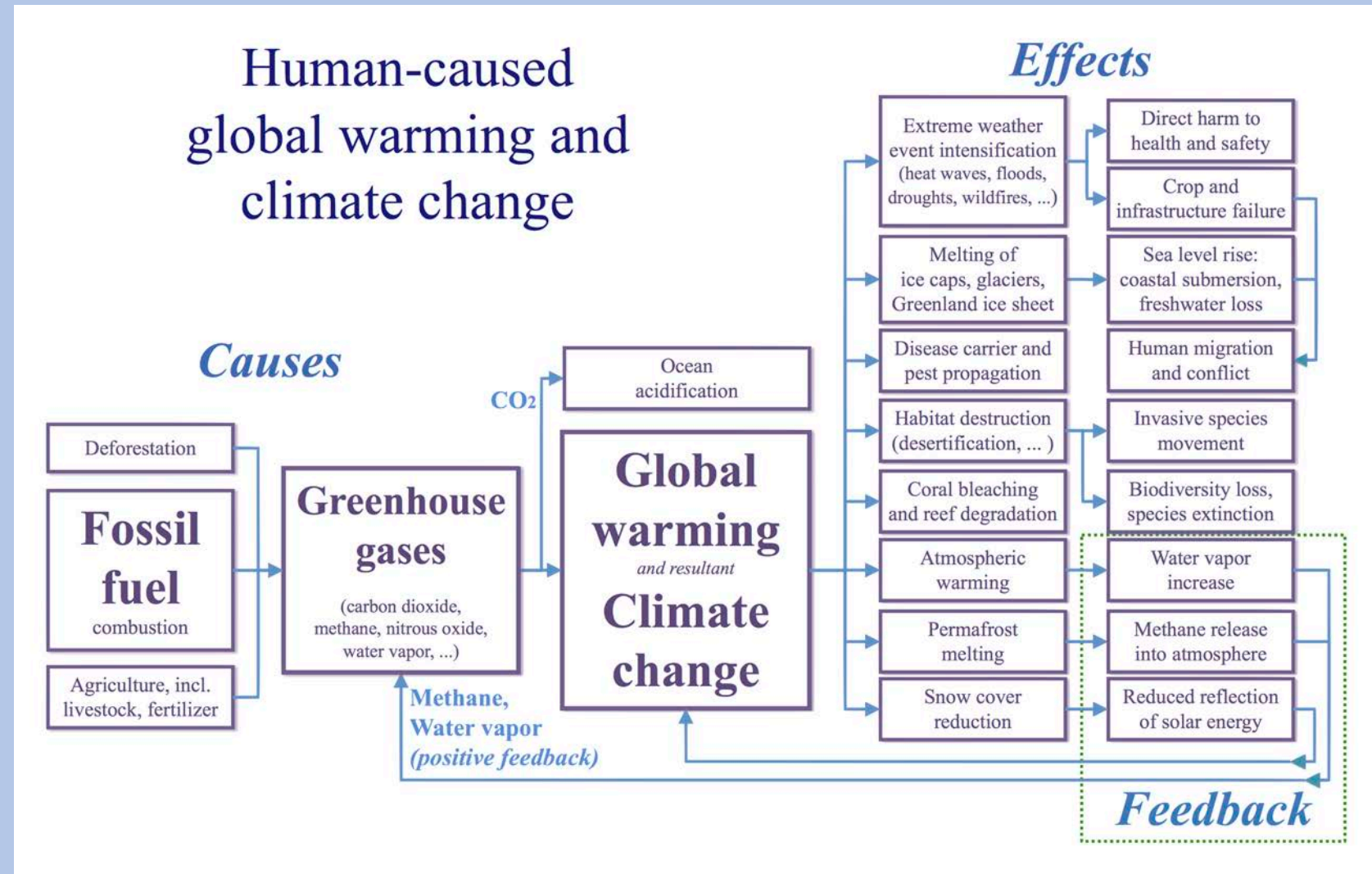


# **L'influenza del cambiamento climatico**

# L'influenza del cambiamento climatico

Il cambiamento climatico influisce pesantemente sulla stabilità di questo processo naturale. Per cambiamento climatico intendiamo tutti i fattori ed eventi anomali derivanti dall'aumento della temperatura del nostro pianeta.

Per quanto riguarda il ciclo idrologico, notevole importanza rivestono i gas serra emessi dalle industrie, dall'agricoltura, dall'allevamento intensivo e dai trasporti. E' importante tener conto anche della cementificazione, del disboscamento e dello sversamento di inquinanti e pesticidi nell'ambiente.





# Ruolo dei gas serra

La presenza dei gas serra trattiene parte della radiazione solare che altrimenti andrebbe dispersa nello spazio.

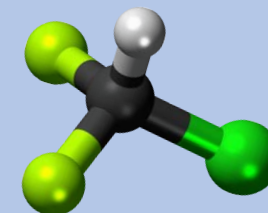
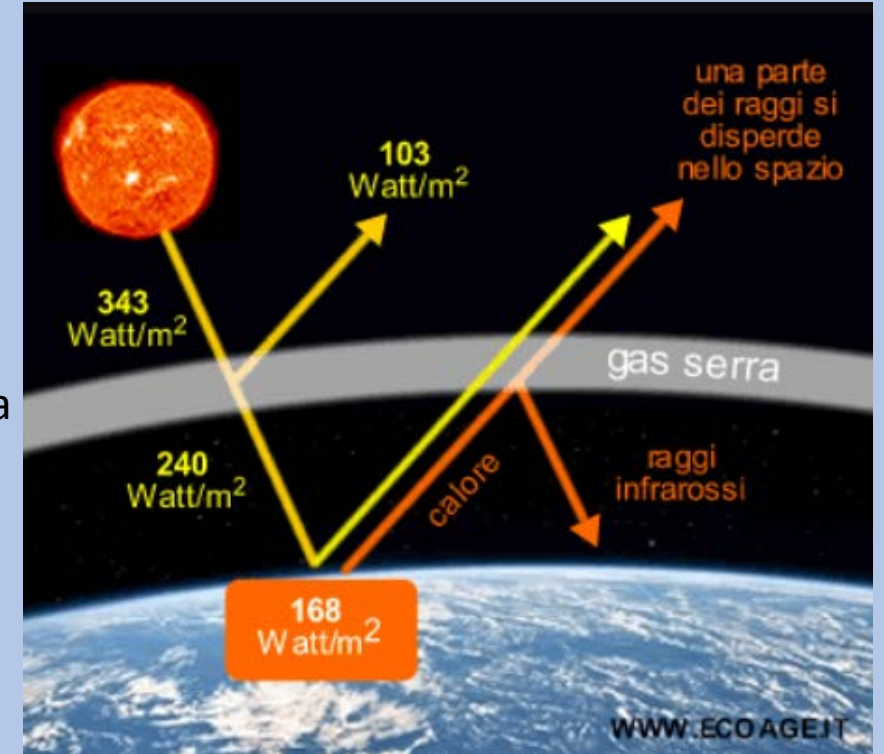
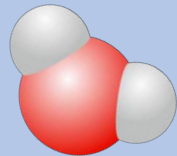
In particolar modo, vengono trattenuti i raggi infrarossi, detti anche radiazioni termiche.

Il ruolo svolto dai gas serra è indispensabile per la vita terrestre: senza di essi, la temperatura media sarebbe di circa 30°C inferiore a quella attuale.

Tuttavia, il loro incontrollato aumento di concentrazione provoca un eccessivo innalzamento della temperatura.

Alcuni dei gas serra più diffusi sono:

- Vapore acqueo (H<sub>2</sub>O);
- Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) 76%;
- Metano (CH<sub>4</sub>) 16%;
- Ozono (O<sub>3</sub>);
- Protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O) 6%;



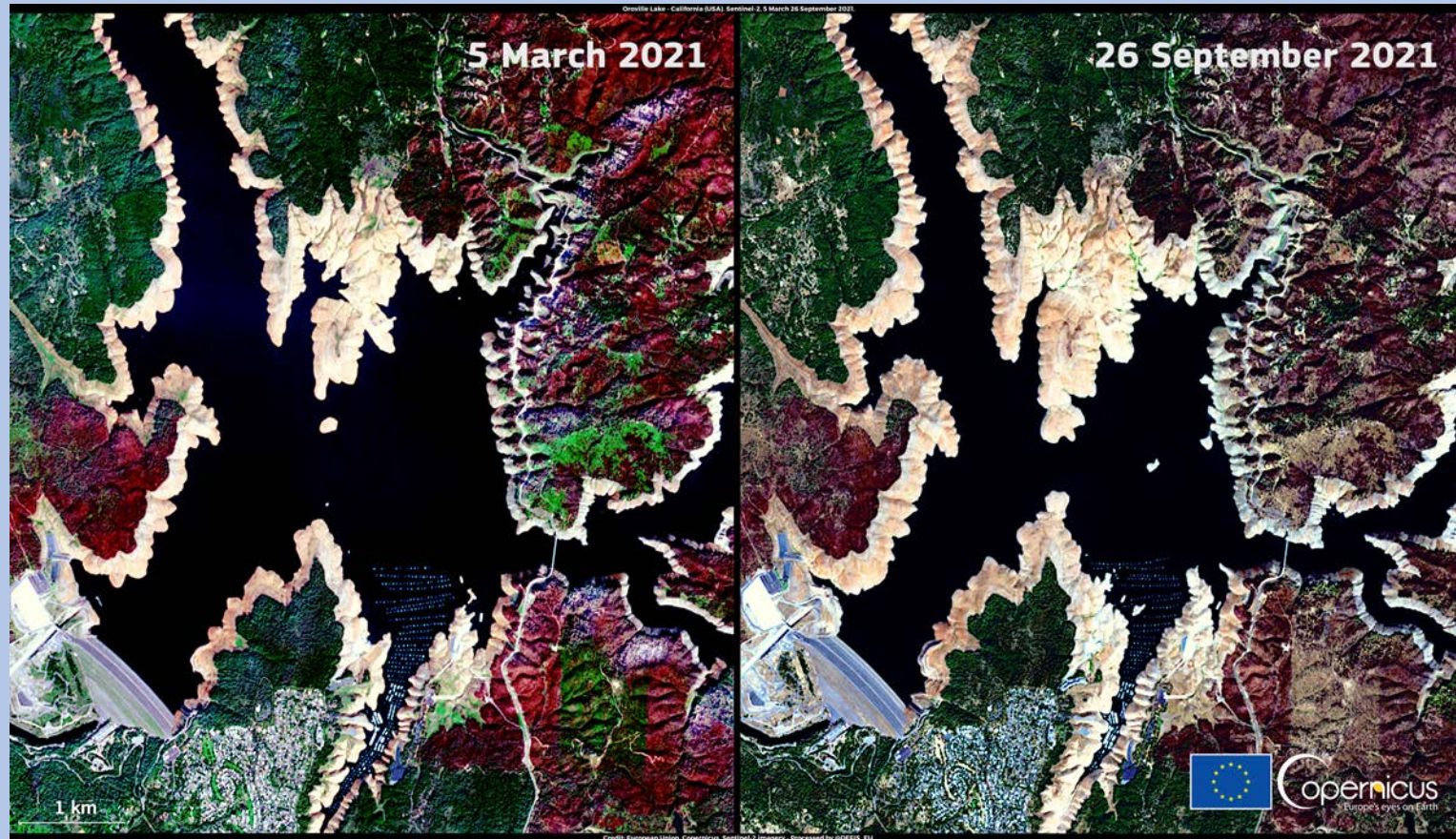
# Un maggiore tasso di evaporazione

Un aumento della temperatura causa una maggiore evaporazione.

Più l'aria è calda, maggiore sarà la quantità di vapore che può contenere (**Legge di Clausius-Clapeyron**).

L'aumento del vapore acqueo nell'atmosfera provoca un ulteriore riscaldamento, perché il vapore acqueo stesso è un gas serra.

Questo circolo vizioso si autoalimenta, andando ad inaridire i terreni, prosciugare i fiumi e le falde acquifere e provocare eventi siccitosi prolungati nel tempo.



Il Lago Oroville, California, 2021. Le frange più chiare visibili nella seconda immagine sono il carbonato di calcio e altri minerali che si sono depositati sull'arenaria nei periodi in cui il livello dell'acqua era maggiore.

Credit: European Union, Copernicus Sentinel-2 imagery

# La siccità invernale

Nelle due immagini, è possibile vedere il letto del fiume secco, a sinistra nel Po a destra nel bacino del Parana- La Plata. Le due foto sono state scattate all'inizio del 2023 e alla fine del 2021: è preoccupante osservare come l'inverno in Italia riporti le stesse condizioni climatiche dell'estate del Sud America.

Il Parana- La Plata attraversa l'Argentina, il Brasile, il Paraguay, l'Uruguay e la Bolivia. Il Sud America sta sperimentando la più grave siccità degli ultimi ottanta anni. Questa situazione è causata dalla combinazione tra il fenomeno della Niña e i cambiamenti climatici. Questi Paesi stanno tornando ad utilizzare i carboni fossili, dal momento che non è possibile sfruttare il potenziale delle centrali idroelettriche.



A sinistra, il fiume Po, 15 febbraio 2023. A destra, il fiume Parana, 30 novembre 2021

Credit:  
European Union,  
Sentinel-2  
Imagery

# Precipitazioni intense e alluvioni



Alluvione a Tilff, Belgio, il 16 luglio 2021

Régine Fabri, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Se le masse d'aria contenenti vapore acqueo incontrano delle correnti fredde, il loro punto di rugiada si abbassa e danno luogo alle precipitazioni.

Quando questo fenomeno avviene per una massa d'aria molto umida, le piogge saranno concentrate e violente.

Il cambiamento climatico causa delle precipitazioni molto intense e sempre più rare. Lo schema climatico che si sta formando prevede, infatti, l'alternanza di lunghi periodi siccitosi e di tempeste pericolose ed estreme.

La grande massa d'acqua che si abbatte sulla terraferma è troppo potente e veloce, non permette alle falde acquifere di ricaricarsi, né è possibile immagazzinarla in maniera efficace: la maggior parte delle precipitazioni vanno perse, si mescolano con il fango, sono fonte di agenti patogeni (es. *Campylobacter sporidium*) e causano distruzione e morti.

# 16 settembre 2022: alluvione nelle Marche

Tra il 15 e il 16 settembre 2022, una grave ondata di maltempo si è abbattuta sulle Marche. Le province più colpite sono state quelle di Ancona e Pesaro Urbino. Il bilancio è di 12 morti, 1 disperso, 50 feriti e 150 persone sfollate.

Nella serata del 15 settembre, le precipitazioni avevano raggiunto i 90 ml all'ora, fino a picchi eccezionali di 400 ml nella zona di Cantiano. L'alluvione ha causato l'esondazione di diversi corsi d'acqua, in particolar modo del Misa.

La turbolenza è stata causata da una temperatura del mare superiore di circa 5°C rispetto al normale.

Le Marche sono, per loro natura, una regione ad alto rischio idrogeologico. A questo, si aggiungono anche l'eccessiva cementificazione, le costruzioni abusive e la poca cura prestata alla pulizia e al controllo dei letti dei bacini fluviali. Temporali anomali come quello del 16 settembre causano, inoltre, l'erosione del suolo aumentando il rischio di frane



Sedimenti trasportati in mare a seguito dell'alluvione.  
Credit: European Union, Copernicus Sentinel-3 imagery

# Effetti dell'estremizzazione climatica in Italia



LUCA MERCALLI - Cambiamenti climatici e gestione dei corsi d'acqua [#RF2018 - IV Convegno Nazionale sulla Riqualificazione Fluviale 23 ottobre 2018] [https://youtu.be/4bifv\\_iEE6Q](https://youtu.be/4bifv_iEE6Q)

# Inaridimento dei terreni



Credit: Dr Rob Thompson, University of Reading

I lunghi periodi siccitosi rendono i terreni **idrofobi**.

I pori del suolo, infatti, si riempiono di aria: all'arrivo delle precipitazioni estreme l'aria fa fatica ad uscire velocemente per lasciare il posto ai liquidi.

In questo modo, l'acqua delle precipitazioni non viene assorbita dal terreno, che si comporta come una superficie impermeabile, causando le alluvioni.

Nei terreni umidi, al contrario, l'acqua penetra più facilmente creando un flusso liquido continuo che scorre tra i pori del suolo.

# La desertificazione

L'inaridimento dei terreni, il maggiore tasso di evaporazione e l'impossibilità delle precipitazioni di penetrare nel suolo provocheranno la desertificazione di molte aree, tra cui anche l'Italia.

Entro il 2100, ad esempio, Cagliari e Napoli avranno lo stesso clima del Sahara.

Il processo di desertificazione sarà anche la causa di conflitti armati



Accademia Nazionale dei Lincei



I Lincei per la Scuola  
Fondazione

In collaborazione con...  
Palazzo Ducale - Genova



Genova  
Palazzo  
Ducale

Con il sostegno di...  
Fondazione Compagnia di San Paolo



Fondazione  
Compagnia  
di San Paolo

Web: <https://linceiscuola.it/lincei-clima> - Email: [linceiclimate@fondazioneinlinceiscuola.it](mailto:linceiclimate@fondazioneinlinceiscuola.it)



# Il caso dell'Arabia Saudita



Impianto di desalinizzazione a Ras Al Khaimah, Emirati Arabi Uniti,  
Octal, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons

L'Arabia Saudita costituisce la maggior parte della penisola arabica ed è uno dei più grandi paesi aridi senza fiumi permanenti o laghi.

Lo stile di vita dispendioso e l'aumento della popolazione hanno portato ad un eccessivo sfruttamento delle risorse d'acqua sotterranea di cui l'Arabia Saudita disponeva.

Per questo motivo, l'Arabia Saudita e gli Emirati Arabi Uniti stanno costruendo degli stabilimenti per desalinizzare l'acqua. Il processo di desalinizzazione fornisce il 70% di acqua potabile a tutto il Paese, ma è costoso da un punto di vista energetico. Sono state costruite, inoltre, 200 dighe per trattenere l'acqua piovana e per poterla riutilizzare.

Nonostante questi investimenti, le stime affermano che la quantità di precipitazioni in Arabia Saudita diminuirà con una media di 10mm all'anno, andando ad esacerbare le condizioni siccitose già presenti.

# Lo squilibrio degli ecosistemi

L'impiego di tecniche inquinanti per produrre energia assieme al riscaldamento globale causano l'invasione di specie non autoctone o la proliferazione di determinati organismi, come i cianobatteri

Questi microrganismi trovano delle condizioni di sviluppo perfette in bacini caldi, ricchi di fosforo, azoto e anidride carbonica.

L'eccessivo tasso di crescita di questo tipo di alghe causa fenomeni come l'ipossia e l'anossia. Infatti, quando le fioriture di cianobatteri si decompongono, causano un impoverimento dell'ossigeno a causa della decomposizione microbica delle cellule cianobatteriche.

L'assenza di ossigeno è letale per la flora e la fauna locale e va a ridurre drasticamente la biodiversità ecosistemica.



Proliferazione di alghe nel Lago Erie. Fonte: NOAA

# Impoverimento delle falde acquifere

La mancata percolazione nel terreno causa un'interruzione nel rifornimento delle falde acquifere. La ricarica delle falde non avviene a causa dell'impermeabilizzazione del suolo o perché la neve si scioglie e l'acqua evapora in tempi troppo brevi.

Le falde acquifere contengono il 99% dell'acqua dolce allo stato liquido presente sul nostro pianeta e sono per questo motivo alla base dell'attività umana. Si ritiene che oggi circa il 50% della popolazione urbana mondiale venga rifornita di acqua grazie alle acque sotterranee; esse garantiscono la fornitura pubblica di acqua a 310 milioni di persone nell'Unione europea e a 105 milioni negli Stati Uniti.

Il prosciugamento delle falde acquifere influenza anche il flusso di base di numerosi fiumi.

Un altro dato da tenere in considerazione è che l'innalzamento globale del livello dei mari ha comportato l'intrusione di acqua marina negli acquiferi costieri.



Pozzo artesiano nell'Oasi di Baheira, Egitto

Credit: François Molle

[https://www.flickr.com/photos/water\\_alternatives/36424070724](https://www.flickr.com/photos/water_alternatives/36424070724)

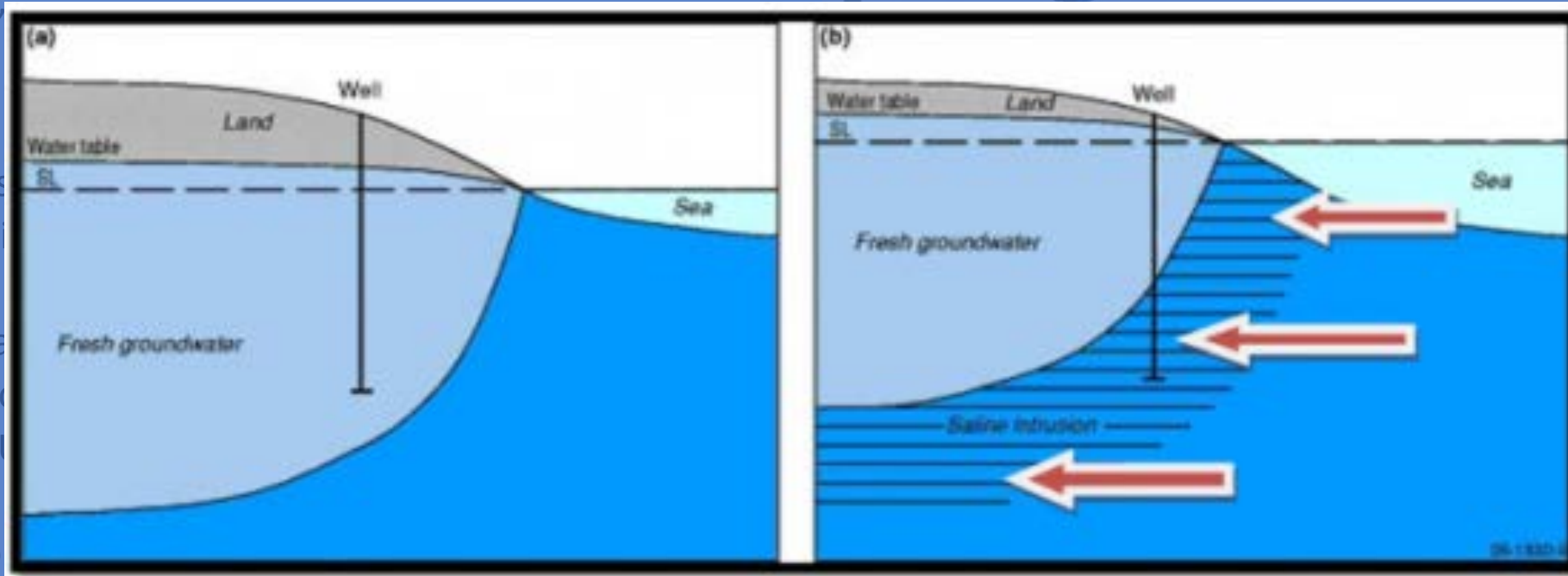
# Impoverimento delle falde acquifere

La mancata percolazione nel terreno causa un'interruzione nel rifornimento delle falde acquifere. La ricarica delle falde non avviene a causa dell'impermeabilizzazione del suolo o perché la neve si scioglie e l'acqua non riesce a infiltrarsi.

Le falde acquifere sono un liquido presente sotto la superficie della Terra alla base dell'attività della popolazione urbana. Le acque sotterranee forniscono acqua a 310 milioni di persone e 100 milioni negli Stati Uniti.

Il prosciugamento delle falde acquifere è la causa di base di numerosi fiumi.

Un altro dato da tenere in considerazione è che l'innalzamento globale del livello dei mari ha comportato l'intrusione di acqua marina negli acquiferi costieri.



Pozzo artesiano nell'Oasi di Baheira, Egitto

Credit: François Molle

[https://www.flickr.com/photos/water\\_alternatives/36424070724](https://www.flickr.com/photos/water_alternatives/36424070724)

# Scioglimento dei ghiacciai



L'immagine mostra i laghi lasciati dalla ritirata dei ghiacciai dell'Himalaya  
(Image courtesy of Jeffrey Kargel, USGS/NASA JPL/AGU)

A causa delle temperature elevate, il ghiaccio della Groenlandia, dell' Antartide e quello presente ad alta quota nelle catene montuose tende a sciogliersi sempre più velocemente.

Oltre ad essere una preziosa riserva di acqua dolce, la criosfera svolge un ruolo importante nell'assorbimento della radiazione luminosa: i ghiacci sono i maggiori responsabili dell'**albedo**, ossia il potere riflettente del nostro pianeta.

Con la diminuzione della massa dei ghiacciai, la Terra riflette meno luce e assorbe più calore, contribuendo così all'aumento della temperatura.

Lo scioglimento dei ghiacciai è, inoltre, un fattore di rischio a causa delle frane, degli smottamenti e delle esondazioni.

# Il caso dell'India e dell'Himalaya

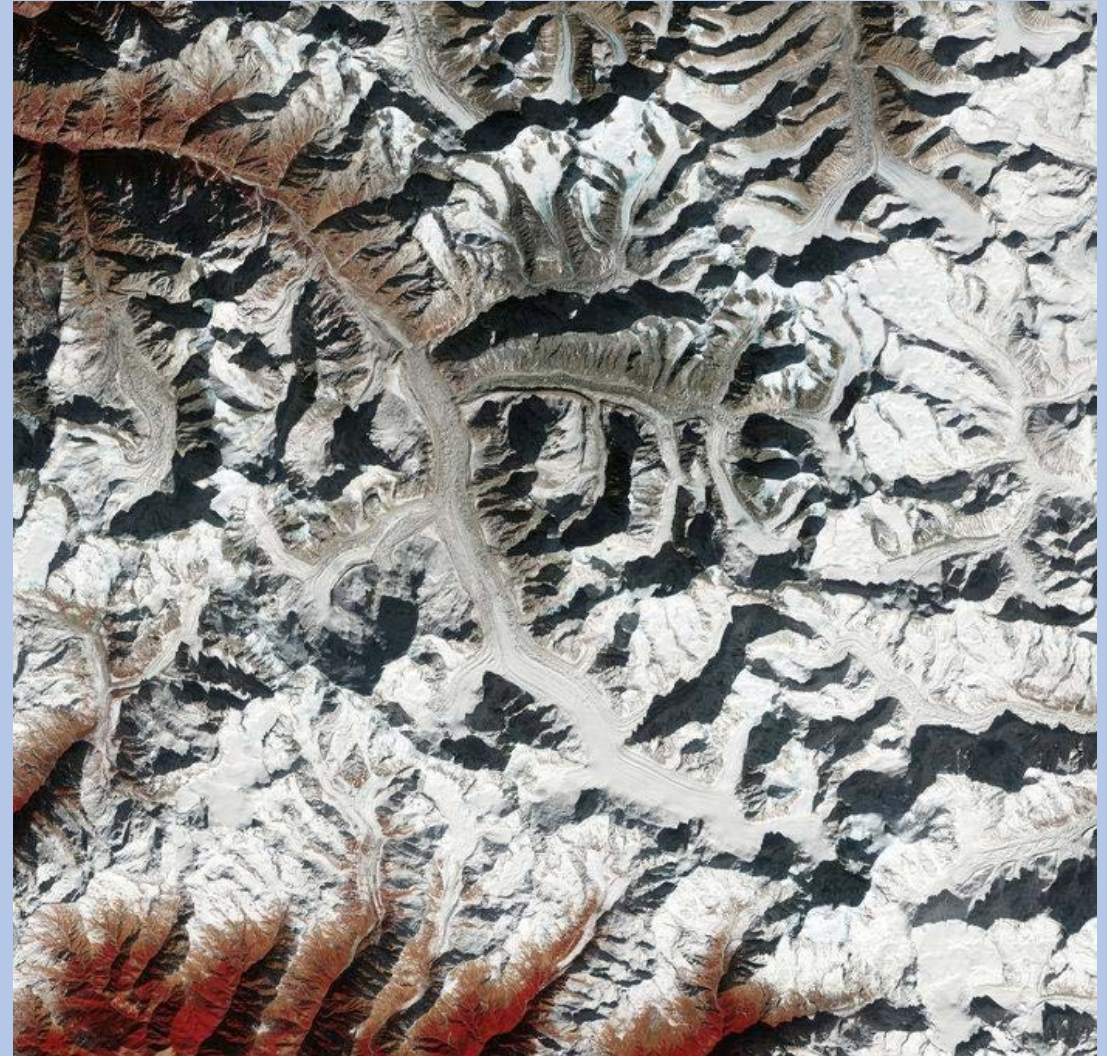
L'insieme dei ghiacciai dell'Himalaya alimenta tutti i principali fiumi in Asia e sostiene la vita di metà dell'umanità. Secondo l'IPCC, tuttavia, questi ghiacciai stanno regredendo più velocemente di qualsiasi altra parte del mondo.

Il ghiacciaio Gangotri, la fonte del Gange, sta regredendo con un tasso tra 20-23 miglia all'anno, mentre altri ghiacciai si ritirano più di 30 miglia all'anno.

Il ritiro dei ghiacciai compromette l'affidabilità e la stabilità di fiumi come l'Indo e il Brahamaputra: un maggiore apporto di acqua potrebbe causare la distruzione degli argini, colpendo i mezzi di sostentamento di 209 milioni di persone nel bacino dell'Indo e 62 milioni nel bacino del Brahamaputra.

Ritirata del ghiacciaio Gangotri. E' possibile vedere in alto a sinistra il terreno lasciato scoperto dalla fusione del ghiaccio.

Image contains modified Copernicus Sentinel data (2018), processed by ESA, CC BY-SA 3.0 IGO



# Il caso dell'India e dell'Himalaya

Il 7 febbraio 2021, nello stato indiano dell'Uttarakhand, un'ondata improvvisa proveniente dal ghiacciaio del massiccio himalayano Nanda Devi ha provocato decine di morti.

La tragedia è stata causata probabilmente dal distacco di un blocco di roccia che, cadendo, ha trascinato verso valle una grande quantità di ghiaccio. A causa dell'attrito durante il tragitto, la massa di acqua allo stato solido si è fusa e si è riversata nei fiumi Rishi Ganga e Dhauli Ganga: la potenza di questi due corsi ha spazzato via due dighe e due centrali idroelettriche.

La caduta del blocco di roccia è stato causato dalla fusione del ghiaccio ad alta quota. L'acqua congelata, infatti, si trova normalmente tra le fessurazioni e le spaccature della pietra e fa da collante fra i vari massi rocciosi.



I lavori di soccorso attorno ai resti della diga Tapovan, il 9 febbraio 2021 (AP Photo, La Presse)

# Innalzamento del livello del mare



Accademia Nazionale dei Lincei



I Lincei per la Scuola  
Fondazione

In collaborazione con...

Palazzo Ducale - Genova

Genova  
Palazzo  
Ducale

Con il sostegno di...

Fondazione Compagnia di San Paolo



Fondazione  
Compagnia  
di San Paolo

Web: <https://linceiscuola.it/lincei-clima> - Email: [linceiclimate@fondazioneincediscuola.it](mailto:linceiclimate@fondazioneincediscuola.it)

Oltre allo scioglimento dei ghiacciai, un'altra delle cause dell'innalzamento del livello del mare è l'espansione della massa d'acqua dovuta all'aumento della temperatura.

La superficie marina si è innalzata di circa 26 cm dall'inizio dell'era industriale, ma le stime affermano che potrebbe arrivare a più di un metro entro il 2100.

Il Po, ad esempio, rischia di oscillare tra dei mesi di completa secca e dei momenti in cui il delta è fortemente allagato. Con l'aumento di 1 m di acqua, la laguna e la costa veneta finirebbero sotto l'acqua.



# Il countdown della Florida

Se l'effetto domino dell'aumento della temperatura non viene tenuto sotto controllo tramite la riduzione delle emissioni (Accordo di Parigi), l'innalzamento del livello del mare sarà tale da andare ad inghiottire la maggior parte delle zone costiere.

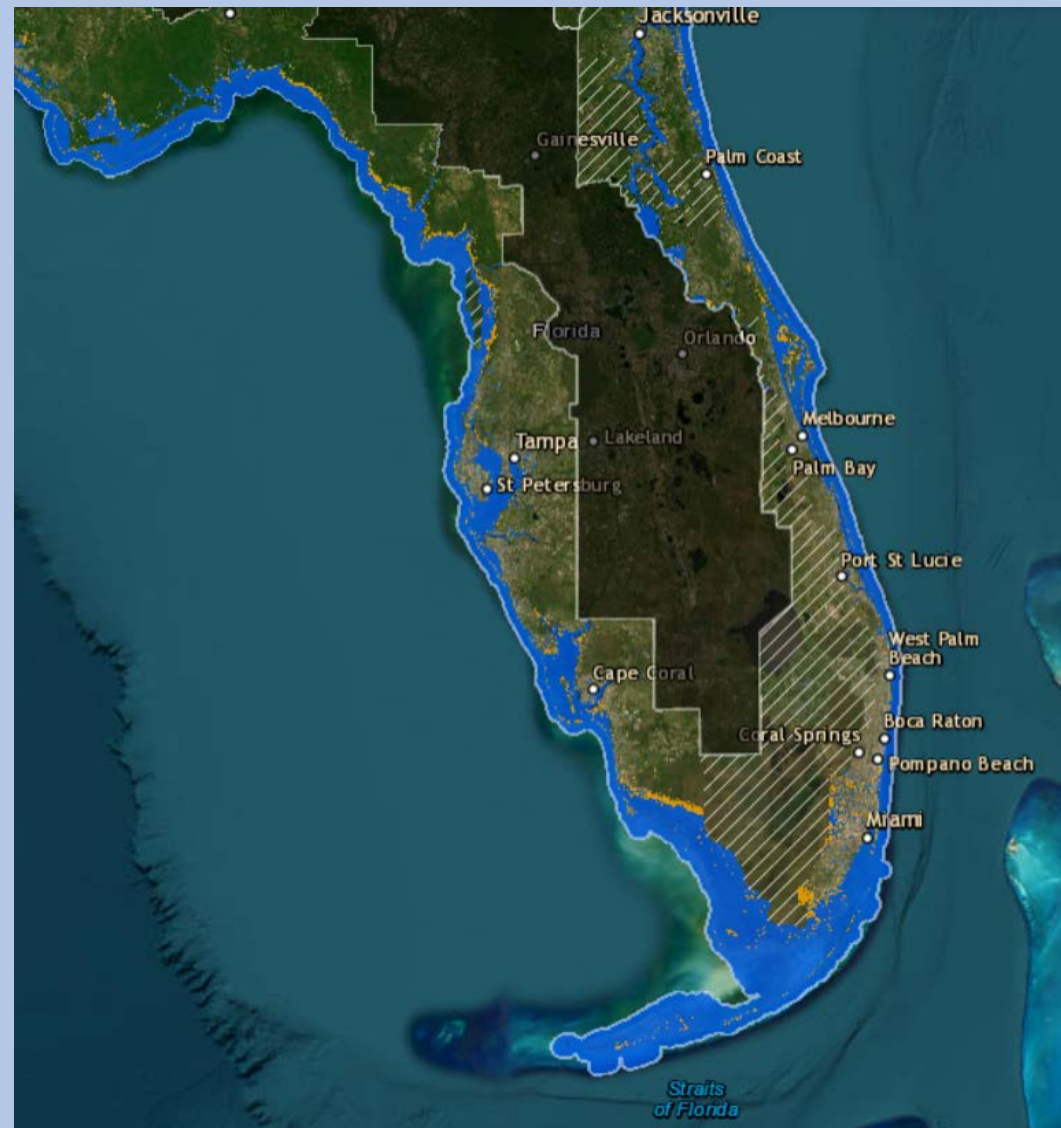
La Florida è uno degli stati più a rischio. Con l'aumento di circa 1 metro di acqua, scomparirebbero le maggiori città turistiche degli Stati Uniti meridionali, tra le quali St. Petersburg e Miami.

In altre parti del mondo, ad esempio l'India, l'aumento della massa d'acqua marina provocherebbe la perdita di 5763 km<sup>2</sup>, costringendo gli abitanti delle città costiere, tra cui Mumbai e Chennai, ad emigrare.

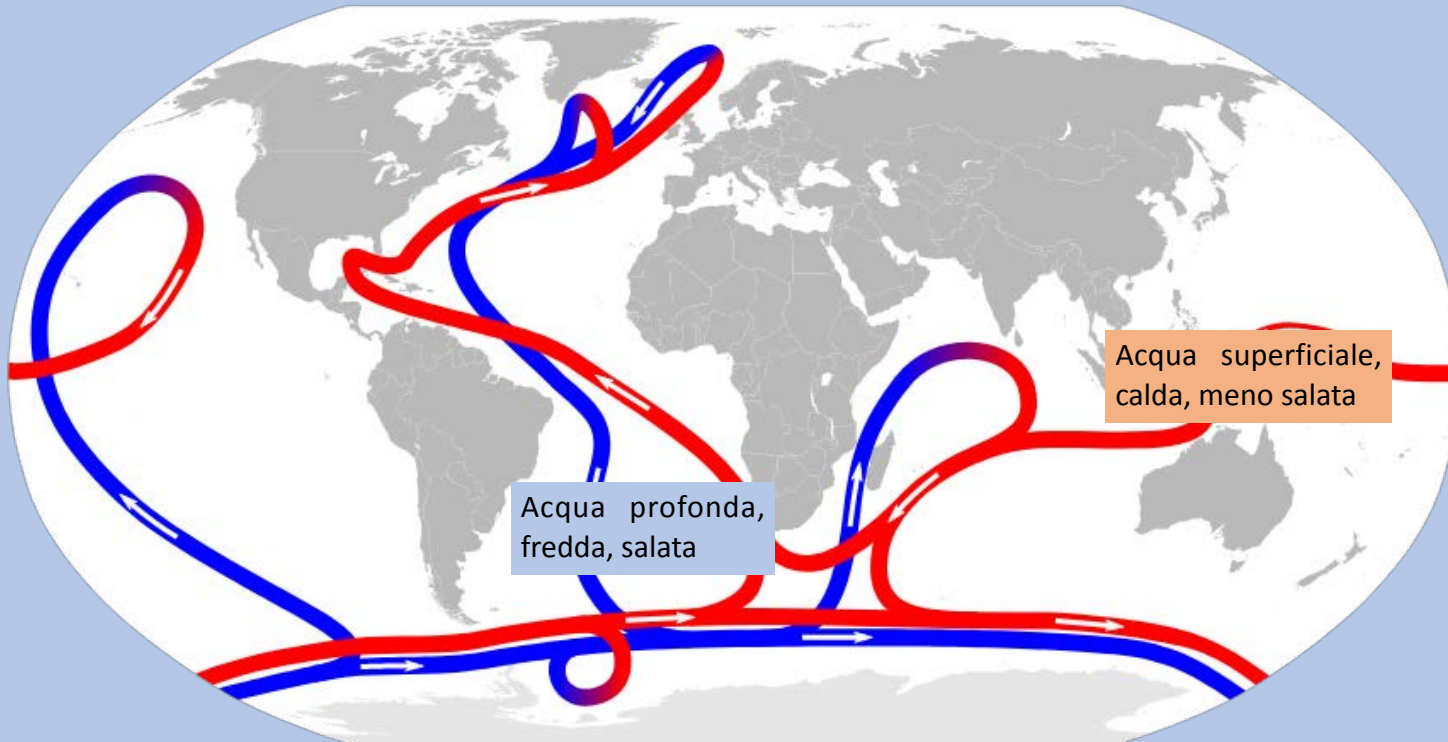
Anche Basra, la seconda città più popolosa dell'Iraq, molto probabilmente finirà sott'acqua entro il 2050. La popolazione sarà costretta ad emigrare in altre zone dell'Iraq o in Kuwait, andando a creare ostilità tra gli Stati.

Le aree colorate in azzurro indicano le zone che molto probabilmente saranno sommerse se il livello dell'acqua dovesse aumentare di 90 cm.

L'immagine è stata presa dalla simulazione NOAA Sea Level Rise <https://bit.ly/3YPdsJu>



# Compromissione della circolazione termoalina



Lo scioglimento dei ghiacciai causa un maggiore afflusso di acqua dolce verso il mare.

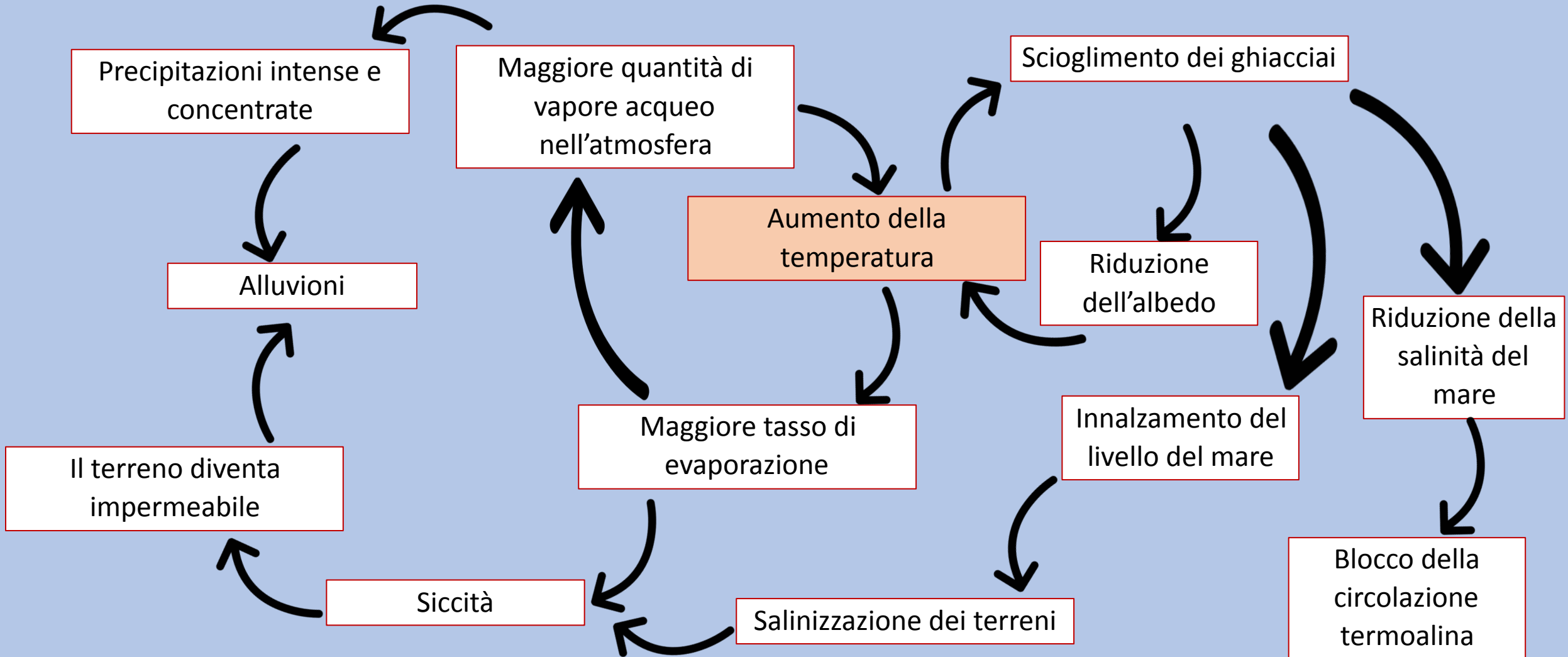
In questo modo, l'acqua marina viene «diluita» e la salinità diminuisce: questo evento può causare un rallentamento nella circolazione termoalina.

La circolazione termoalina è il sistema di correnti oceaniche che influisce profondamente sul clima a tutte le latitudini: le correnti superficiali sono più calde, meno salate e cedono calore all'atmosfera. Le correnti profonde sono invece più fredde e più salate.

Le correnti oceaniche permettono di ridistribuire il calore. La Corrente del Golfo è calda e superficiale: grazie a queste sue proprietà si sposta e raggiunge l'Europa settentrionale mitigando il clima, che altrimenti sarebbe molto più rigido.

Se l'acqua marina viene diluita, la Corrente del Golfo farà fatica ad inabissarsi alle alte latitudini perché risulterà troppo leggera, causando un arresto di tutto il sistema.

# Uno sguardo d'insieme



# Uno sguardo d'insieme



Accademia Nazionale dei Lincei



I Lincei per la Scuola  
Fondazione

In collaborazione con...

Palazzo Ducale - Genova

Genova  
Palazzo  
Ducale

Con il sostegno di...

Fondazione Compagnia di San Paolo



Fondazione  
Compagnia  
di San Paolo

Web: <https://linceiscuola.it/lincei-clima> - Email: [linceiclimate@fondazioneilinceiscuola.it](mailto:linceiclimate@fondazioneilinceiscuola.it)

# Clima e conflitti



Che ruolo ha il cambiamento climatico sulla pace e la guerra | Grammenos Mastrojeni | TEDxVarese <https://youtu.be/EgAFrCs2aqc>

# Sitografia

- <https://annalsofglobalhealth.org/articles/abstract/10.1016/j.aogh.2015.08.005/>
- <http://climate.org/iraqs-water-woes-present-and-future-challenges-to-scarcity-and-abundance/>
- <https://earth.org/sea-level-rise-in-florida/#:~:text=In%20Florida%2C%20experts%20predict%20that,to%20its%20residents%20and%20ecosystem.>
- <http://climate.org/the-future-of-water-in-india/>
- <https://www.raicultura.it/scienza/articoli/2020/03/Proiezioni-di-clima-futuro-7c543bbd-8376-4e67-b723-044fdc89f37b.html>
- <https://www.raicultura.it/scienza/articoli/2020/03/Effetti-del-riscaldamento-globale-sul-ciclo-idrologico-terrestre-60cc1300-d8cf-4337-a2bf-9561ea26bd33.html>
- <https://www.cimafoundation.org/en/news/more-about-drought-the-situation-in-south-america-in-jrc-report/>
- <https://www.copernicus.eu/it>
- <https://www.youtube.com/watch?v=M0I1NGj7QBA&t=1027s>
- <https://youtu.be/EgAFrCs2aqc>
- [https://youtu.be/4bifv\\_iEE6Q](https://youtu.be/4bifv_iEE6Q)
- <https://youtu.be/CyGmRaadsPE>
- <https://bit.ly/3YPdsJu>
- <https://oceanservice.noaa.gov/facts/hab-forecast.html>
- <http://climate.org/algae-cyanobacteria-blooms-and-climate-change/>