

EL NIÑO E I CINQUE ANNI PIÙ CALDI DI SEMPRE

Gianni Comini

CISM - Dipartimento di Energia e Ambiente

Piazza Garibaldi 18 - 33100 Udine

gianni.comini@cism.it

22 giugno 2023

1 L'allarme del WMO

Il 17 maggio 2023, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO - World Meteorological Organization) ha pubblicato il rapporto di sintesi sulla evoluzione del clima nel quinquennio 2023-2027. In tale rapporto l'affidabilità delle stime proposte per il 2023-2027, e quindi la probabilità del verificarsi delle previsioni, è molto elevata. Infatti è stata dimostrata "ex ante" confrontando le rilevazioni sperimentali disponibili per il quinquennio 2017-2022 con i risultati numerici delle simulazioni "ex post" prodotte per lo stesso periodo dai partecipanti al nuovo studio.

Ciò premesso, secondo il WMO, nel quinquennio 2023-2027:

- vi è una probabilità del 98% che la media delle temperature globali superi la media nel precedente quinquennio 2018-2022 (il più caldo di sempre finora);
- vi è la stessa probabilità del 98% che la temperatura media globale di almeno un anno tra il 2023 e il 2027 superi la temperatura media globale registrata nel 2016 (il più caldo di sempre sinora);
- vi è una probabilità del 66% (ovvero alta) che la temperatura media globale di almeno un anno tra il 2023 e il 2027 superi di 1,5 °C la temperatura del periodo preindustriale (1850-1900);
- l'arrivo del Niño previsto per gli ultimi mesi del 2023 e il fatto che, tipicamente, gli aumenti maggiori nella temperatura media globale si registrino qualche mese dopo gli eventi di questo tipo, fanno sì che proprio il 2024 si candidi ad essere l'anno più caldo sia del prossimo quinquennio sia di sempre;
- vi è una probabilità ancora bassa (ovvero 33%) che la media delle temperature globali nell'intero quinquennio superi 1,5 °C, ma tale probabilità sta crescendo con velocità allarmante in quanto era zero nel 2010 e 10% nel 2017;

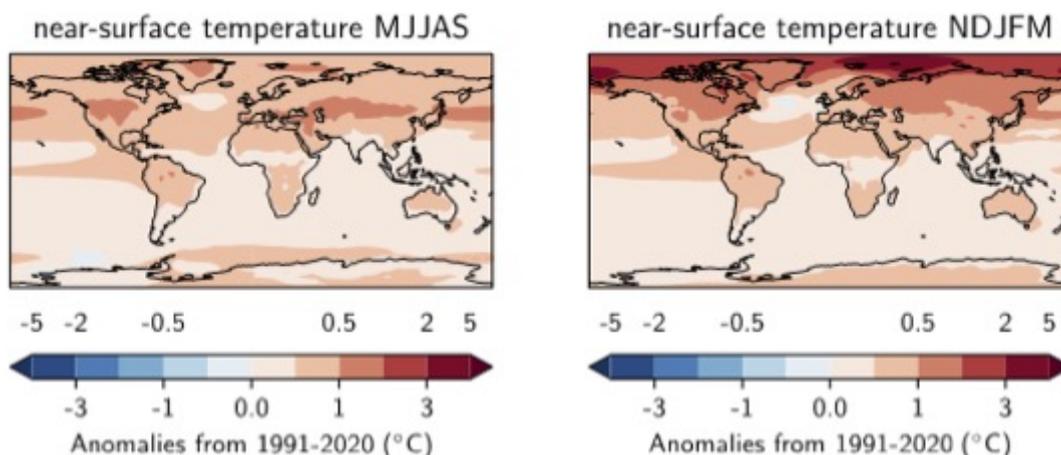


Figura 1: Temperature medie globali previste per il quinquennio 2023-2027 dall'Organizzazione meteorologica Mondiale. LEGENDA: MJJAS mesi di maggio, giugno, luglio, agosto, settembre - NDJFM: mesi di novembre, dicembre, gennaio, febbraio, marzo [WMO].

- l'aumento delle temperature medie globali nel quinquennio 2023-2027 interesserà tutto il Mondo ma, come si vede dalla Figura 1, sarà particolarmente elevato nell'Artico, soprattutto nel periodo invernale, e ciò avrà importanti conseguenze negative sulla velocità di scioglimento dei ghiacci.

Nel suo rapporto, l'OMS pone l'accento anche sulla mancata azione moderatrice della Niña, conclusasi nel marzo 2023 dopo una durata insolitamente lunga di quasi tre anni. Infatti, nonostante la Niña, la tendenza di fondo all'aumento della temperatura media mondiale, dimostrata dall'istogramma della Figura 2, non si arrestata e, in particolare, il 2022 (non contemplato nell'istogramma), è stato il secondo anno più caldo di sempre, con una temperatura media globale superiore di 1,15 °C alla temperatura media nel periodo preindustriale.

1.1 Oscillazioni e tendenze

L'atmosfera è un sistema caotico non-lineare perché in esso gli effetti non rispondono necessariamente alle cause in modo proporzionale (cioè lineare) ma possono auto-amplificarsi nel tempo fino a raggiungere uno stato caotico. Nel 1963, per descrivere l'evoluzione del tempo atmosferico, il meteorologo Edward Lorenz utilizzò una metafora divenuta celebre dicendo che, nell'atmosfera, anche una perturbazione apparentemente irrilevante "come il battito d'ali di una farfalla in Brasile" può provocare [dopo un numero sufficiente di giorni] "un tornado nel Texas".

Ciò non significa che l'evoluzione del tempo atmosferico sia inconoscibile ma implica che sia molto difficile da prevedere in quanto bastano imprecisioni molto piccole nella descrizione delle condizioni iniziali e/o errori apparentemente insignificanti nelle procedure di soluzione per arrivare rapidamente a risultati privi di significato. Attualmente (2023), grazie al gran numero di sensori meteo che ci informano sulla situazione iniziale in tutto

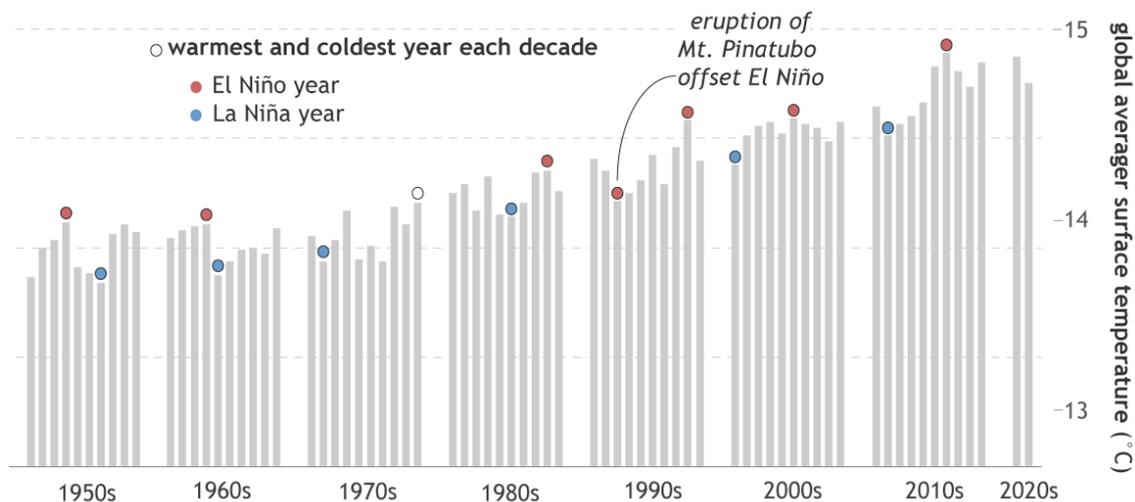


Figura 2: Medie annuali delle temperature in superficie raggruppate per decenni dal 1950 al 2021. Gli anni più caldi sono quelli del Niño e i più freddi sono quelli della Niña con l'unica eccezione del 1992, in concomitanza con le eruzioni del vulcano Pinatubo [NOAA].

il Mondo (tempo di oggi) ed alla grande accuratezza dei supercomputer disponibili per i calcoli, i modelli numerici riescono a fornire previsioni meteorologiche che si estendono fino a circa due settimane. In futuro tale orizzonte temporale potrà essere ampliato ma lentamente e non più, ad esempio, dell'aumento nel numero di cifre significative assicurate dall'evoluzione dei computer a disposizione dei meteorologi.

Per contro, le previsioni climatiche, a differenza di quelle meteorologiche, già oggi devono per costruzione arrivare al lungo termine al fine di consentire, ad esempio, le stime degli andamenti di temperatura di qui al 2100 in funzione dei diversi scenari ipotizzati, ovvero delle diverse probabili scelte comportamentali delle popolazioni. A tal fine, l'estensione dell'orizzonte temporale è ottenuto grazie all'adozione di modelli di calcolo che "filtrano", ovvero rinunciano a simulare, le oscillazioni "meteorologiche" di breve durata e si concentrano unicamente sulle tendenze "climatiche" pluriennali.

Un problema a parte, però, è rappresentato dalle previsioni con un orizzonte temporale limitato a qualche anno come le previsioni quinquennali che qui interessano. In tal caso, le oscillazioni stagionali di natura casuale non possono essere trascurate e, di conseguenza, le previsioni climatiche di tipo dinamico (ovvero che procedono nel tempo, un passo dopo l'altro) devono essere integrate da previsioni di tipo statistico che descrivano, in qualche modo, le oscillazioni stagionali.

Generalmente, le previsioni di tipo statistico si basano su eventi forzanti che, in passato, hanno generato effetti stagionali ben definiti. A questa categoria di eventi appartengono le oscillazioni di temperatura nel Pacifico Equatoriale Tropicale, la più importante delle quali è, senza dubbio, ENSO (El Niño Southern Oscillation - Oscillazione Meridionale del Niño). ENSO ha durata compresa tra i due e i sette anni ed è un evento ciclico nel quale si alternano una fase calda (El Niño) ed una fase fredda (La Niña), separate da una fase neutra.

ENSO si è ripetutamente dimostrato in grado di influenzare il clima dell'intero Pianeta ed una delle dimostrazioni più convincenti è fornita da istogrammi del tipo riportato nella Figura 2. Questi istogrammi, evidenziano come, all'interno di ciascun decennio, le temperature medie globali più basse si siano registrate durante gli eventi freddi (La Niña), e quelle più alte durante gli eventi caldi (El Niño). L'unica eccezione è l'anno 1992, il più freddo di quel decennio nonostante El Niño, ma tale discrepanza ha una giustificazione ben definita: l'effetto schermante delle radiazioni solari esercitato dalle enormi quantità di cenere immesse dell'atmosfera durante le eruzioni del vulcano Pinatubo nelle Filippine.

Va osservato anche che la Figura 2 conferma la tendenza all'aumento delle temperature medie globali negli anni a partire dal 1950. Infatti, in ciascun decennio, le oscillazioni negative di temperatura legate alla Niña si sono sovrapposte, senza arrestarla, alla tendenza di fondo all'aumento della temperatura globale, mentre le oscillazioni positive legate al Niño hanno spesso contribuito al raggiungimento di nuovi massimi per le temperature medie annuali.

2 Monitoraggio di ENSO

Anche se capace di influenzare il clima dell'intero Pianeta, ENSO è un evento ciclico che si sviluppa nel Pacifico Equatoriale e, come tale, viene monitorato attraverso rilevazioni di indici legati:

- alla temperatura superficiale del mare nella regione chiamata Niño 3.4 (compresa tra le longitudini 120° e 150° ovest, e le latitudini 5° nord e -5° sud), e
- alla differenza di pressione atmosferica a livello del mare tra Tahiti (150° ovest) e Darwin in Australia (130° est).

Per quanto riguarda la temperatura superficiale del mare (in inglese SST ovvero Sea Surface Temperature), l'indice utilizzato è lo scostamento della SST media mensile misurata nella regione Niño 3.4, rispetto al valore climatologico "normale" per lo stesso mese. Il valore "normale", a sua volta, viene valutato come media dei valori nel corrispondente mese durante un periodo di riferimento sufficientemente lungo. In climatologia, lo scostamento dal valore normale viene definito "anomalia" e, quindi, si può dire che l'indice di riferimento per il monitoraggio della temperatura superficiale è l'anomalia della temperatura superficiale media nella regione Niño 3.4.

(In passato, la scelta del periodo di riferimento per la valutazione dei valori climatologici normali era, più o meno, discrezionale ma, successivamente, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale ha scelto come riferimento il trentennio compreso tra il 1981 e il 2010, sostituito di recente con il trentennio compreso tra il 1991 e il 2020. Pertanto, nel 2023, il valore "normale" aggiornato per un mese qualunque, ad esempio gennaio, è la media delle 30 medie mensili dei mesi di gennaio compresi nel trentennio 1991-2020.)

Le ragioni per la scelta delle anomalie al posto delle temperature nel monitoraggio delle fasi calda (El Niño) e fredda (La Niña) in un ciclo ENSO, risultano evidenti dall'esame della Figura 3 dove le fasi sono difficilmente distinguibili nelle figure della colonna delle temperature a sinistra, mentre sono facilmente identificabili nella colonna delle anomalie

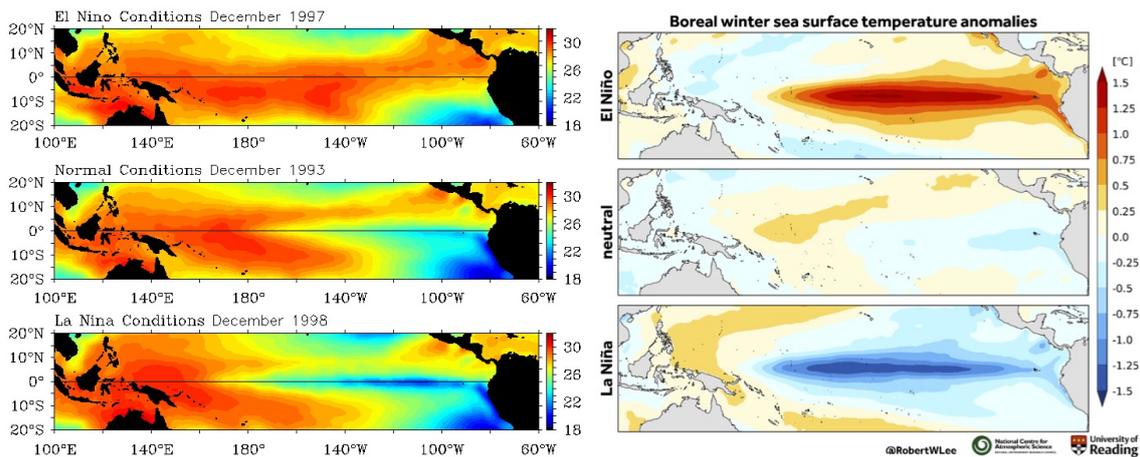


Figura 3: Temperature nella colonna di sinistra [NOAA] e anomalie nella colonna di destra [Reading University] riferite alle fasi calda (sopra), neutra (al centro) e fredda (sotto) durante un ciclo tipico di ENSO.

a destra. Può essere interessante anche notare che, durante la fase neutra, le anomalie della temperatura superficiale del mare sono prossime a zero, come era da attendersi, mentre le temperature “normali” variano considerevolmente nello spazio e, in particolare, sono circa 8°C più alte nel Pacifico Occidentale rispetto al Pacifico Orientale.

Per monitorare la differenza delle pressioni, l’indice utilizzato è il SOI (Southern Oscillation Index) definito, mese per mese, come rapporto tra le differenze medie di pressione atmosferica a livello del mare (in inglese SPL ovvero Sea Pressure Level) misurate a Tahiti e Darwin diviso per lo scarto quadratico medio delle differenze rilevate nel trentennio di riferimento (ovvero per quella che in statistica si chiama “differenza standard”). Infatti, la formula per il calcolo del SOI è:

$$SOI = 10 \cdot \frac{SPL(Tahiti) - SPL(Darwin)}{\sigma}$$

dove la divisione per lo scarto quadratico medio delle differenze di pressione σ consente di adimensionalizzare l’indice (che così è un numero puro), mentre il coefficiente moltiplicativo 10 permette di avere risultati esprimibili con numeri dell’ordine delle unità.

Infine, come ulteriore accorgimento, per “filtrare” le oscillazioni spurie con periodo inferiore a tre mesi, nelle rappresentazioni grafiche si usa riportare mensilmente le medie mobili a tre mesi di SOI piuttosto che i valori di SOI non mediati.

La correlazione tra le anomalie della SST e l’indice SOI è dimostrata dal confronto tra i due grafici della Figura 4 che, per il periodo che va dal 1968 al 1998, riportano:

- sopra lo scostamento dal valore normale (ovvero le anomalie) delle temperature superficiali del mare nella regione Niño 3.4, e
- sotto l’indice delle differenze di pressione SOI

evidenziando l’andamento pressoché speculare dei due indici.

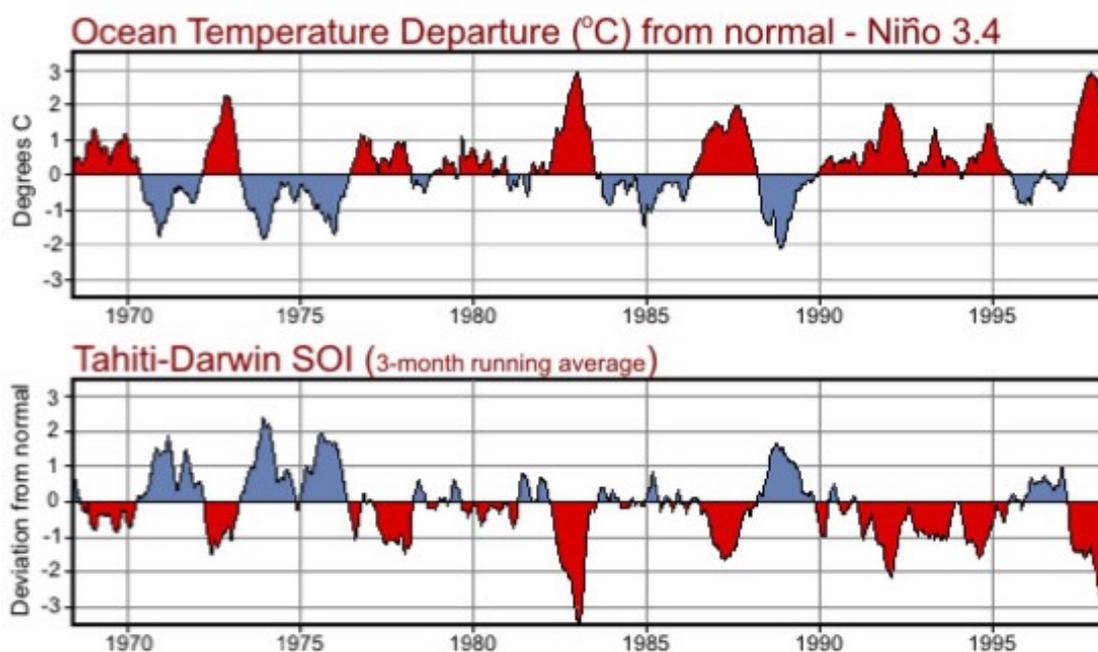


Figura 4: Confronto tra gli andamenti nel tempo con le fasi calde (El Niño) in rosso e le fasi fredde (La Niña) in blu. Sopra: anomalia delle temperature nella regione El Niño 3.4. Sotto: indice SOI delle differenze di pressione tra Tahiti e Darwin. [NOAA]

La correlazione non è sorprendente se si tien conto del fatto che in situazioni normali (ovvero nelle fasi neutre), le temperature della superficie del mare sono considerevolmente più alte nel Pacifico Occidentale rispetto al Pacifico Orientale. Pertanto, quando l'indice SOI è negativo (e la pressione atmosferica a Darwin è superiore a quella di Tahiti) i venti soffiano da ovest e, spingendo acqua più calda verso il Pacifico Centrale, fanno aumentare la SST nella regione Niño 3.4, ovvero generano un evento caldo (El Niño colorato in rosso). Invece, quando SOI è positivo (e la pressione atmosferica a Tahiti è maggiore di quella di Darwin) i venti soffiano da est (alisei) e, spingendo acqua più fredda verso il Pacifico Occidentale e, se sono particolarmente forti, fanno diminuire considerevolmente la SST nella regione Niño 3.4, ovvero generano un evento freddo (La Niña colorata in blu).

Piuttosto sorprendente invece è il fatto che variazioni dell'ordine di qualche grado Celsius nella temperatura della superficie del mare inneschino eventi dell'importanza del Niño e della Niña. Nella fattispecie ciò è dovuto al fatto che, col Niño e la Niña, le variazioni di temperatura sono molto ridotte ma, come si vedrà meglio nel seguito, inducono cambiamenti nella circolazione atmosferica che interessano direttamente un'area enorme nell'Oceano Pacifico e indirettamente, tutto il resto del Pianeta.

2.1 Effetti nell'Oceano Pacifico

Le diverse fasi del ciclo ENSO e i loro rispettivi effetti nell'Oceano Pacifico sono qui esaminati nell'ordine: fase neutra, fase calda (El Niño) e fase fredda (La Niña) anche se,

per continuità, le fasi calda e fredda sono necessariamente separate da una seconda fase fredda.

2.1.1 Effetti durante la fase neutra

Come si è già osservato durante la fase neutra, schematizzata nella Figure 5 in alto, la temperatura della superficie del mare è circa 8°C più alta nel Pacifico Occidentale rispetto al Pacifico Orientale. Lo squilibrio è causato dagli alisei, che soffiando da oriente verso occidente lungo l'equatore, "spingono" l'acqua calda del Pacifico tropicale verso l'Australia e "risucchiano", facendola risalire, l'acqua fredda e ricca di nutrienti dallo strato profondo ad est della costa nord occidentale del Sud America.

Per conservare la massa, la corrente superficiale deve essere accompagnata da una controcorrente in profondità che va nella direzione opposta. Il "motore" di tale controcorrente è l'evaporazione dell'acqua nella zona più calda del Pacifico Occidentale nella quale, di conseguenza, si hanno aumenti della salinità e della densità. (Con l'aumentare della salinità cresce anche la densità: si pensi al mar Morto). Infatti ad Occidente, l'acqua superficiale, diventata più densa a causa dell'aumentata salinità, può inabissarsi e ritornare in profondità. In coerenza il "termoclino" (ovvero il sottile strato di separazione tra acqua calda rimescolata di superficie e acqua fredda di profondità), assume un andamento inclinato con lo spessore "caldo" che va assottigliandosi dai 150 metri circa ad ovest (dove ha luogo l'evaporazione) ai 30 metri circa ad est (dove ha luogo la risalita dell'acqua fredda).

Evidentemente, la temperatura della superficie del mare influenza la temperatura dell'aria. Infatti, nell'atmosfera l'aria sale a ovest dove le acque superficiali oceaniche sono più calde, e ridiscende ad est, dove le acque superficiali sono più fredde. Si crea così una Cella di Walker nella quale la pressione atmosferica in superficie è bassa ad ovest ed alta ad est mentre, ai limiti della troposfera, la situazione si inverte con l'alta pressione ad ovest e la bassa pressione a est. Nel corso della risalita ad ovest, l'aria calda e ricca di umidità si raffredda liberandosi per condensazione del vapore in eccesso e dando origine così ad una zona di precipitazioni continue appena al largo delle coste occidentali.

2.1.2 Effetti durante la fase calda

Durante la fase calda dell'ENSO, chiamata "El Niño" e schematizzata nella Figura 5 al centro, l'andamento della pressione atmosferica sulla superficie del mare cambia. La pressione a Darwin in Australia diventa più alta rispetto a quella di Tahiti e nella zona occidentale del Pacifico gli alisei lasciano spazio a venti occidentali che soffiano dall'Australia verso Tahiti. Al largo del Sud America, invece, gli alisei restano ma si attenuano considerevolmente, e con essi diminuiscono il flusso d'acqua trasportato verso ovest e la risalita in superficie di acqua fredda profonda ricca di nutrienti. In questo modo, la temperatura media della superficie del mare aumenta inducendo cambiamenti corrispondenti nell'atmosfera. Infatti, la Cella di Walker viene sconvolta al punto che le precipitazioni aumentano nel Pacifico Centrale e diminuiscono fin quasi a scomparire nel Pacifico Occidentale.

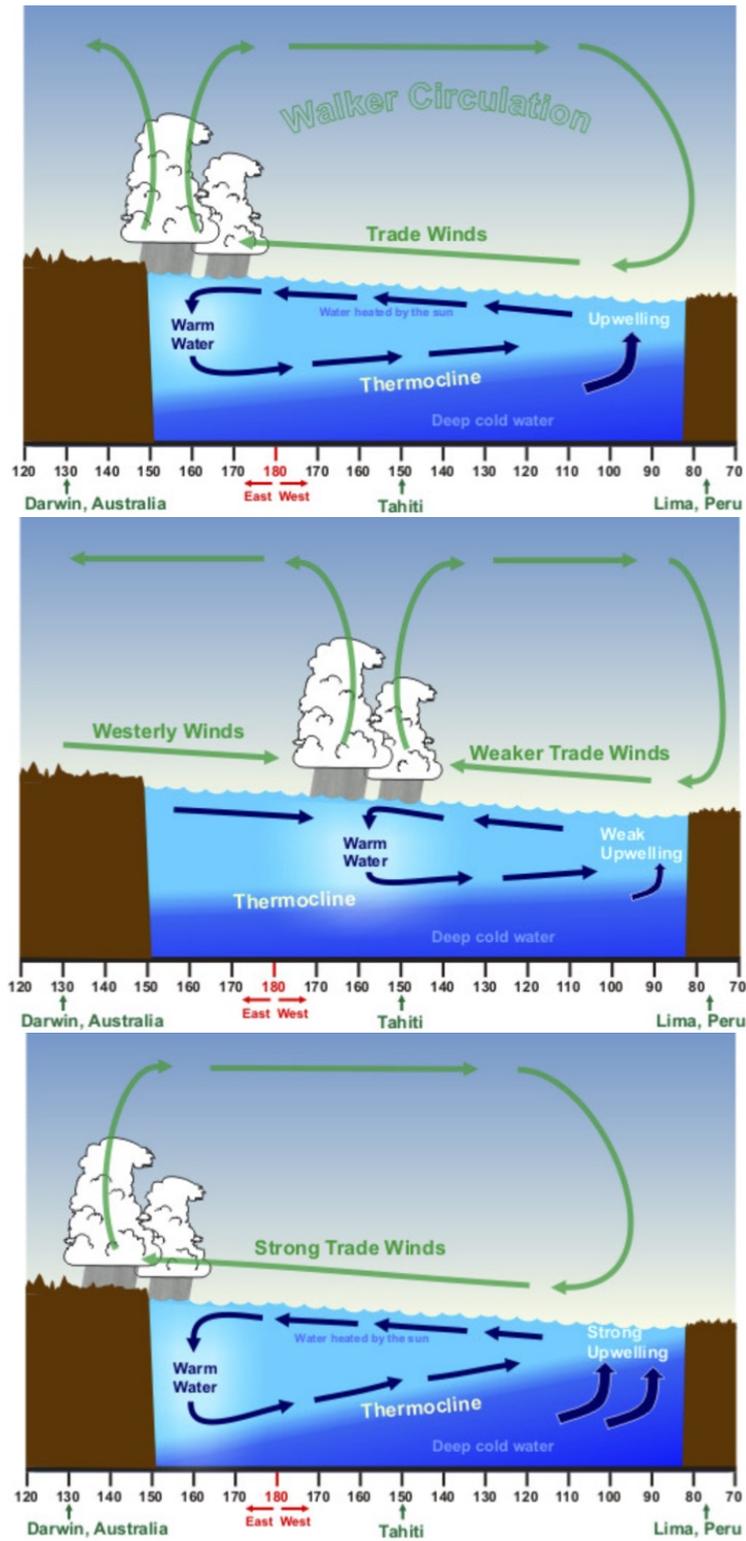


Figura 5: Ciclo ENSO con fase neutra sopra, fase calda (El Niño) al centro e fase fredda (La Niña) sotto [NOAA].

(L'arresto della risalita di acqua fredda ricca di nutrienti durante gli eventi caldi, che in Perù iniziano spesso nel periodo natalizio, ha spinto i pescatori locali, già nel 1600, a chiamare ironicamente "El Niño", cioè Il Bambinello, un evento che "come regalo" faceva crollare le catture di pesce. A quel punto, per simmetria, gli stessi pescatori dovevano chiamare "La Niña", cioè la bambina, l'evento freddo.)

2.1.3 Effetti durante la fase fredda

Come si è già osservato, alla fase calda segue una fase neutra e, generalmente, anche una fase fredda, chiamata "La Niña" e schematizzata nella Figura 5 in basso. Durante il ritorno alla fase neutra, la pressione atmosferica sulla superficie del mare torna ad essere più bassa a Darwin e più alta a Tahiti. Se poi la fase neutra è seguita dalla fase fredda il dislivello delle pressioni tra il valore basso a Darwin ed alto a Tahiti aumenta ulteriormente intensificando gli alisei rispetto alla fase neutra. Di conseguenza aumentano le quantità d'acqua spinta verso ovest e, quindi, di acqua fredda profonda che risale ad est della costa nord occidentale del Sud America. La temperatura media del mare diminuisce considerevolmente rinforzando la Cella di Walker e portando fin sulla coste occidentali la zona di precipitazioni continue.

2.2 Successione dei cicli di ENSO

In letteratura vi è concordanza sul fatto che ENSO sia un fenomeno ciclico naturale dipendente dalle interazioni accoppiate dell'Oceano e dell'atmosfera nel Pacifico Equatoriale. Invece, per quanto riguarda l'inizio e la fine di un singolo ciclo esistono spiegazioni diverse la più semplice delle quali, discussa nel seguito, è che ENSO non inizi e non finisca mai in quanto sarebbe un "processo continuo caratterizzato da oscillazioni a frequenza variabile del sistema accoppiato oceano-atmosfera". Per questo motivo, nel seguito non si parla di inizio e fine ma ci si limita ad analizzare i meccanismi che presiedono all'alternanza delle diverse fasi.

2.2.1 Dalla fase neutra alla Niña

In precedenza si è visto che, in assenza del Niño, sia la corrente marina superficiale spinta dagli alisei sia i venti nella zona inferiore della Cella di Walker, mossi dalle differenze di temperatura, vanno da est verso ovest e, di conseguenza, si rinforzano a vicenda. Pertanto, già nella fase neutra si è in presenza di una "retroazione", in inglese "feedback", positiva che, come tale, amplifica la tendenza iniziale ma, evidentemente, non può amplificarla senza limiti. In questo caso, ad esempio, il rinforzo della corrente superficiale, accompagnato dall'aumento della portata di acqua fredda di risalita, fa semplicemente passare dalla fase neutra alla fase fredda Niña.

(Un chiaro esempio di feedback positivo: il rinforzo dei venti da est ad opera della Cella di Walker, mossa dalla differenza di temperatura, aumenta la risalita di acqua fredda e, quindi, la differenza di temperatura che rinforza i venti della Cella di Walker...e così via, in un "loop" con feedback positivo).

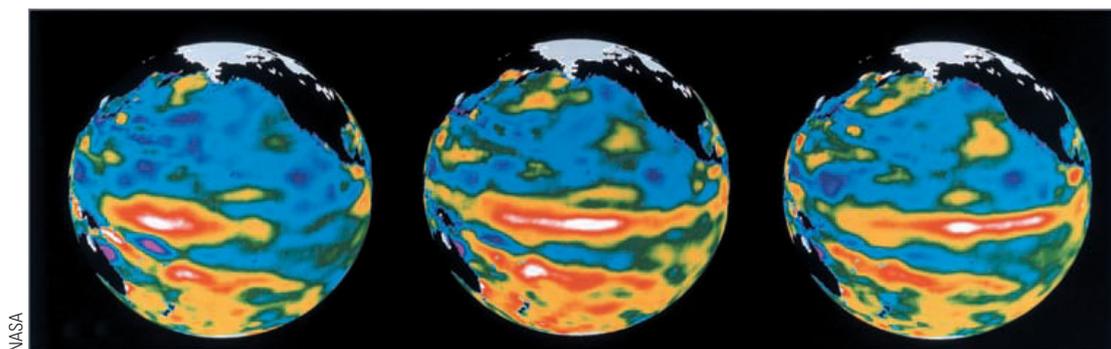


Figura 6: Onda Equatoriale di Kelvin in movimento da ovest a est nel periodo marzo - aprile 1997. Nelle immagini, il bianco e il rosso indicano innalzamenti di livello pari a 20 e 10 cm rispettivamente [NASA].

2.2.2 Dalla Niña al Niño ripassando per una fase neutra

Durante la Niña, il feedback positivo continua e, questa volta, porta a una situazione di instabilità nella quale la pendenza del termoclino diventa eccessiva. A causa del termoclino troppo profondo ad ovest e troppo vicino alla superficie ad est, si innesca una serie di “Onde Equatoriali di Kelvin” che tendono a ristabilire una pendenza di equilibrio trasportando energia da ovest ad est e riducendo così la differenza di temperatura motrice degli alisei e, quindi, causa della pendenza stessa.

Le onde di Kelvin, fotografate nella Figura 6, non sono facili da rilevare in quanto si innalzano solo pochi centimetri dalla superficie ma, in compenso, sono larghe centinaia di chilometri e, in profondità, interessano tutto lo spessore del termoclino. Pertanto non è sorprendente che esse siano in grado di trasportare le quantità di energia necessarie a riequilibrare la temperatura superficiale dell’Oceano e a ridurre l’intensità degli alisei.

In questo modo, però, le onde di Kelvin riducono anche la portata di acqua fredda di risalita facendo aumentare le temperature superficiali. A causa della nuova distribuzione delle temperature, gli alisei si attenuano considerevolmente nel Pacifico Orientale, mentre nel Pacifico Occidentale vengono addirittura sostituiti da venti diretti verso est innescati dal passaggio di una serie di tempeste tropicali: le Oscillazioni di Madden - Julian (MJO), schematizzate nella Figura 7. (Le MJO sono così chiamate in onore dei meteorologi Roland Madden e Paul Julian che le hanno scoperte nel 1971).

Non ultima conseguenza, la Cella di Walker viene sconvolta al punto che la zona delle precipitazioni convettive si sposta dall’Australasia al centro del Pacifico. Non a caso, quindi, le Oscillazioni di Madden - Julian, insieme alle Onde Equatoriali di Kelvin, vengono considerate dai meteorologi i più importanti segnali premonitori per l’arrivo della fase calda del Niño.

2.2.3 Dal Niño alla fase neutra

Come si è detto, durante la fase calda del Niño la corrente di risalita è praticamente assente. Di conseguenza la temperatura della superficie dell’Oceano tende ad aumentare

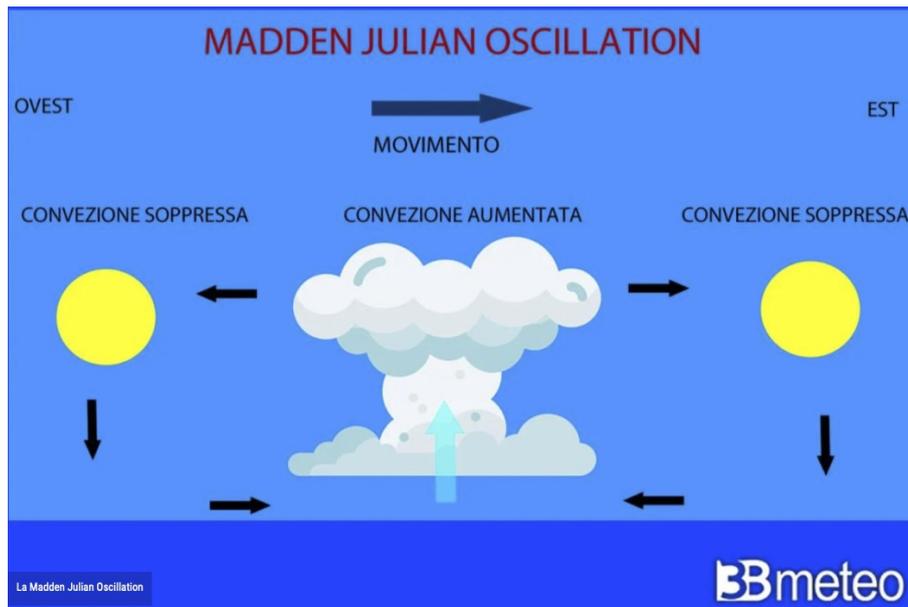


Figura 7: Spostamento delle precipitazioni convettive dall’Australasia al centro dell’Oceano Pacifico Equatoriale facilitato delle Oscillazioni di Madden - Julian. [3Bmeteo]

soprattutto nella zona Centro Orientale (come si è visto nella Figura 5). La ragione di questa dissimmetria tra Oriente e Occidente è semplice: a ovest l’Oceano Pacifico comunica con l’Oceano Indiano (ovvero con un bacino d’acqua di enorme capacità termica), mentre ad est trova il territorio del Sud-America che ha una capacità termica ridotta e forma una barriera invalicabile. D’altra parte, se la temperatura dell’Oceano al largo dell’America Meridionale cresce troppo, aumenta anche la dispersione convettiva verso l’atmosfera e, in aggiunta, possono innescarsi due correnti calde divergenti che portano acqua calda dall’equatore ai poli procedendo lungo le coste del Nord e Sud America. In questo modo, quindi, il Niño tende ad attenuarsi fino a lasciare il posto ad una nuova fase neutra.

2.2.4 Problemi aperti

Descritto in termini qualitativi, ENSO sembra un fenomeno facilmente prevedibile. In realtà non è così, in quanto, vi sono ancora (2023) molte domande senza risposta che riguardano, ad esempio, la irregolarità della durata del ciclo (da due a sette anni), l’entità delle oscillazioni di temperatura, le interazioni con le Onde di Kelvin e le Oscillazioni di Madden - Julian. Domande di questo tipo hanno dato vita ad importanti aree di ricerca che potrebbero portare alle auspiccate “previsioni dinamiche”. Nell’attesa, però, i meteorologi si concentrano su “previsioni statistiche” basate su un attento monitoraggio dei fenomeni precursori del tipo delle già citate Onde di Kelvin e Oscillazione di Madden - Julian.

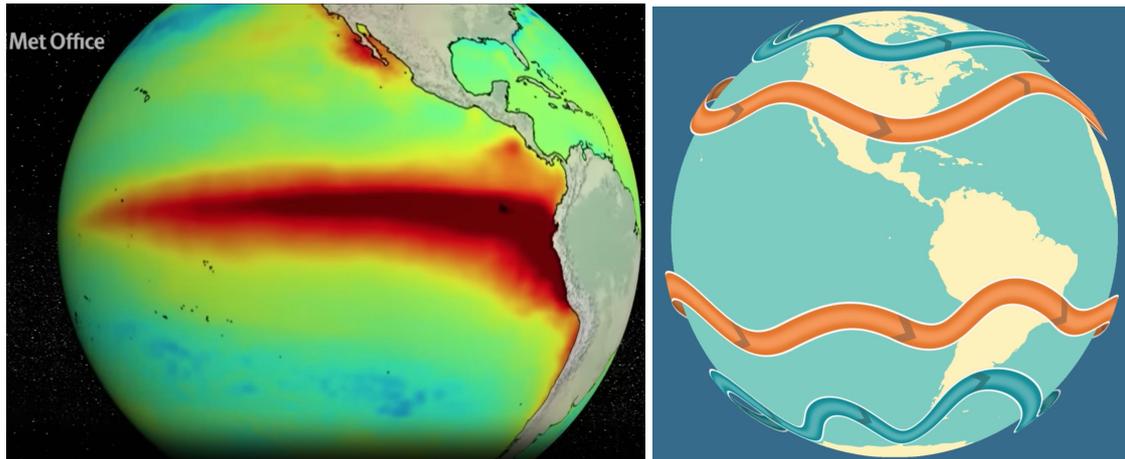


Figura 8: A sinistra: estensione geografica del riscaldamento causato dal Niño nell'Oceano Pacifico. A destra: correnti a getto subtropicali e polari nei due emisferi. [Met Office]

3 Teleconnessioni

In meteorologia, le “teleconnessioni” indicano legami tra eventi climatici che interessano località distanti tra loro anche migliaia di chilometri. L'esempio più importante di teleconnessione, citato come tale nelle previsioni dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale per il prossimo quinquennio, è proprio l'influenza del Ciclo ENSO sul clima globale. A questo punto, allora, è stimolante chiedersi come il Niño, il cui arrivo nel Pacifico Equatoriale è previsto per gli ultimi mesi del 2023, dopo solo alcuni mesi di operatività, possa rendere il 2024 l'anno più caldo, sia del prossimo quinquennio sia di sempre, nell'intero Pianeta.

In primo luogo, come già osservato, El Niño riscalda e movimenta enormi quantità d'acqua. (Un'idea abbastanza precisa dell'estensione del tratto di mare riscaldato si può ricavare dall'immagine riportata nella Figura 8 a sinistra). A causa poi dell'accoppiamento termico tra mare ed atmosfera, anche l'atmosfera di buona parte della zona tropicale del Pacifico viene riscaldata, aumentando la differenza di temperatura nell'atmosfera tra l'equatore e i tropici.

Tale aumento sposta verso i poli le correnti a getto schematizzate nella Figura 8 a destra e, nel nostro emisfero, spinge verso il polo nord l'aria equatoriale ulteriormente riscaldata dal Niño. Come illustrato nella Figura 9, quando quest'aria equatoriale incontra la corrente a getto subtropicale forma dei promontori “anticiclonici” e, allo stesso tempo, favorisce il richiamo di aria fredda dal nord per occupare le confinanti saccature “cicloniche”.

(Una trattazione più estesa, ma ugualmente semplice, delle correnti a getto si può trovare nel post “Le correnti a getto nelle estati calde” pubblicato dall'autore nel novembre 2022).

Poiché le correnti a getto viaggiano intorno al Mondo spostandosi sempre verso est, le perturbazioni anticicloniche e cicloniche, nate nel Pacifico Equatoriale ma associate alla corrente a getto subtropicale, vengono trasportate a grandissime distanze e, in questo

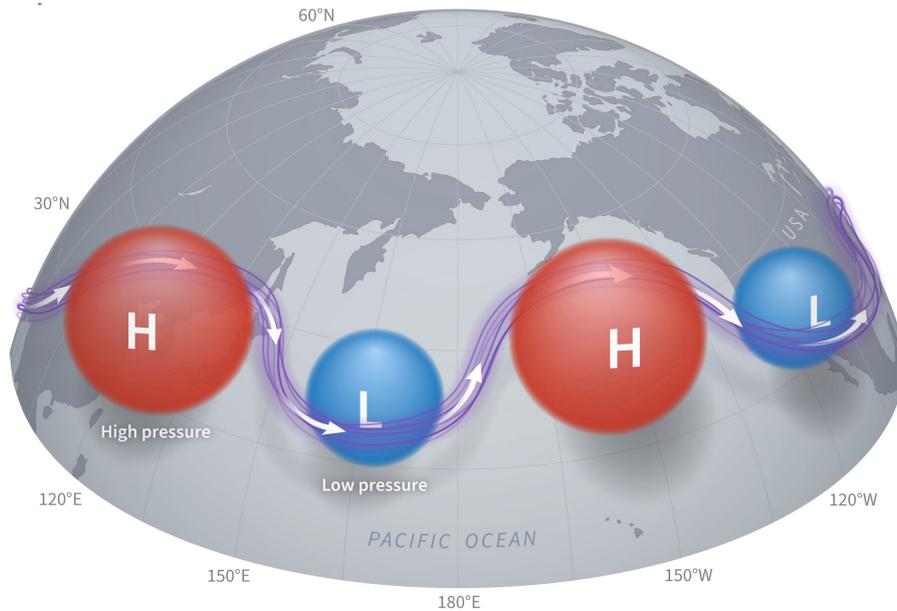


Figura 9: Quando l'aria calda equatoriale associata al Niño incontra la corrente a getto sub-tropicale forma dei promontori anticiclonici e favorisce il richiamo di aria fredda polare per occupare le saccature cicloniche. [NOAA].

modo, possono influenzare il clima dell'intero pianeta. (Evidentemente, nell'emisfero meridionale si ha una situazione simmetrica, con l'aria equatoriale ulteriormente riscaldata dal Niño, che spinge verso il polo sud le correnti a getto di quell'emisfero).

A causa del riscaldamento globale in corso nel Pianeta, vi sono forti preoccupazioni per gli ulteriori aumenti di temperatura che potrebbero essere associati al Niño in arrivo. Ovviamente questi aumenti non sono certi perché, come si è osservato più volte, gli eventi climatici di breve termine sono essenzialmente casuali. Inoltre, come si è detto, i meteorologi non sono ancora in grado di prevedere la durata e l'intensità della prossima fase calda del Ciclo ENSO ma certamente il rischio di un 2024 torrido non è trascurabile.

Bibliografia

C.D. Ahrens e R. Henson, *Meteorology Today - An Introduction to Weather, Climate and the Environment -13^a ed.*, Cengage, Boston, Ma., 2022.

G. Comini e M. Libralato, *Il Cambiamento Climatico - Il Punto di Vista Fisico-Tecnico, Nuova Edizione*, libreriauniversitaria.it edizioni, Padova, 2022.

G. Comini, *Le correnti a getto nelle estati calde*, CISM, novembre 2022.

H. Fountain, *El Niño and La Niña, Explained*, New York Times, 22 ottobre 2021.

J. Gottschalk, *What is the MJO, and why do we care?*, ENSO Blog, NOAA, Visto il 19 giugno, 2023.

D.L. Hartmann, *Global Physical Climatology - II ed.*, Elsevier, Amsterdam, 2016.

J. Marshall e R.A. Plumb, *Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics*, Elsevier Academic Press, Oxford, 2012.

Meteo Expert, *Manuale di Meteorologia*, Alpha Test, Milano, 2019.

Met Office, *El Niño Southern Oscillation (ENSO) regional sea surface temperature forecasts*, visto il 5 maggio 2023.

NOAA, *Effects of ENSO in the Pacific*, visto il 20 maggio 2023.

R. Stull, *Practical Meteorology - An Algebra - based Survey of Atmospheric Science*, The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2017.

P. Trascasa-Castro, *Four possible consequences of El Niño returning in 2023*, University of Leeds, UK, Visto il 19 maggio 2023.

K.E. Trenberth, *El Niño Southern Oscillation (ENSO)*, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA, Collana “Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences”, Elsevier, 2013.

G.K. Vallis, *Essentials of Atmospheric and Oceanic Dynamics*, Cambridge University Press, Cambridge, 2022.

T. Woollings, *Jet Stream - A Journey Through our Changing Climate*, Oxford University Press, Oxford, 2020.

World Meteorological Organization, *WMO Global Annual to Decadal Climate Update - Target years: 2023 and 2023-2027*, Visto il 20 giugno 2023.

World Meteorological Organization, *Global temperatures set to reach new records in next five years*, Press Release Number: 17052023, Pubblicato il 17 maggio 2023.

B. Zavadoff e M. Arcodia, *What are teleconnections? Connecting Earth’s climate patterns via global information superhighways*, ENSO Blog, NOAA, Visto l’8 maggio 2023.