

## ◇◇ 11.1.5 EFFETTI DELLA SALINITÀ SULLE CORRENTI OCEANICHE

È stato già detto quanto la produzione di acque profonde nel Nord Atlantico sia di fondamentale importanza nel rendere più mite il clima europeo attraverso la saldatura con la Corrente del Golfo. Se però, per un qualsiasi motivo, su tale area oceanica non dovesse più arrivare acqua molto densa, e quindi più pesante di quella preesistente in loco, il lungo nastro marino che avvolge il Globo e che trascina verso le sponde europee le acque calde della Corrente del Golfo potrebbe interrompersi. Con quali effetti? Sicuramente inverni assai più rigidi su tutta l'Europa Occidentale e Settentrionale, con città come Londra e Parigi che somiglierebbero molto più a Toronto o Mosca piuttosto che a Milano o Roma.

Ma potrebbe verificarsi una simile eventualità? Poiché ai margini del Circolo Polare Artico lo scarso soleggiamento e i venti gelidi garantiscono un continuo e sicuro raffreddamento della superficie marina, l'unico motivo per cui l'acqua possa risultare non sufficientemente densa e pesante da affondare è che essa sia poco salata. Ebbene, al contrario di quanto accade ai Tropici, nei mari più settentrionali la salinità – e quindi la densità – dell'acqua cresce leggermente con la profondità e pertanto perché si inneschi un meccanismo di inabissamento è necessario che arrivino da lontano acque molto salate e quindi pesanti. Se però nel frattempo, nella medesima zona, giungono anche acque relativamente "dolci", ovvero poco salate, dal rimescolamento delle due può nascere una miscela non sufficientemente densa, e quindi incapace di sprofondare verso gli abissi.

◇◇◇

**Insomma, un cambiamento insolito della salinità di ampie porzioni di mare – quella che si chiama *anomalia salina* – può interrompere il ciclo del Nastro Trasportatore e deviare il corso delle correnti superficiali, con sicuro stravolgimento del clima di interi continenti.**

◇◇◇

Ma il Nastro Trasportatore potrebbe interrompersi del tutto? Ebbene sì, o almeno questo è quanto – secondo i più recenti studi paleoclimatici – è già successo qualche migliaio di anni fa, durante il periodo noto come *Dryas Superiore*.

### **DRYAS SUPERIORE: IL COLPO DI CODA DELLA GLACIAZIONE**

Al culmine dell'era glaciale la temperatura invernale delle acque oceaniche al largo dell'Africa Occidentale era di 19 °C, a fronte dei 26 °C dei giorni nostri, mentre le acque attorno alle Isole Barbados erano solo di 2 °C più fredde di quanto non siano oggi: il motivo di ciò è da ricercarsi nel ruolo fondamentale che le correnti oceaniche hanno nella redistribuzione del calore. In particolare allora la Corrente del Golfo, invece che estendersi dalla Florida verso nord-est, si muoveva debolmente verso est, puntando sul Marocco, e facendo quindi venir meno la sua azione termoregolatrice su gran parte del continente europeo. Studi compiuti su reperti fossili mostrano tra l'altro un'altra importante differenza rispetto ai giorni nostri, ovvero la soppressione della circolazione termoalina in tutto il bacino del Nord Atlantico. Insomma il Nastro Trasportatore Atlantico, di cui anche

la Corrente del Golfo fa parte, che libera grandi quantità di calore sull'Atlantico Settentrionale, rimase bloccato fino a quasi 14.000 anni fa, quando ormai la glaciazione volgeva al suo termine. Poi, circa 12.000 anni fa, i ghiacci cominciarono finalmente a ritirarsi, e il trend al riscaldamento prevalse per circa 1000 anni. Ma ecco che, improvvisamente, 11.000 anni fa la Terra conobbe un nuovo repentino raffreddamento, localizzato soprattutto nella regione del Nord Atlantico: in appena 100 anni l'Europa Settentrionale e il Nord America tornarono a condizioni glaciali. Solo mille anni più tardi questo nuovo periodo freddo, noto come *Dryas Recente* o *Superiore*, ebbe improvvisamente termine. Il repentino quanto deciso ritorno del freddo durante il Dryas Recente, secondo molti studi di paleoclimatologia, si può spiegare con un blocco del Nastro Trasportatore Atlantico: molteplici indizi fossili portano a ipotizzare che la formazione di acqua densa e pesante nel Nord Atlantico, già bloccata durante l'ultima grande glaciazione e appena ripresa nei mille anni precedenti, si fosse nuovamente interrotta, diluita da quella dolce proveniente dai ghiacci in fase di scioglimento. Durante il primo riscaldamento post-glaciale, le acque di fusione dei grandi ghiacciai nord-americani si accumularono difatti in un grande bacino, ora non più esistente, il Lago Agassiz, drenato da quello che oggi è il fiume Mississippi, le cui acque giungevano fino al Golfo del Messico. Quando però il ritiro dei ghiacci aprì un canale a est, l'acqua si riversò nella regione dei Grandi Laghi, e quindi attraverso il fiume San Lorenzo nel vicino Oceano Atlantico.



**L'afflusso di acqua dolce nell'Atlantico ridusse la salinità e quindi la densità delle acque superficiali, impedendone l'affondamento: il Nastro Trasportatore Atlantico si bloccò, l'acqua calda smise di scorrere verso nord e una vasta regione intorno all'Atlantico Settentrionale subì un nuovo forte raffreddamento.**



Solo quando il Nastro Trasportatore riprese a funzionare, i ghiacci tornarono a ritirarsi e un diverso sfogo delle acque dolci di fusione nei mari che oggi circondano il Canada, scongiurò una nuova interruzione del meccanismo di trasporto del calore.

### ◇◇ 11.1.6 L'EFFETTO SERRA E LA CORRENTE DEL GOLFO

Il periodo che va dalla metà degli anni '40 alla fine degli anni '60 del Novecento è stato segnato da caratteristiche della circolazione generale atmosferica e del clima globale molto differenti se confrontate con quelle dell'ultimo trentennio. Alcune delle differenze principali comprendono l'intensità delle correnti occidentali delle medie latitudini, le modalità della NAO, la forza dell'Anticiclone delle Azzorre, l'intensità e la frequenza degli episodi di El Niño e la piovosità in alcune aride regioni dell'Africa. Ebbene differenze simili, anche se meno marcate, si sono presentate anche in passato, come nel passaggio tra il periodo 1870-99 (simile per caratteristiche climatiche a quello del dopoguerra) e il periodo 1900-20 (con caratteristiche climatiche analoghe invece all'ultimo trentennio). Secondo recenti ipotesi, ancora da verificare, questi cambiamenti multidecennali del clima su scala globale debbono imputarsi principalmente a variazioni della circolazione ter-

moalina e, in particolare, del Nastro Trasportatore Atlantico. Secondo questa teoria, il passaggio da un “periodo climatico” all’altro avviene tramite un cambiamento delle modalità di funzionamento della circolazione termoalina. In effetti, alla fine degli anni ’60 si è osservata una sensibile variazione della salinità delle acque del Nord Atlantico: il fenomeno, noto come *Grande Anomalia Salina*, fu caratterizzato dalla presenza di una enorme pozza di acqua poco salata e poco densa che vagò, per mesi, nei mari più settentrionali dell’Atlantico, limitando la produzione di acque profonde e rallentando il benefico flusso della Corrente del Golfo verso l’Europa.

◇◇◇

**Gli effetti della Grande Anomalia Salina si fecero sentire soprattutto in Europa, colpita da inverni particolarmente rigidi e da estati insolitamente fresche, tanto che qualche scienziato azzardò, incautamente, l’imminente avvento di una nuova glaciazione.**

◇◇◇

In realtà, la storia del clima ricostruita dai carotaggi effettuati a varie profondità sui ghiacci perenni della Groenlandia, ha rivelato che piccole fluttuazioni della circolazione oceanica – e del clima su scala globale – si verificano ciclicamente, con periodicità che vanno dai 20 ai 50 anni. Le fasi in cui la circolazione termoalina è più intensa e trascina maggiori quantità di acque calde verso le alte latitudini sono tali che le temperature superficiali del Nord Atlantico risultano di circa un grado superiori che nelle fasi opposte. Il passaggio da un periodo all’altro sembra invece dettato da improvvise e grandi variazioni nelle caratteristiche di salinità del Nord Atlantico, come nel caso della Grande Anomalia Salina. Ma qual è allora il meccanismo che genera le grandi pozze d’acqua dolce che ciclicamente vanno a interferire con la produzione di acque profonde?

◇◇◇

**Gli studi più recenti indicano come responsabile delle anomalie saline del Nord Atlantico il ghiaccio artico: il flusso di acqua dolce che si produce dal suo annuale scioglimento può subire variazioni tali da dare vita a veri e propri laghi di acqua dolce nel bel mezzo dell’oceano.**

◇◇◇

Insomma, paradossalmente non è da escludere che l’aumento dell’effetto serra, anziché spingere l’Europa verso un clima tropicale, possa scatenarvi una nuova glaciazione. Anche se l’ipotesi di un’imminente glaciazione è sicuramente un’esagerazione – i cicli dell’orbita terrestre e quelli dell’attività solare, che sono i principali responsabili dell’insorgere dei periodi glaciali, dovrebbero garantirci ancora qualche migliaio d’anni di clima gradevole – il continente europeo potrebbe effettivamente andare incontro a un clima più fresco di quello attuale. Il motivo? L’innalzamento delle temperature del Globo avrà come effetto, tra gli altri, anche quello di provocare un maggior scioglimento dei ghiacci polari e ciò, come si è appena visto, potrebbe dar luogo a nuovi episodi di anomalie saline nel Nord Atlantico. Quindi una Terra tendenzialmente sempre più calda fa-

vorirebbe un indebolimento del Nastro Trasportatore e questa eventualità paradossalmente porterebbe sull'Europa un clima molto più fresco di quello odierno.

## **OCEANI E CICLO DELLA CO<sub>2</sub>**

Gli oceani contengono circa 60 volte l'anidride carbonica che è normalmente presente nell'atmosfera. L'anidride carbonica ha del resto un'elevata solubilità in acqua, al punto che, tramite processi fisico-chimici, all'interfaccia tra lo strato superficiale oceanico e l'atmosfera vi è un flusso continuo di tale gas: gli oceani ne liberano in atmosfera 100 Gton/anno, ma nel contempo ne assorbono 104 Gton/anno, per cui gli strati superficiali marini ogni anno riescono a rimuovere grandi quantità (circa il 50%) della CO<sub>2</sub> immessa in atmosfera per cause antropiche.

◇◇◇

**La quantità di anidride carbonica assorbita dagli oceani dipende in realtà dalla temperatura delle acque marine: più queste sono calde, minore è la quantità di gas che riescono ad assorbire.**

◇◇◇

Variazioni della temperatura superficiale della Terra possono quindi influire sulla quantità di CO<sub>2</sub> stoccata nei grandi bacini marini.

## **ANOMALIE DI TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL MARE (SSTA)**

La temperatura superficiale del mare (SST, *Sea Surface Temperature*) gioca un ruolo di primo piano nell'evoluzione della circolazione atmosferica su scale temporali dell'ordine di una settimana: dal forcing esercitato sulle correnti occidentali si generano ondulazioni capaci di dar vita alle perturbazioni responsabili del maltempo alle medie latitudini.

Anomalie delle temperature superficiali del mare (SSTA) possono causare fenomeni ed eventi di varia natura: lo stesso fenomeno El Niño va considerato un'anomalia delle SST.

Le SST degli oceani influenzano anche le concentrazioni del biossido di carbonio presente in atmosfera, e quindi l'effetto serra da essa prodotto.

È possibile misurare il riscaldamento oceanico per mezzo di trasmissioni acustiche a lungo raggio: la velocità del suono in acqua è determinata in primo luogo dalla temperatura.

Anche l'osservazione della colorazione dei coralli può dare evidenza di variazioni termiche in atto: uno sbiancamento della barriera corallina è indice di un riscaldamento.