

# Corso di Oceanografia Polare

6 CFU

48 Ore

SSD GEO/12

**Docenti**

**Prof. Yuri Cotroneo**

**Prof. Pasquale Castagno**

[Teleconnessioni ed indici di variabilità  
atmosferica](#)



# TELECONNESSIONI

**Le anomalie della Circolazione Generale dell'Atmosfera avvengono, anche e soprattutto, per mezzo di grandi fenomeni climatici che tendono a manifestarsi periodicamente. Tali fenomeni vengono descritti e rappresentati per mezzo delle TELECONNESSIONI (TLC).**

**Due punti dell'atmosfera si dicono TELECONNESSI se i parametri meteo associati, quali ad esempio pressione e/o temperatura, sono tra loro correlati o anticorrelati nel tempo, cioè variano in fase o in opposizione di fase tra loro, evidenziando appunto una stretta correlazione statistica.**

<b>Climate Mode</b>	<b>Acronym</b>	<b>Approximate Timescale</b>
Atlantic Meridional Mode	AMM	Interannual
Atlantic Niño	—	Interannual
Arctic Oscillation (also called Northern Annular Mode) and the closely related North Atlantic Oscillation	AO (NAM) NAO	Decadal
East Atlantic Pattern	EAP	Decadal
Atlantic Multidecadal Oscillation	AMO	Multidecadal
El Niño-Southern Oscillation (Southern Oscillation Index)	ENSO (SOI)	Interannual
Pacific Decadal Oscillation (closely related: North Pacific Index and Pacific North American teleconnection)	PDO (NPI) (PNA)	Decadal
North Pacific Gyre Oscillation	NPGO	Decadal
Indian Ocean Dipole mode	IOD	Interannual
Antarctic Oscillation (also called the Southern Annular Mode)	AAO (SAM)	Decadal

**La dinamica della TLC è ciclica e ad ogni fase si associano delle condizioni atmosferiche caratteristiche con effetti sulle condizioni meteo-climatiche a scala regionale, emisferica o addirittura globale.**

**Le Teleconnessioni infatti sono capaci di modulare ad esempio la posizione, intensità e la traiettoria dei sistemi di alta e bassa pressione; dei flussi di calore verso i poli; degli scambi di vapore e quantità di moto.**

**Ogni Teleconnessione dunque indica una particolare configurazione barica.**

**La sua evoluzione temporale, nonché le sua fasi sono espresse e quantificate da un INDICE che prende il nome di INDICE TELECONNETTIVO.**

**La corretta interpretazione degli Indici Teleconnettivi costituisce un importante aiuto per l'individuazione anticipata di tendenze meteo-previsionali a lungo termine in quanto alcuni di questi indici sono strettamente connessi tra di loro.**

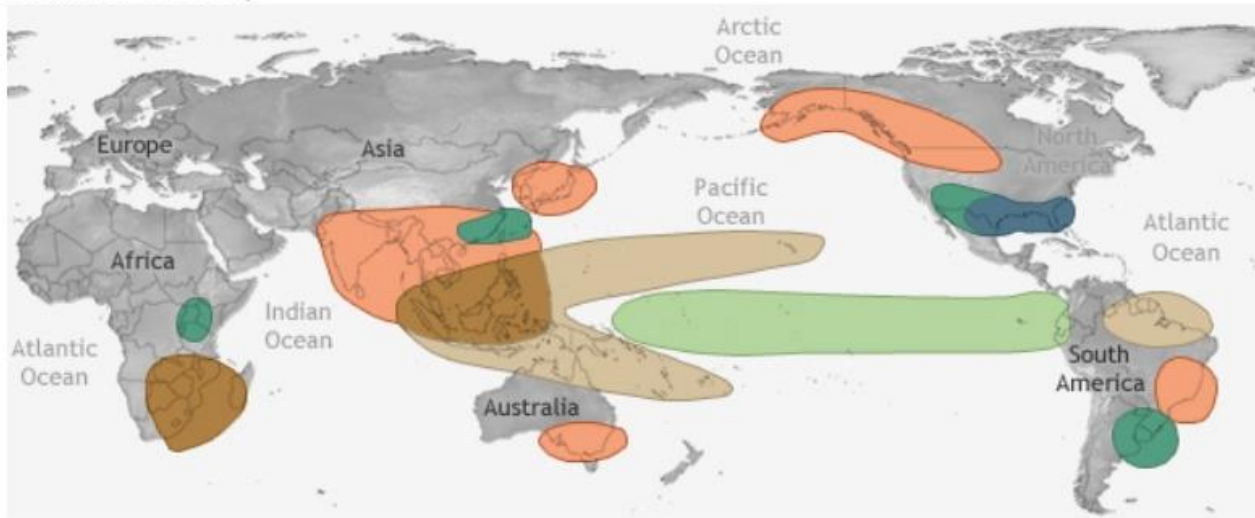
**Con il termine teleconnessioni atmosferiche, nelle scienze dell'atmosfera, ci si riferisce a “pattern” atmosferici, ovvero degli schemi di circolazione atmosferici (altrimenti detti modi di variabilità) a bassa, media e alta frequenza. Esse sono dunque espressione di parte della variabilità meteorologica e in alcuni casi anche di variabilità climatica cui assistiamo.**

**La teleconnessione più emblematica è quella nota come ENSO, o più popolarmente El Niño: essa riguarda la temperatura superficiale del mare nell'oceano Pacifico equatoriale, ma ha ripercussioni climatiche un po' su tutto il globo.**

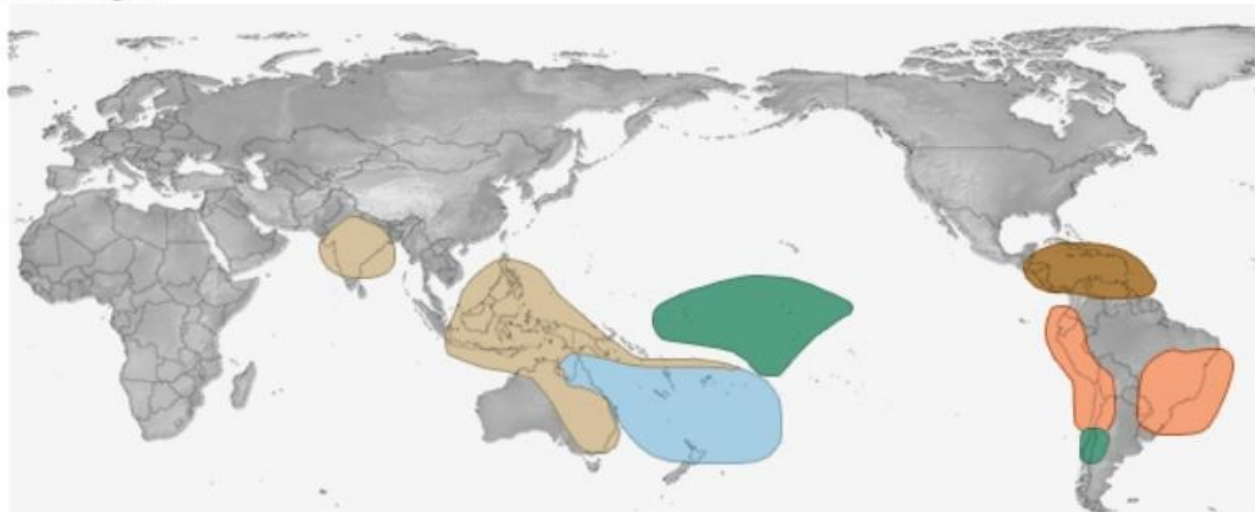
**Inoltre, essa è anche stata la prima ad essere rilevata, storicamente, fin dal 19° secolo. Nell'ultimo trentennio, la diffusione dei modelli meteoclimatici e la necessità di dover predisporre degli archivi su tutto il globo delle variabili meteorologiche ed anche di quelle relative alla superficie terrestre hanno favorito la scoperta o consentito di postularne le basi teoriche per tutta una serie di altre teleconnessioni. Tra esse, una di quelle che hanno un peso non indifferente nell'andamento meteorologico alle latitudini europee è la North Atlantic Oscillation (NAO).**

# EL NIÑO CLIMATE IMPACTS

December-February

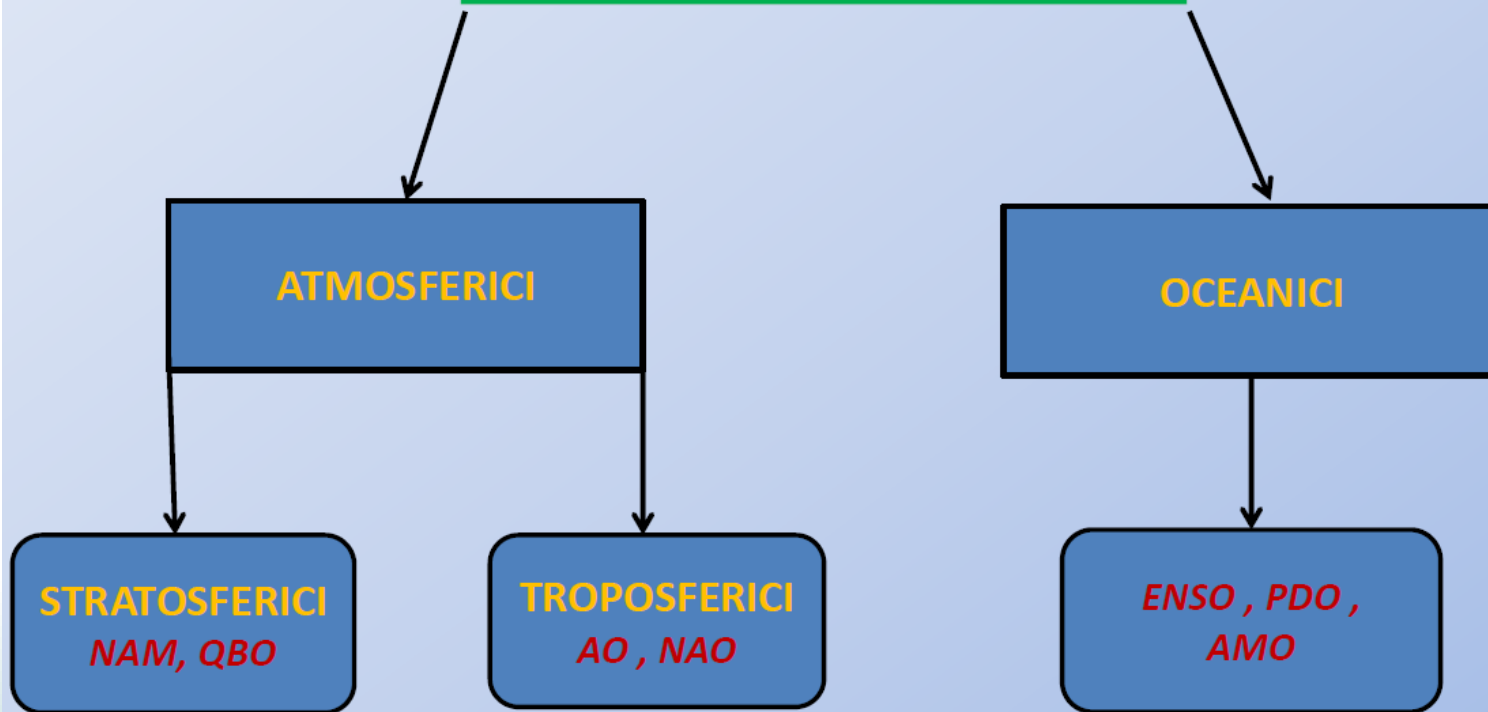


June-August





# INDICI TELECONNETTIVI

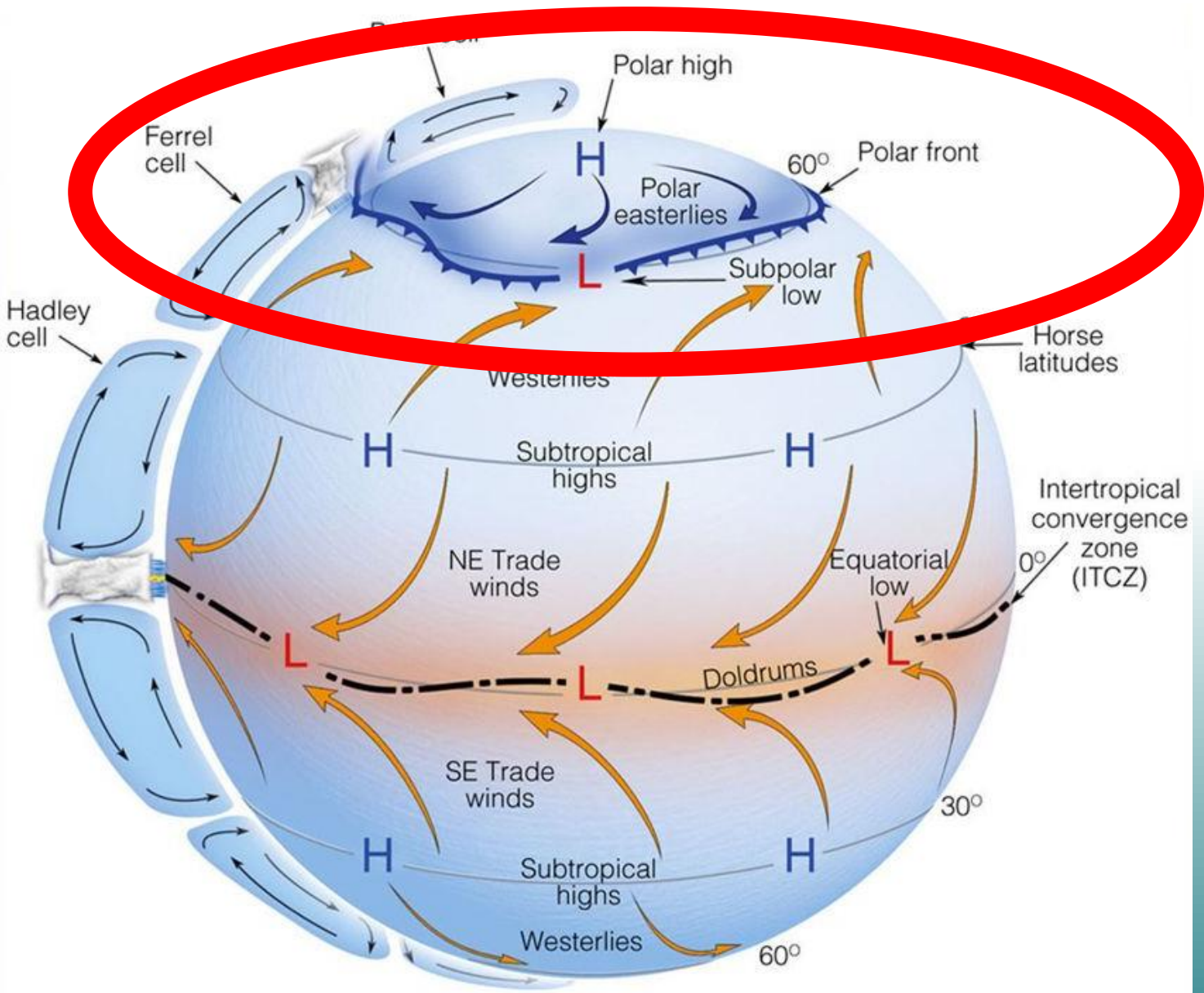


NAM - NORTH ANNULAR MODE  
QBO - QUASI-BIENNIAL OSCILLATION

ENSO - EL NINO SOUTHERN OSCILLATION  
PDO - PACIFIC DECADEAL OSCILLATION  
AMO - ATLANTIC MULTIDECADAL OSCILLATION

AO - ANTARCTIC OSCILLATION  
NAO - NORTH ATLANTIC OSCILLATION  
AAO - ANTARCTIC OSCILLATION

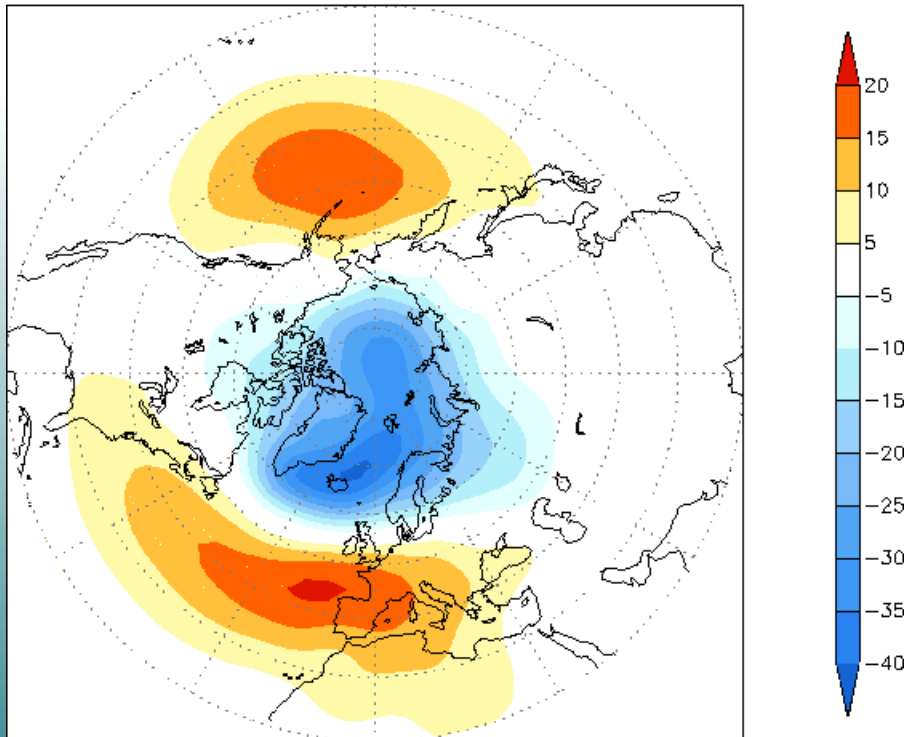
# Annular Polar Mode



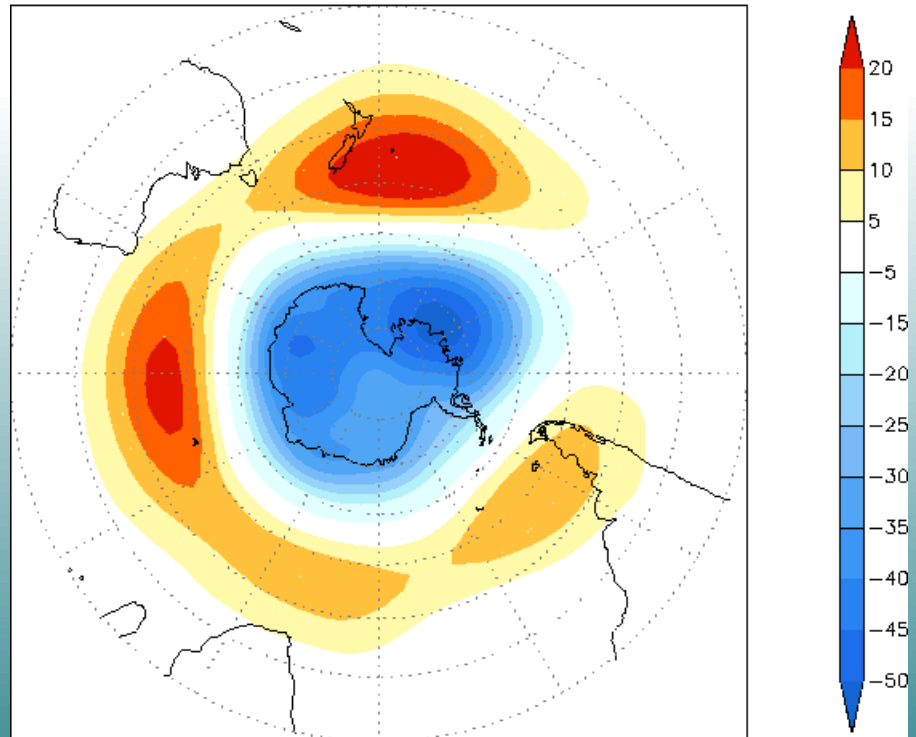
# Annular Polar Mode

The leading modes of variability of the extratropical circulation in both hemispheres are characterized by deep, zonally symmetric or “annular” structures, with geopotential height perturbations of opposing signs in the polar cap region and in the surrounding zonal ring centered near 45° latitude.

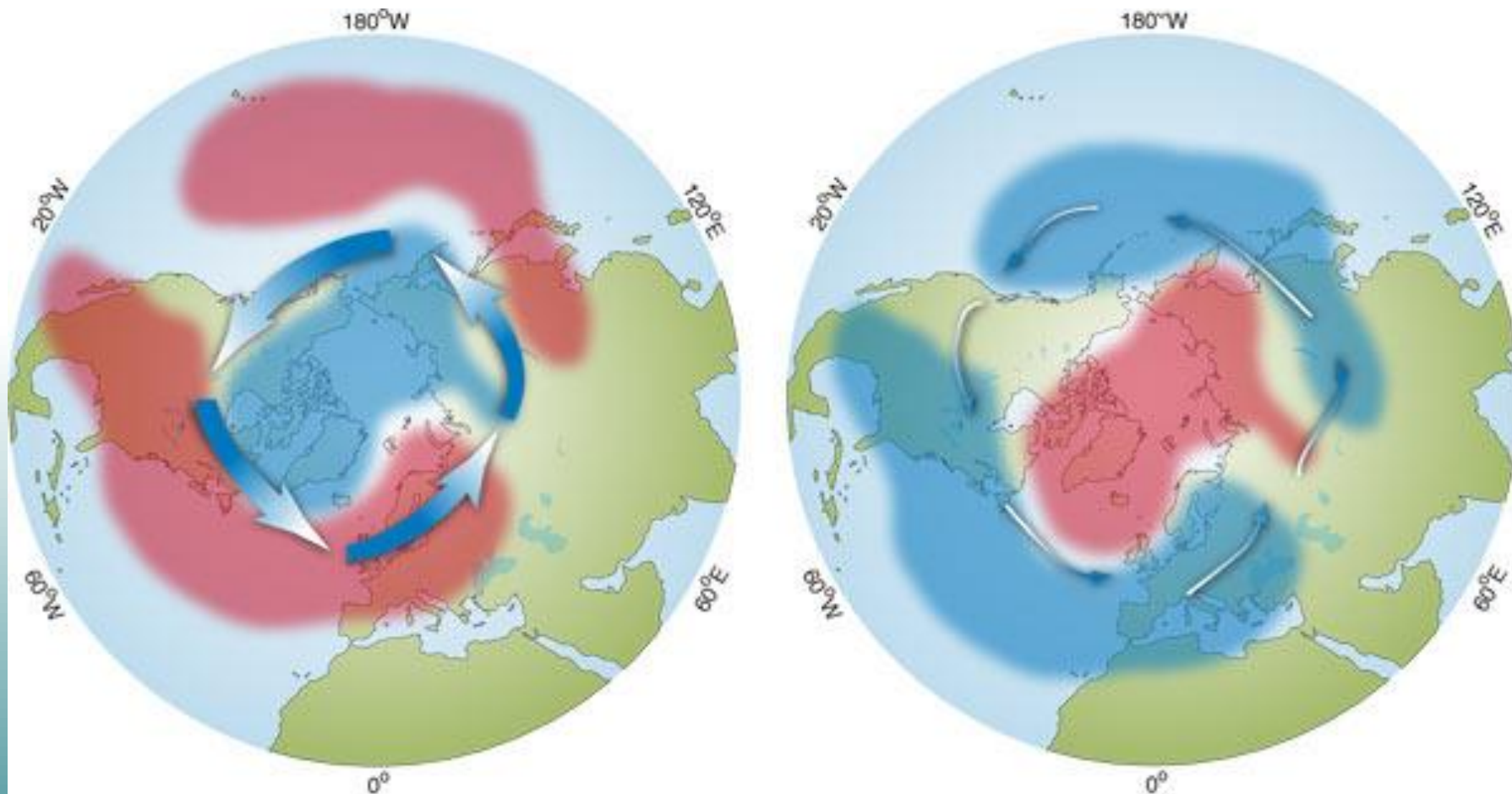
Leading EOF (19%) shown as regression map of 1000mb height (m)



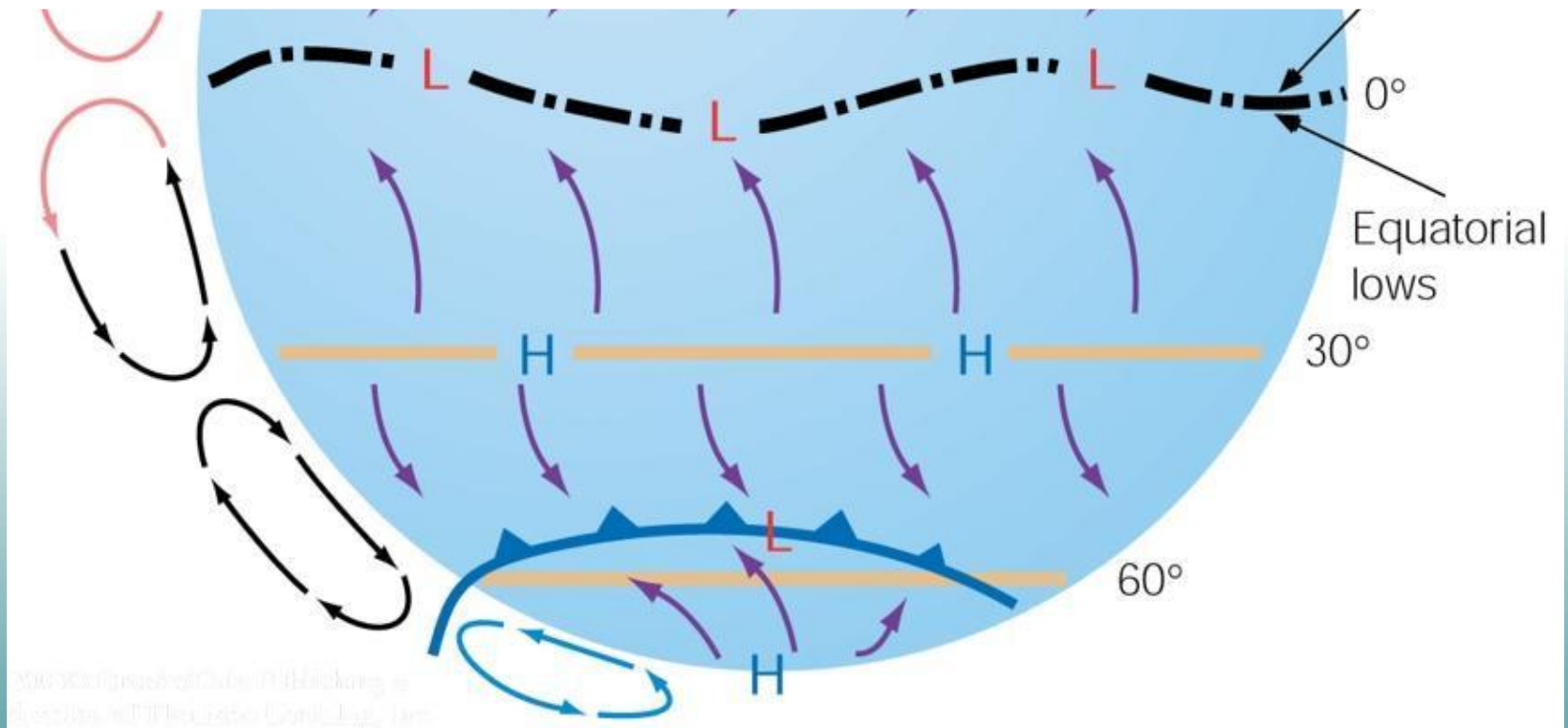
Leading EOF (27%) shown as regression map of 700mb height (m)



**Partendo dall'assunto che i venti zonali dipendono per intensità ed estensione dal gradiente di pressione tra alte e medie latitudini, ne deriva una dipendenza dei venti dal modo di variabilità anulare**

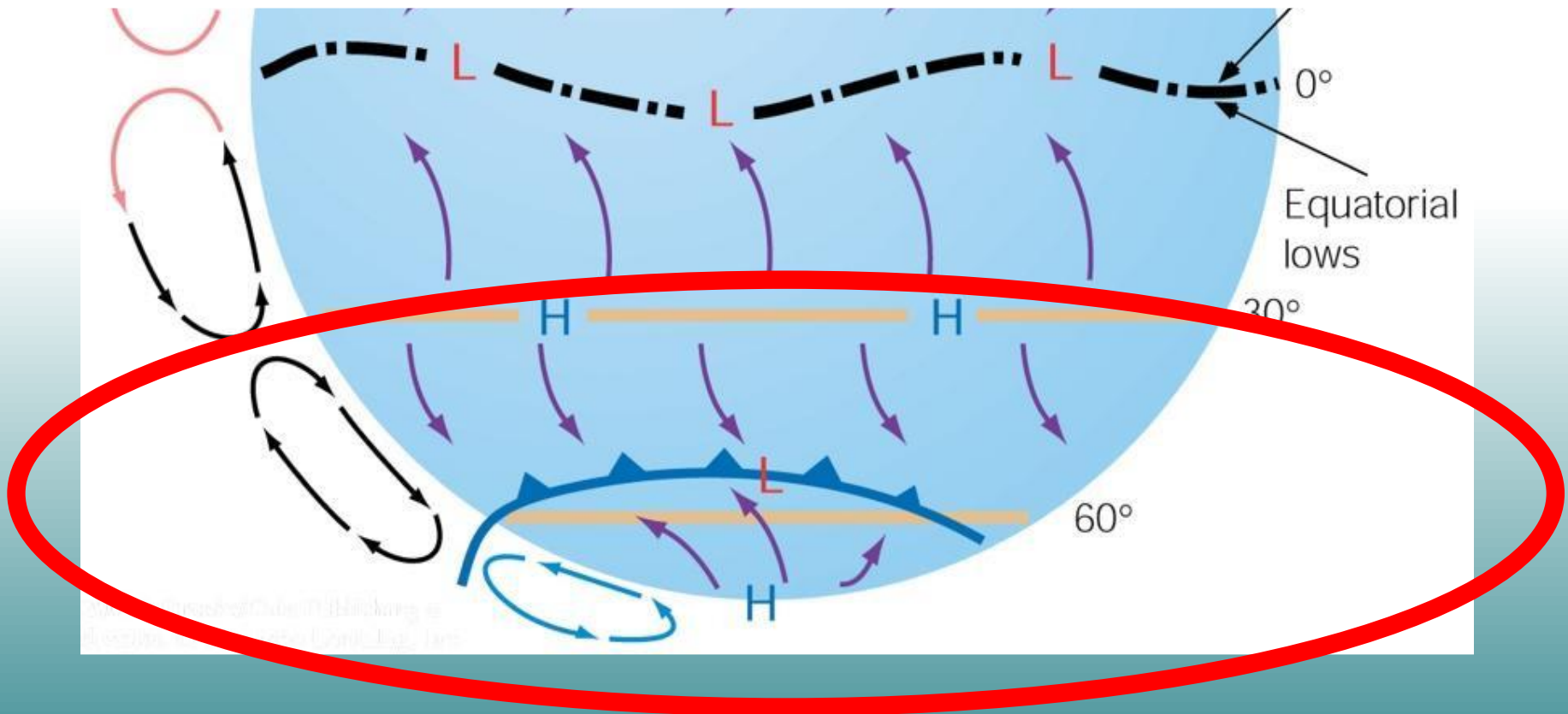


**Nell'emisfero meridionale, la variabilità atmosferica è fortemente influenzata da due importanti fenomeni, l'annular polar mode e l'enso. Questi due modi agiscono, in prima battuta su fasce latitudinali diverse, ma i loro effetti si propagano a scala emisferica e globale**





**Nel caso del Southern Annular Mode la variabilità principale è collegata alla fascia tra la zona polare e le medie latitudini**

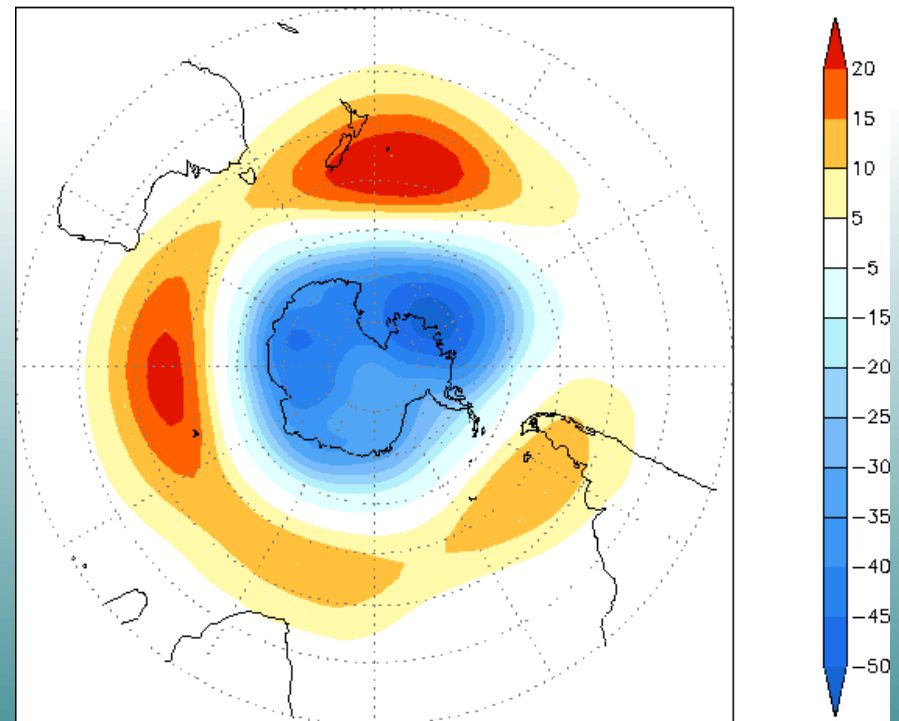


# Antarctic Oscillation - AAO

## Southern Annular Mode - SAM

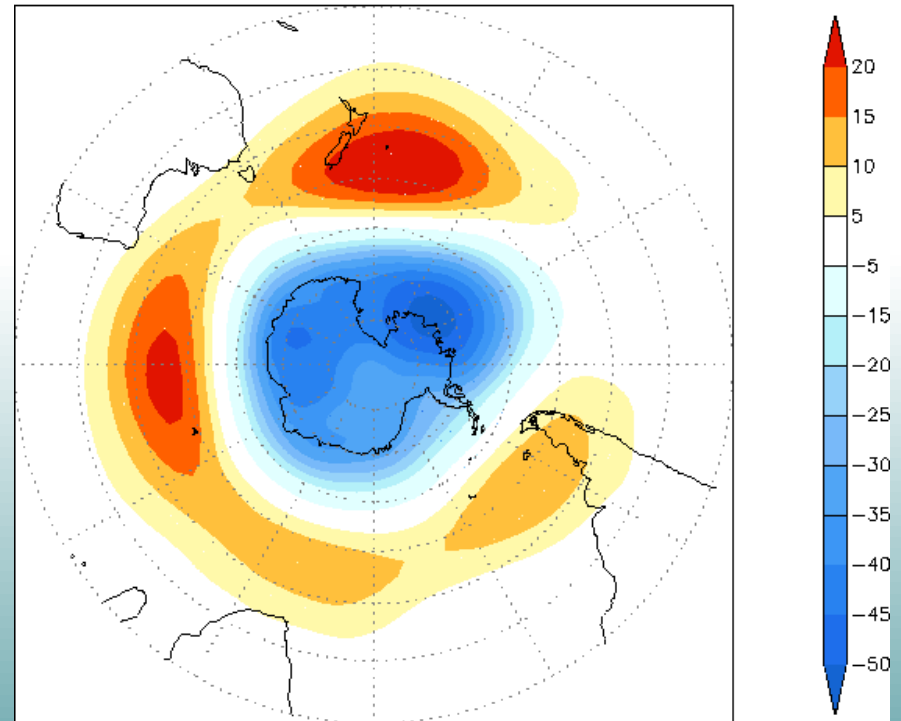
Il Southern Annular Mode, anche conosciuto come Antarctic Oscillation si manifesta nell'alternarsi a grande scala di masse atmosferiche tra le alte e le medie latitudini.

Leading EOF (27%) shown as regression map of 700mb height (m)



**Il risultato di questa oscillazione è una migrazione tra Nord e Sud della fascia dei venti occidentali dell'emisfero meridionale su scale variabili dalla stagionale alla decina e al centinaio di anni.**

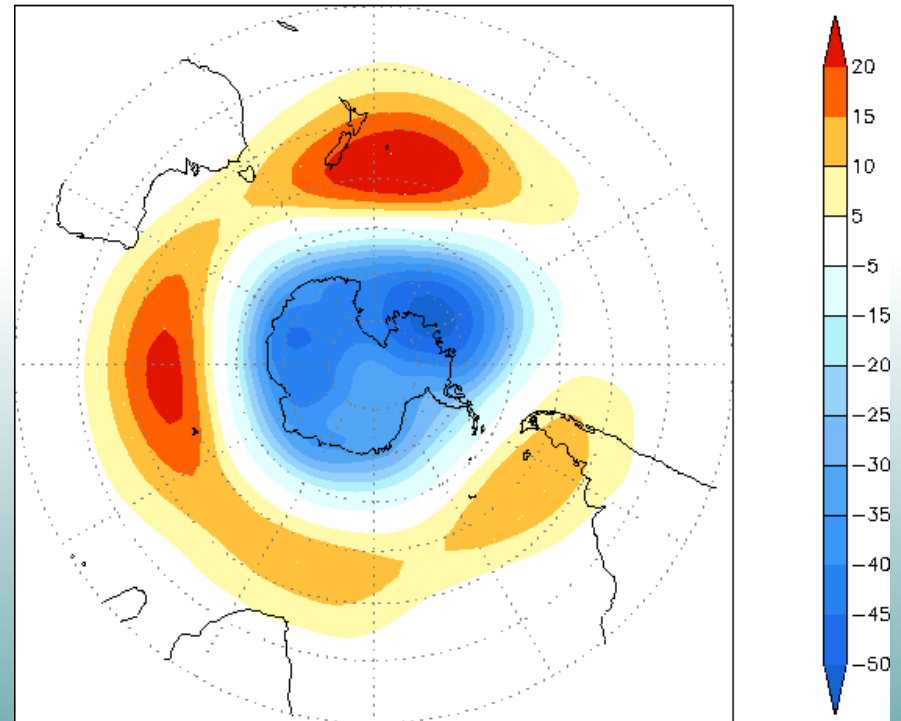
Leading EOF (27%) shown as regression map of 700mb height (m)





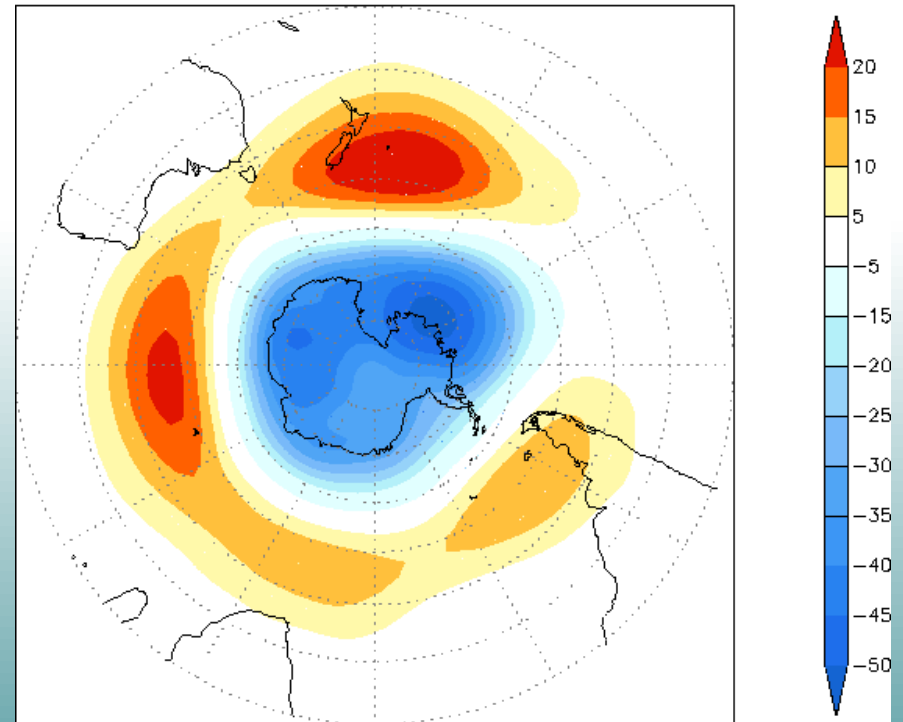
**L'intensità e la posizione dei venti, determinati dalla intensità del gradiente di pressione tra la zona polare e quella subpolare sono ben descritti dalle diverse fasi del SAM.**

Leading EOF (27%) shown as regression map of 700mb height (m)



**Le fasi di questo fenomeno possono essere rappresentate da un indice, l'AOI appunto, che è definito come la differenza tra la media zonale della pressione atmosferica al livello del mare tra i 40°S ed i 65°S.**

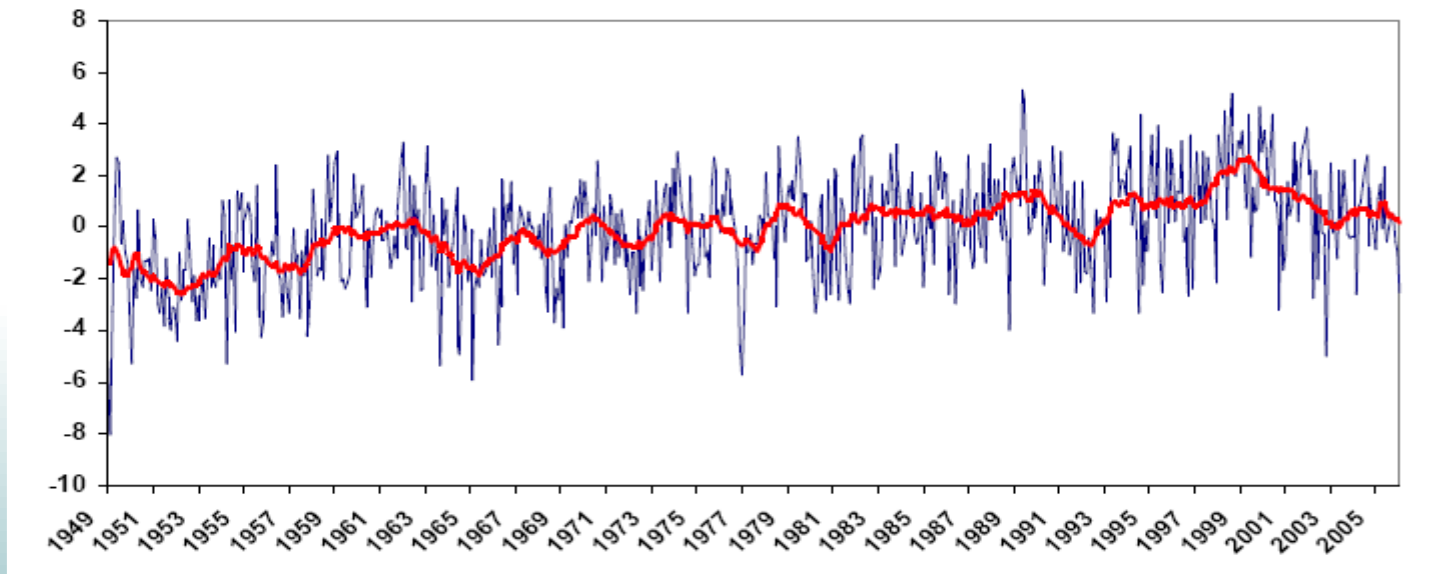
Leading EOF (27%) shown as regression map of 700mb height (m)



La definizione numerica dell'AAOI fornita da Gong and Wang (1999) è la seguente

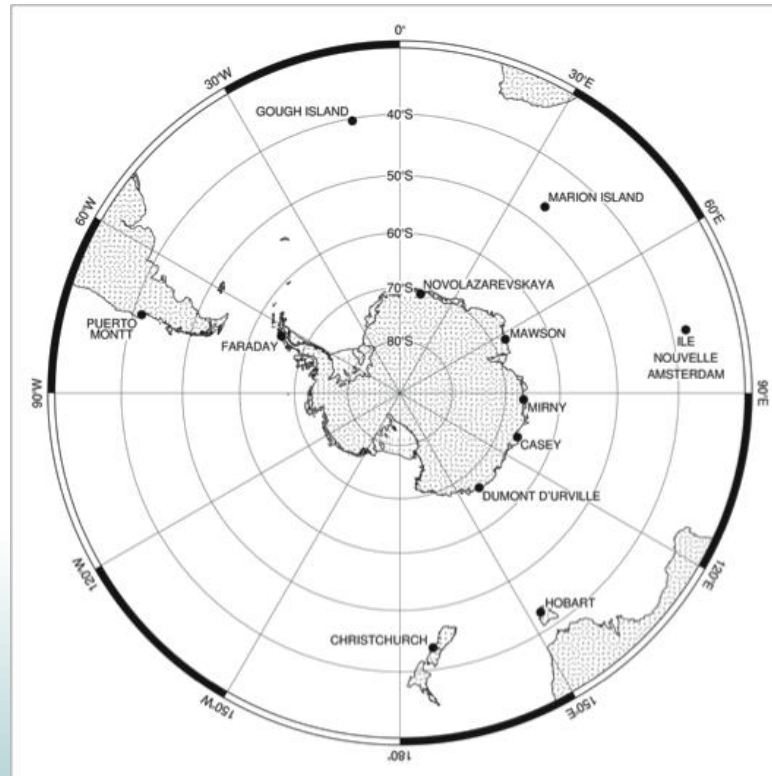
$$AAOI = P_{40^{\circ}S} - P_{65^{\circ}S}$$

Dove  $P$  è la pressione atmosferica al suolo mediata lungo la fascia dei  $40^{\circ}S$  e dei  $65^{\circ}S$



Valori positivi dell'AAOI sono associati a pressioni atmosferiche al suolo più basse alle alte latitudini rispetto a quelle registrate alle medie latitudini. Viceversa valori negativi dell'AAOI indicano pressioni atmosferiche più elevate alle alte latitudini rispetto alla fascia delle medie latitudini.

**Un altro indice comunemente utilizzato per identificare le diverse fasi della AAO è l'indice SAMI definito da Marshall (2003) sulla base di dati in situ**

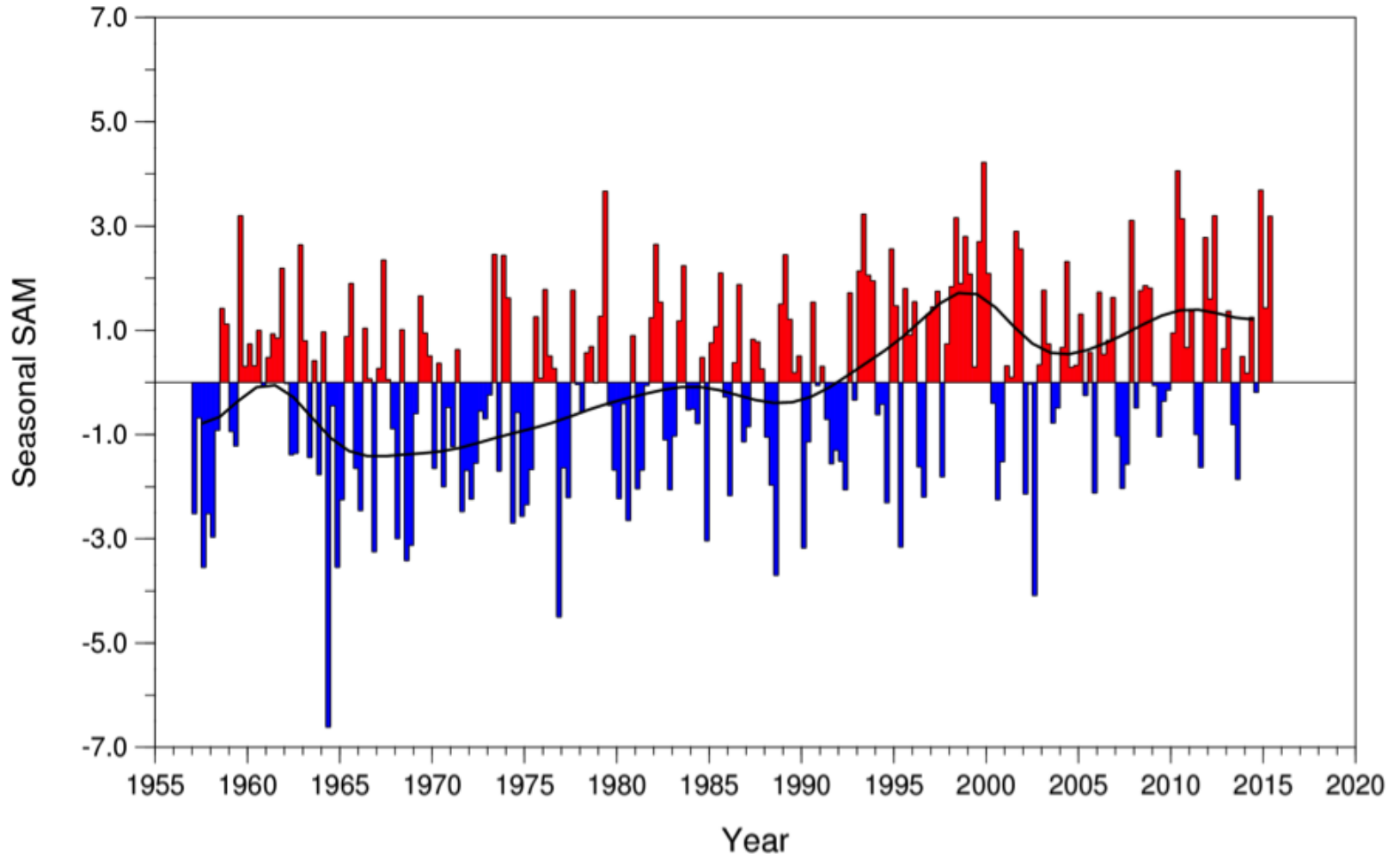


**The station-based index of the Southern Annular Mode (SAM) is based on the zonal pressure difference between the latitudes of 40°S and 65°S.**

## Key Strengths:

Long-term, consistent index based on a fixed number of stations

Avoids spurious trends in atmospheric reanalyses

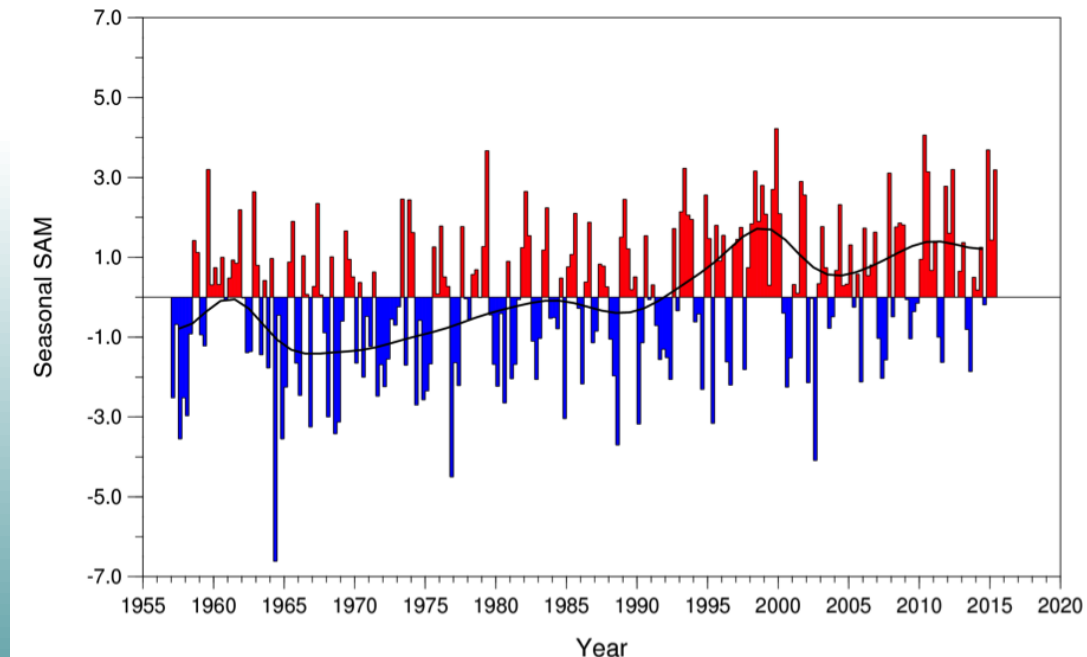


<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/marshall-southern-annular-mode-sam-index-station-based>

## Key Limitations:

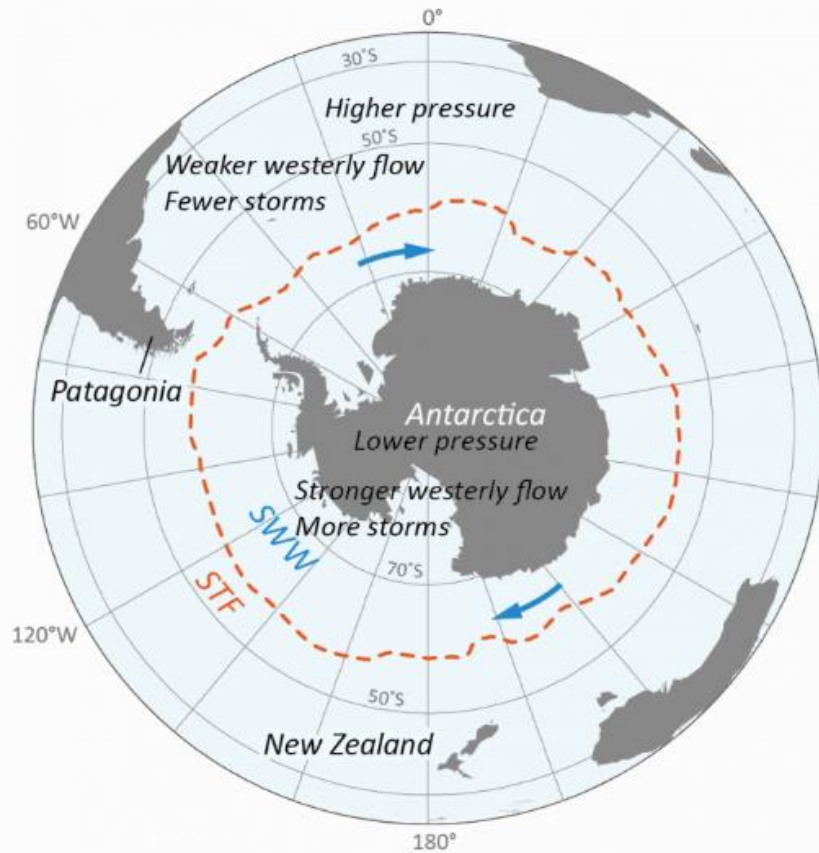
Relies on relatively few, unevenly spaced points to describe a hemispheric-scale mode of climate variability; potential to miss some variability, especially in the south Pacific

Trends in the SLP-based SAM index do not necessarily map to the kinematics of the jet (such as intensity and latitudinal position)



<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/marshall-southern-annular-mode-sam-index-station-based>

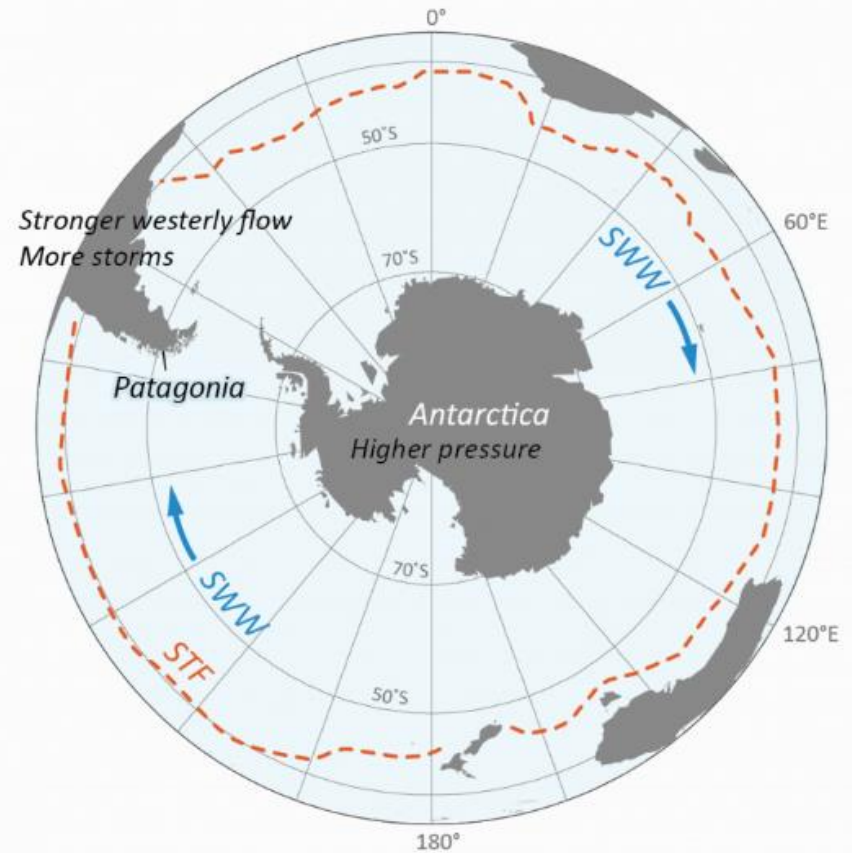
## POSITIVE SOUTHERN ANNULAR MODE



SWW and STF contract; increased wind strength

- Winds contract poleward
- Lower anomalous air pressure over Antarctica
- Patagonia warms; decreased precipitation; glaciers recede. Antarctic Peninsula warms.
- Increased CDW upwelling around West Antarctica and Antarctic Peninsula

## NEGATIVE SOUTHERN ANNULAR MODE



SWW and STF expand; SWW decreased strength

- higher anomalous air pressure over Antarctica
- Patagonia cools; increased precipitation; glaciers advance. Antarctic Peninsula cools.
- Decreased CDW upwelling in West Antarctica and Antarctic Peninsula

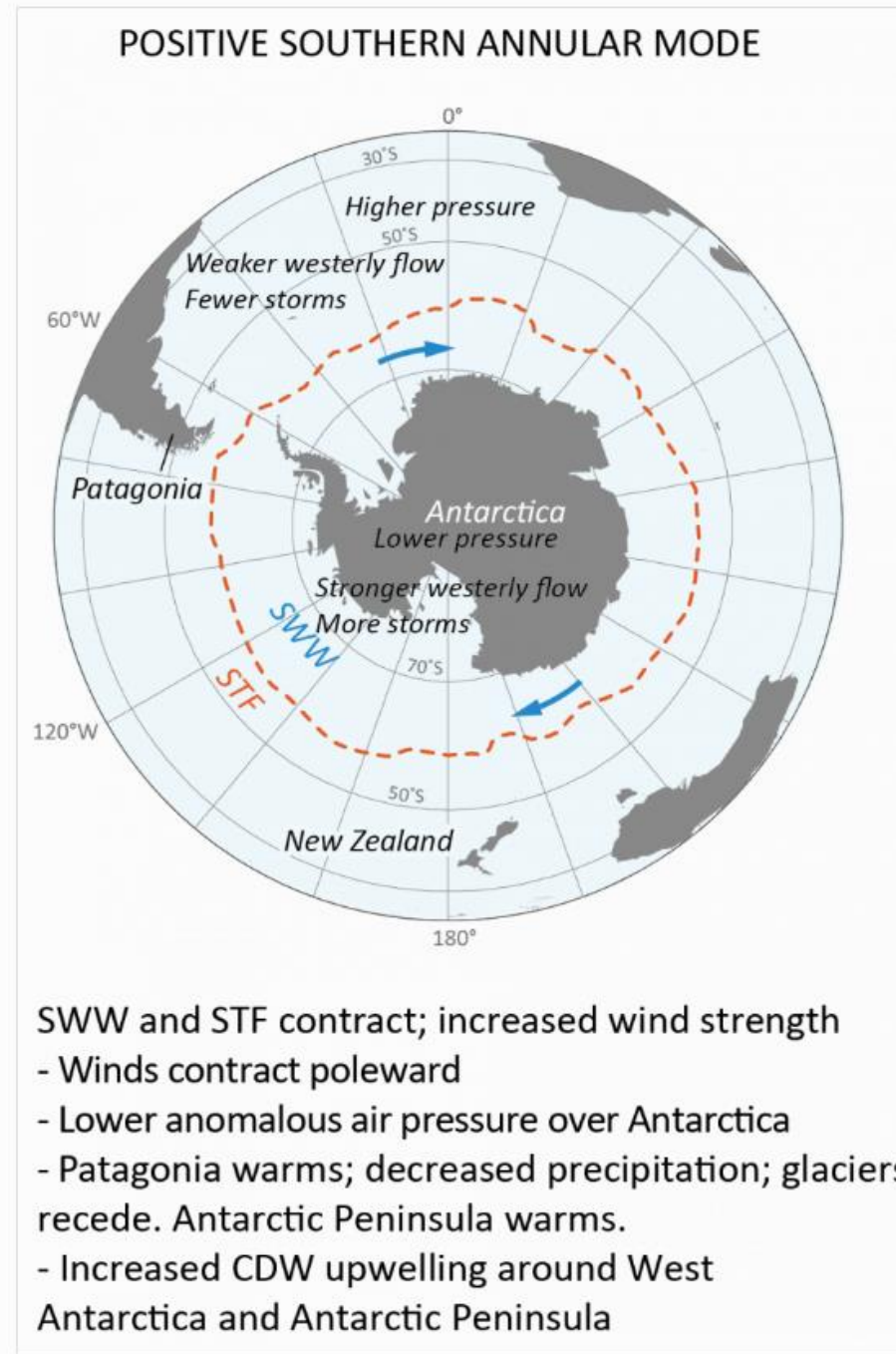


## Positive Southern Annular Mode

In a Positive phase of the Southern Annular Mode, there is lower anomalous air pressure over Antarctica, and higher anomalous air pressure over the mid-latitudes.

The belt of strong westerly winds strengthens and contracts towards Antarctica.

It weakens at the northern boundary in the mid-latitudes (40-50°S). It is drier over Patagonia, driving glacier recession. In Antarctica, increased Circumpolar Deep Water upwells onto the continental shelf, driving glacier and ice sheet recession.





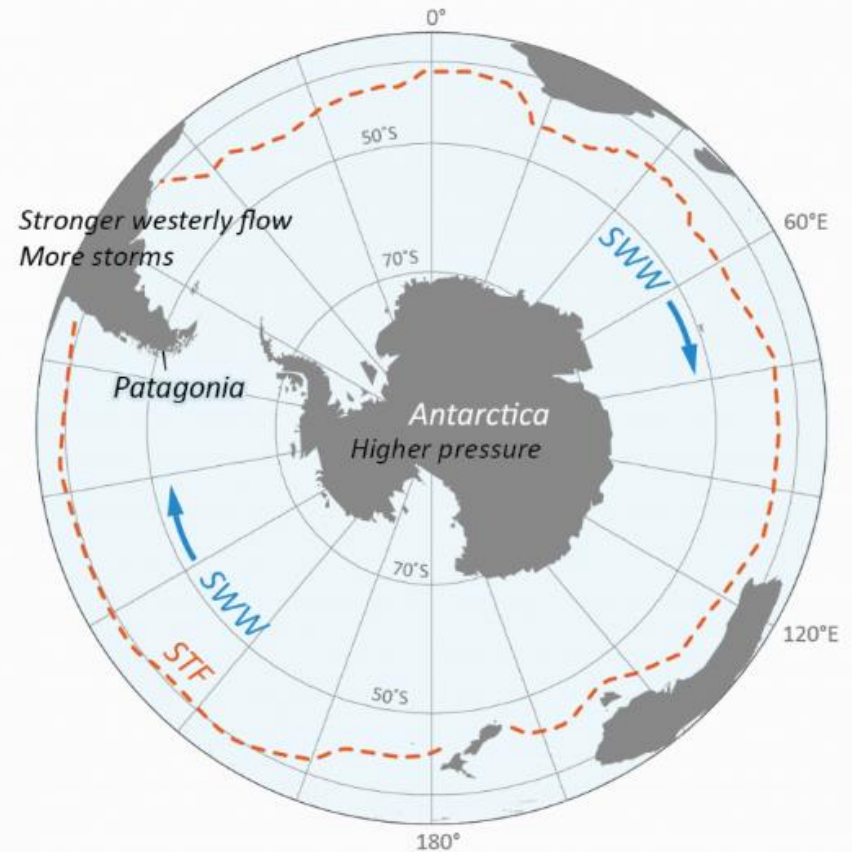
## Negative Southern Annular Mode

In a Negative Southern Annular Mode, the belt of strong Southern Westerly Winds expands northwards towards the equator, bringing cold, wet weather to Patagonia and glacier advance, and decreased Circumpolar Deep Water upwelling on the Antarctic Continental Shelf.

The winds are weaker in this phase.

This was the situation during Holocene neoglaciations in Patagonia and during the Last Glacial Maximum

## NEGATIVE SOUTHERN ANNULAR MODE



- SWW and STF expand; SWW decreased strength
- higher anomalous air pressure over Antarctica
- Patagonia cools; increased precipitation; glaciers advance. Antarctic Peninsula cools.
- Decreased CDW upwelling in West Antarctica and Antarctic Peninsula

Oltre che su scala emisferica, il SAM fa sentire la sua influenza a tutte le scale spaziali e temporali più piccole.

Durante le diverse fasi del fenomeno, il limite settentrionale dei venti occidentali è più o meno postato verso l'Equatore e questo ha un impatto diretto sul regime pluviometrico, ad esempio, della regione orientale dell'Australia.



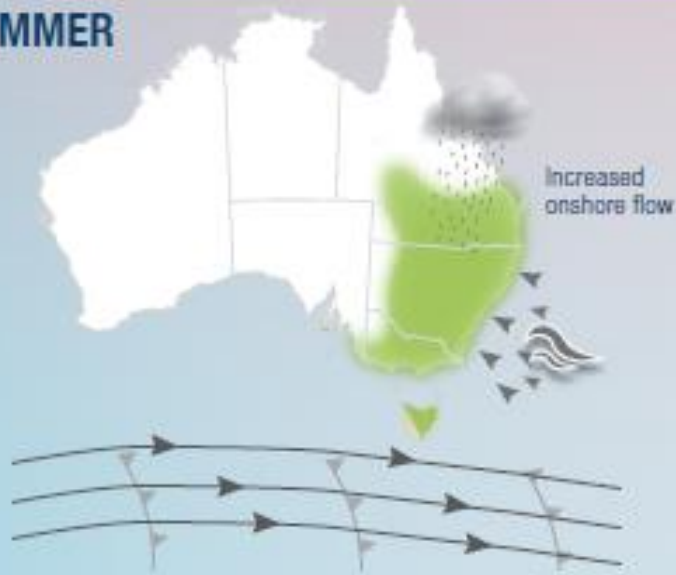
Southern Annular Mode (SAM): Negative phase



Southern Annular Mode (SAM): Positive phase

## TYPICAL IMPACTS IN A POSITIVE PHASE

### SUMMER



WETTER THAN NORMAL DRIER THAN NORMAL

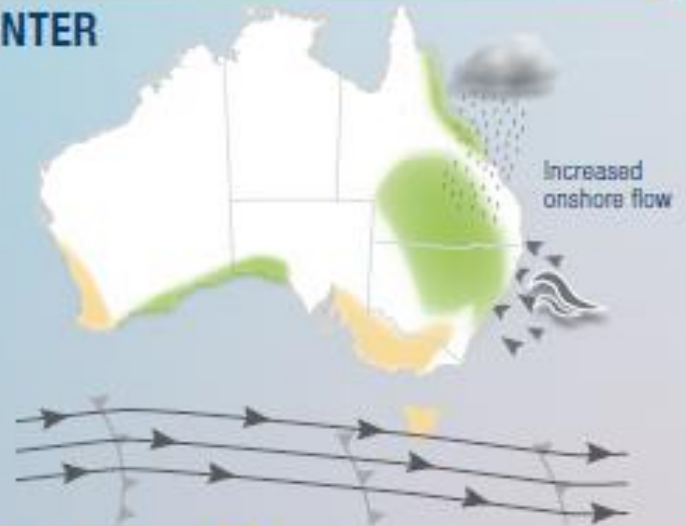
 MORE RAINFALL IN THE EAST

 REDUCED CHANCE OF EXTREME HEAT IN SPRING AND SUMMER


## POSITIVE PHASE

### • WINDS FURTHER SOUTH THAN NORMAL

### WINTER



WETTER THAN NORMAL DRIER THAN NORMAL

 MORE RAINFALL IN EAST; MORE EAST COAST LOWS

 LESS RAINFALL IN PARTS OF FAR SOUTH

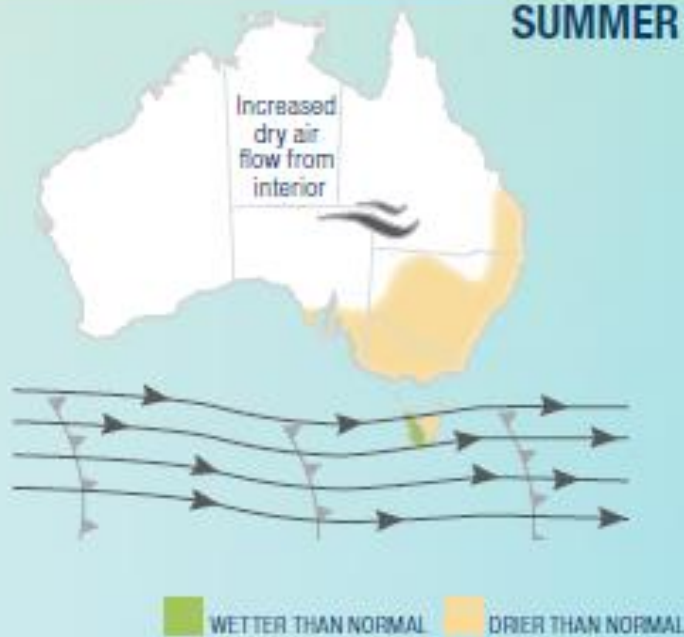
 LESS SNOW IN ALPINE AREAS

La fase positive in estate è caratterizzata da un aumento di piovosità. Durante l'inverno le piogge si concentrano sulla zona orientale, riducendosi notevolmente nella zona meridionale. Si riducono gli apporti nevosi.



## TYPICAL IMPACTS IN A NEGATIVE PHASE

SUMMER



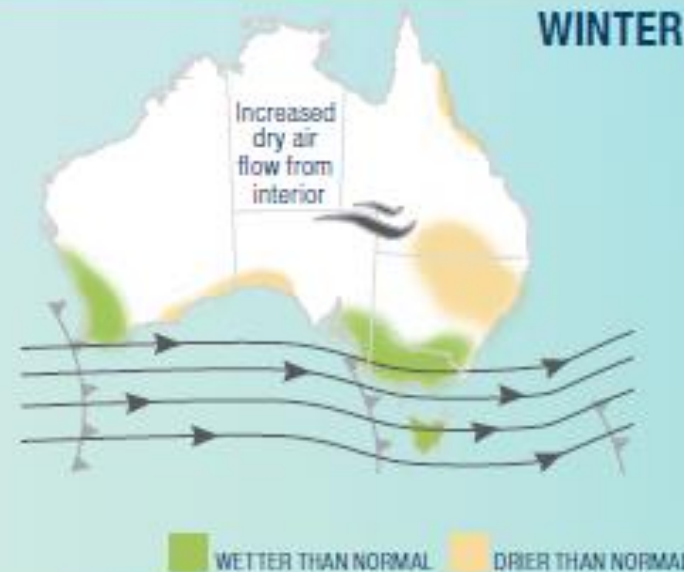
LESS RAINFALL IN THE SOUTHEAST AND EAST

GREATER CHANCE OF SPRING HEATWAVES IN SOUTHERN AUSTRALIA

## NEGATIVE PHASE

- WINDS FURTHER NORTH THAN NORMAL

WINTER



MORE RAINFALL IN SOUTHWEST AND SOUTHEAST

LESS RAINFALL IN PARTS OF THE EAST

MORE SNOW IN ALPINE AREAS

La fase negativa in estate è caratterizzata da una forte riduzione della piovosità.

In Inverno le piogge si concentrano sulla zona meridionale riducendosi notevolmente nella zona orientale. Aumentano gli apporti nevosi.



Southern Annular Mode (SAM): **Negative phase**

© Commonwealth of Australia 2013.



Southern Annular Mode (SAM): **Positive phase**

© Commonwealth of Australia 2013.

Come avevamo accennato all'inizio, il SAM è il principale modo di variabilità dell'Emisfero Meridionale, ma non è l'unico.

Una analisi EOF dell'altezza geopotenziale ci mostra l'esistenza di altri fenomeni associati ad frazioni significative della variabilità di questo emisfero

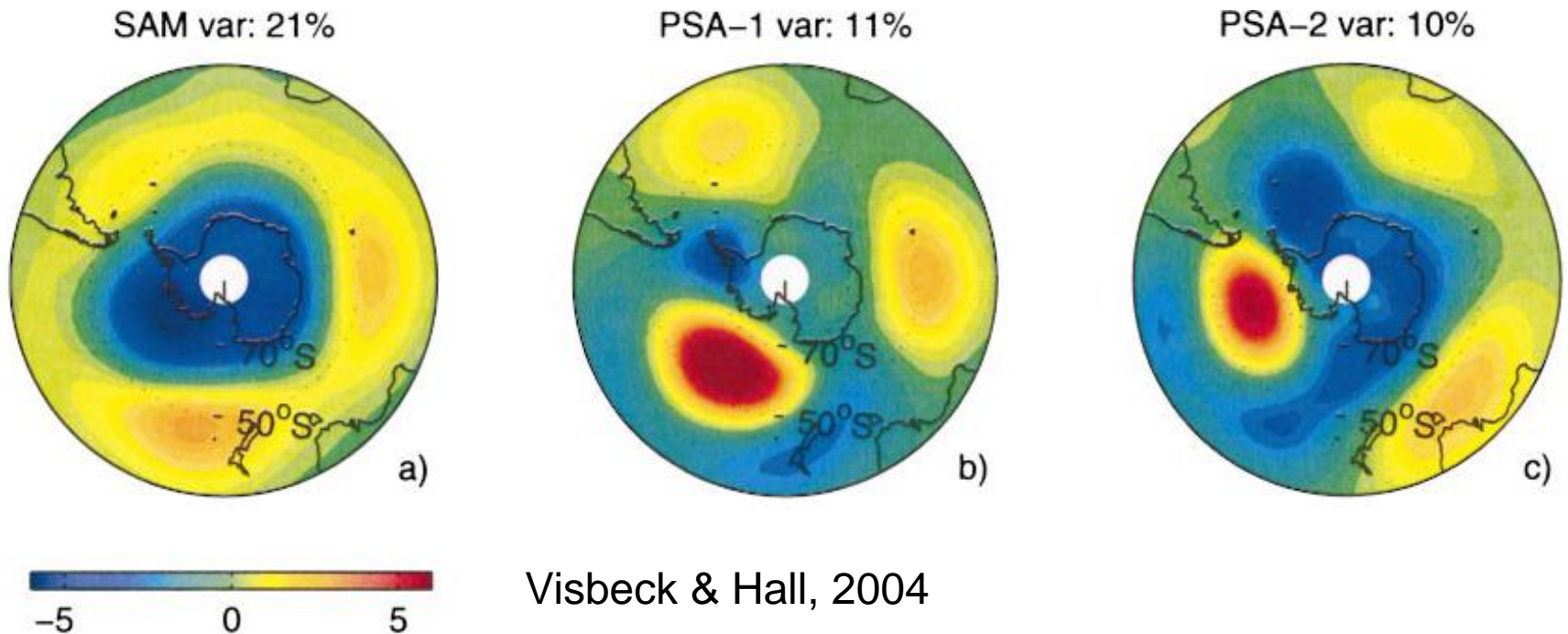
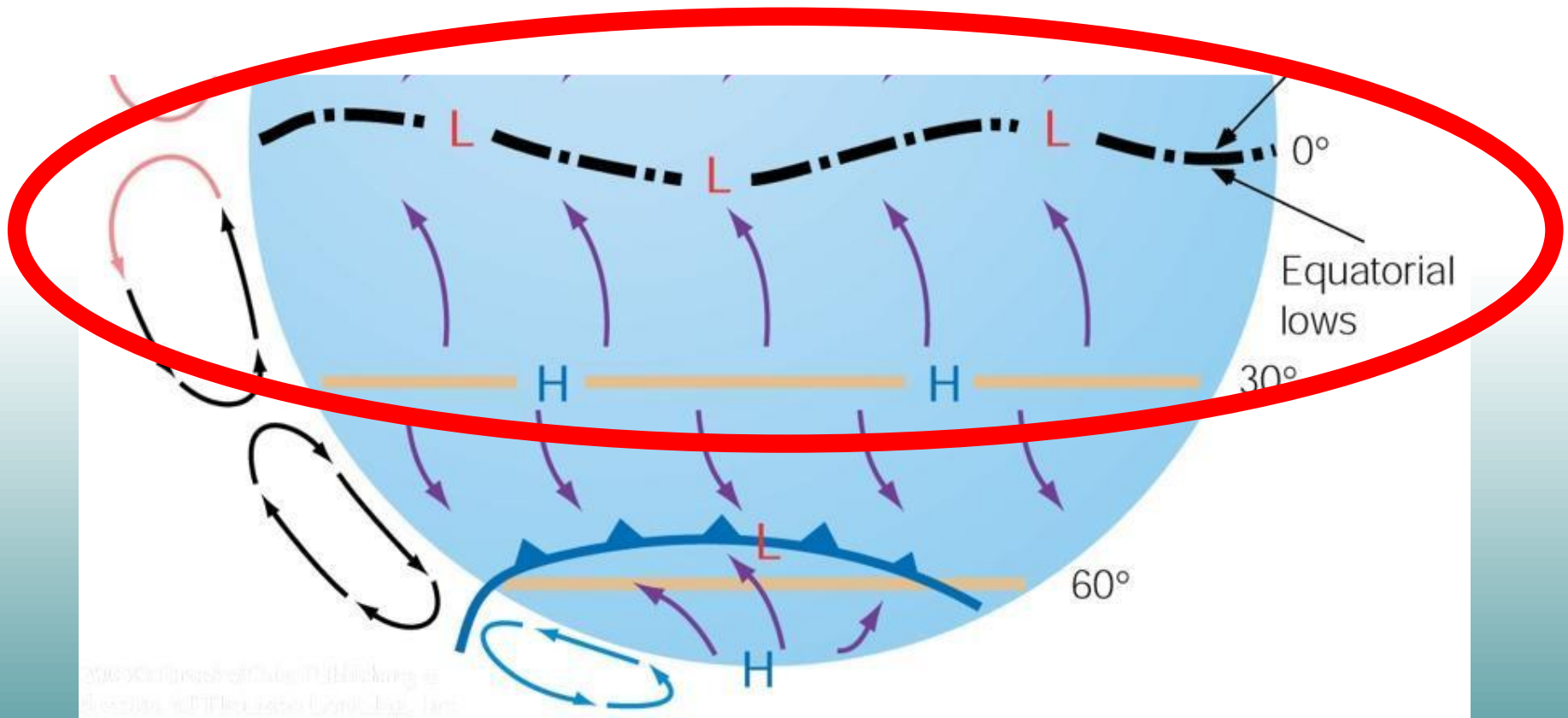


FIG. 1. (a)–(c) The first three EOF modes of monthly area-weighted 850-hPa pressure surface height anomalies. The data were reduced by sampling every third point in the zonal direction ( $7.5^\circ$ ) between  $82^\circ$  and  $30^\circ$ S and then normalized by cosine of latitude, prior to the decomposition, in order to ensure an equal area representation. The cosine latitude factor was multiplied back to the pattern prior to display.

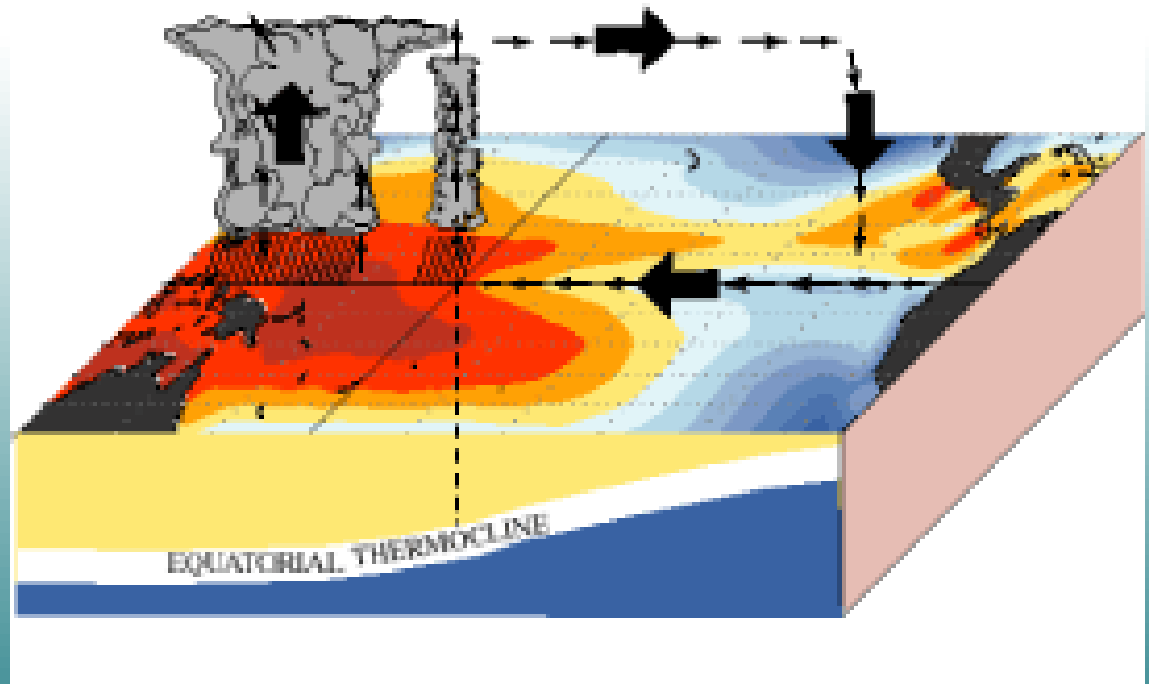
**Il secondo modo di variabilità principale dell'Emisfero Meridionale è la El Nino Southern Oscillation, in questo caso il segnale principale è collegata alla fascia tra la delle medie latitudini e quella equatoriale.**



# El Niño/Southern Oscillation (ENSO)

La Southern Oscillation è un'alternanza ciclica che va a modificare la normale differenza pressoria tra le aree cicloniche che interessano il Sud-est asiatico e il campo di alte pressioni che normalmente dominano il Pacifico sudorientale.

December - February Normal Conditions

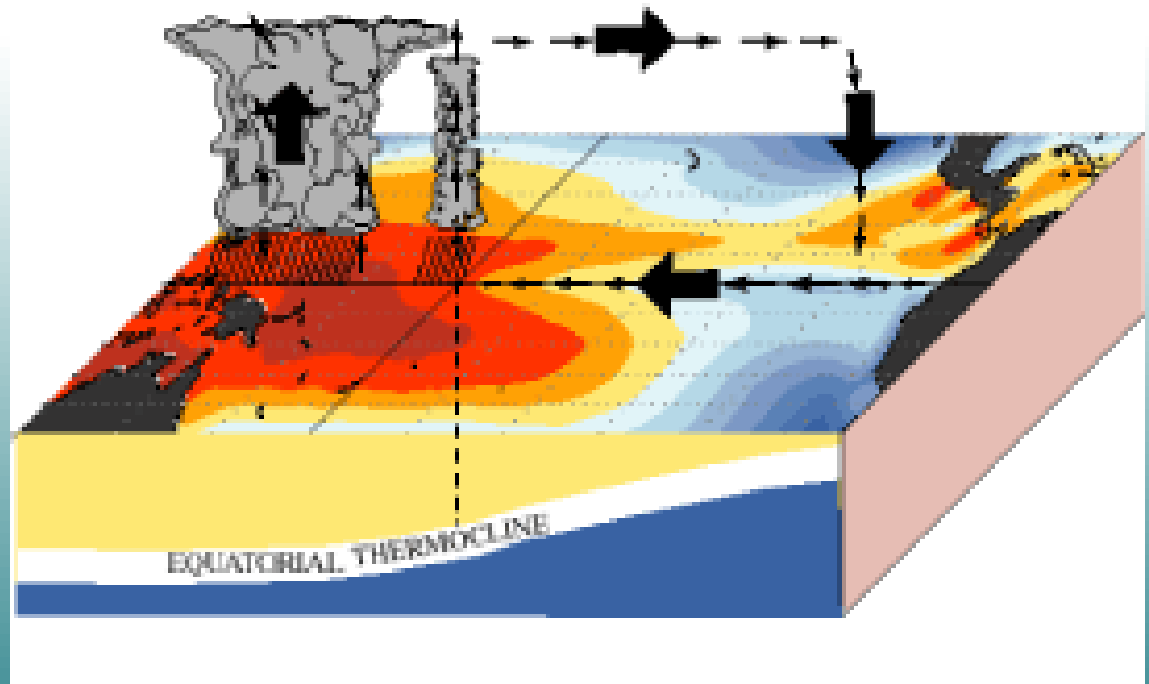




# El Niño/Southern Oscillation (ENSO)

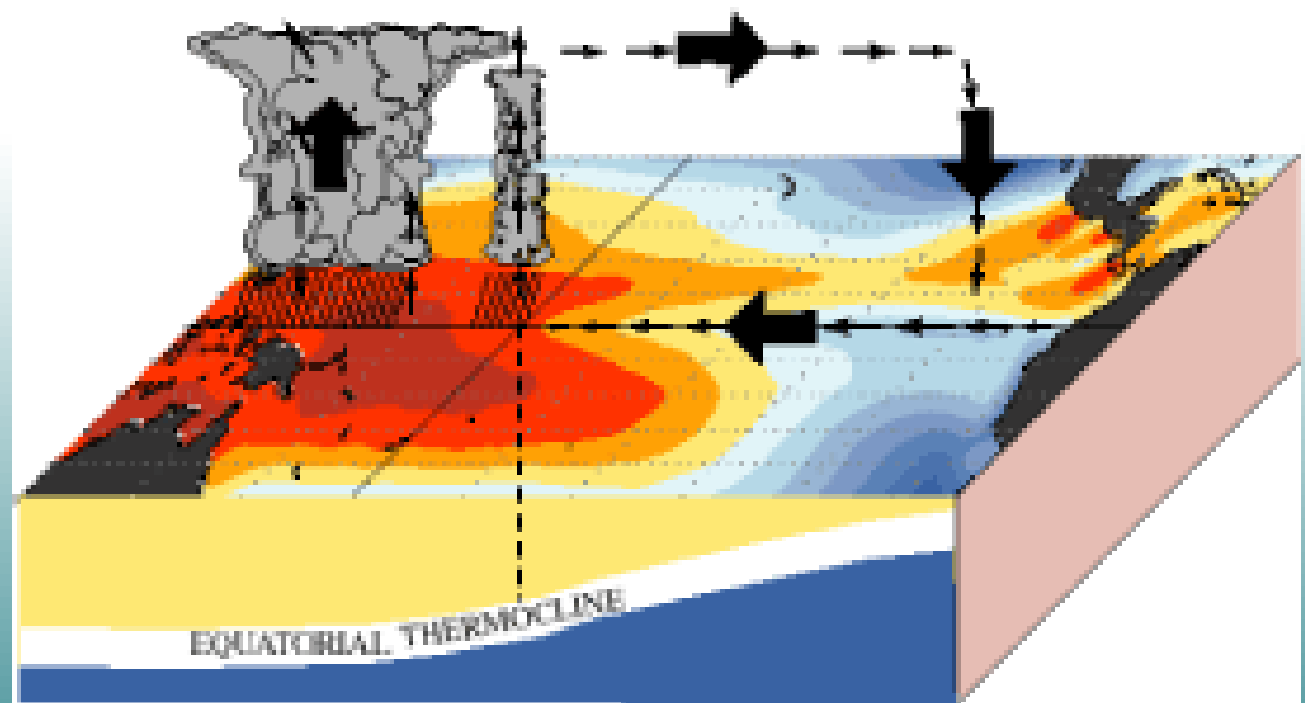
La Southern Oscillation è un'alternanza ciclica che va a modificare la normale differenza pressoria tra le aree cicloniche che interessano il Sud-est asiatico e il campo di alte pressioni che normalmente dominano il Pacifico sudorientale.

December - February Normal Conditions

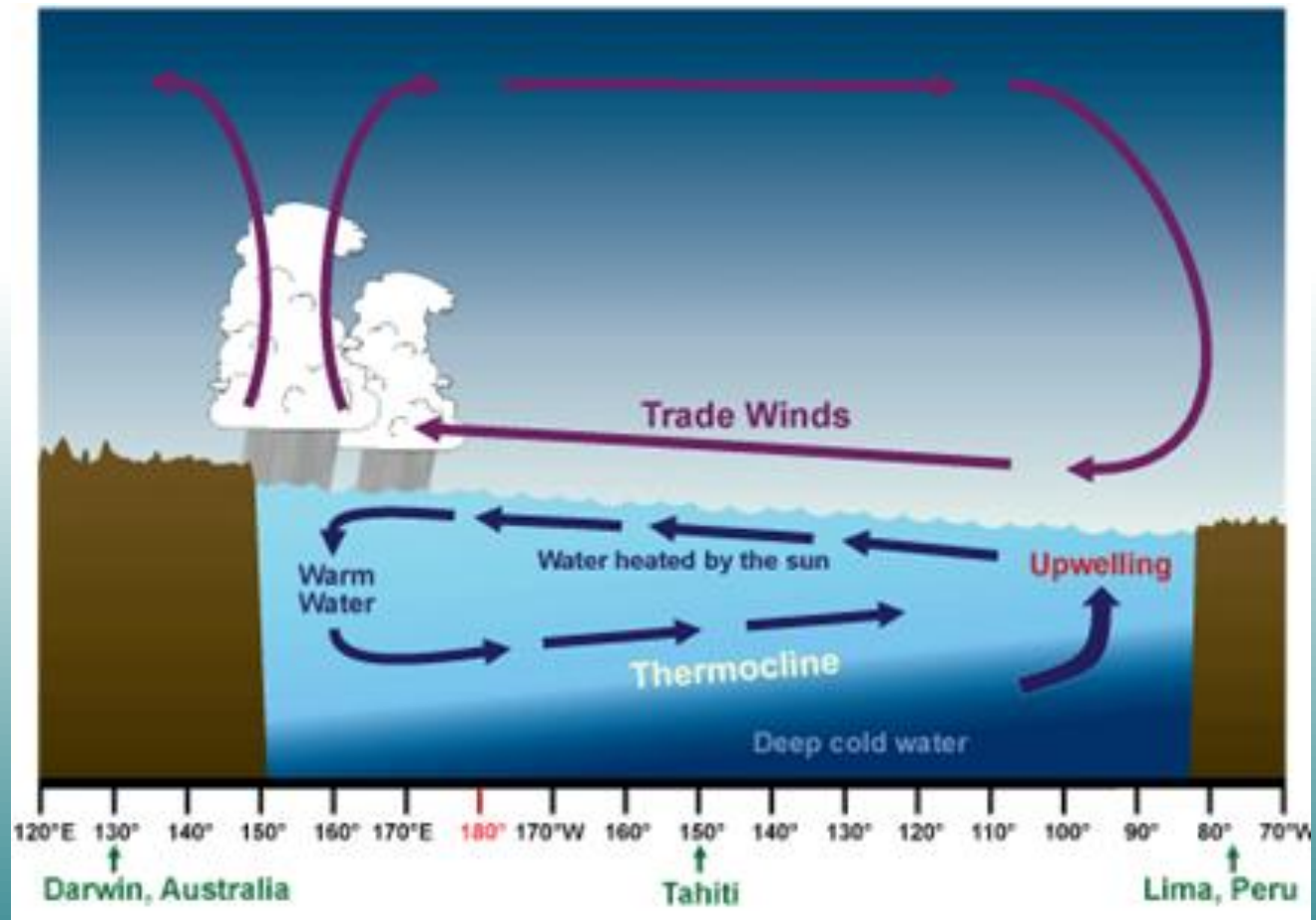


**Periodicamente, per cause ancora non del tutto chiarite, si assiste ad una modifica della normale differenza pressoria tra le due zone, con conseguenze dirette sull'intensità degli alisei che normalmente soffiano da Est verso Ovest, lungo tutta la fascia tropicale.**

### **December - February Normal Conditions**

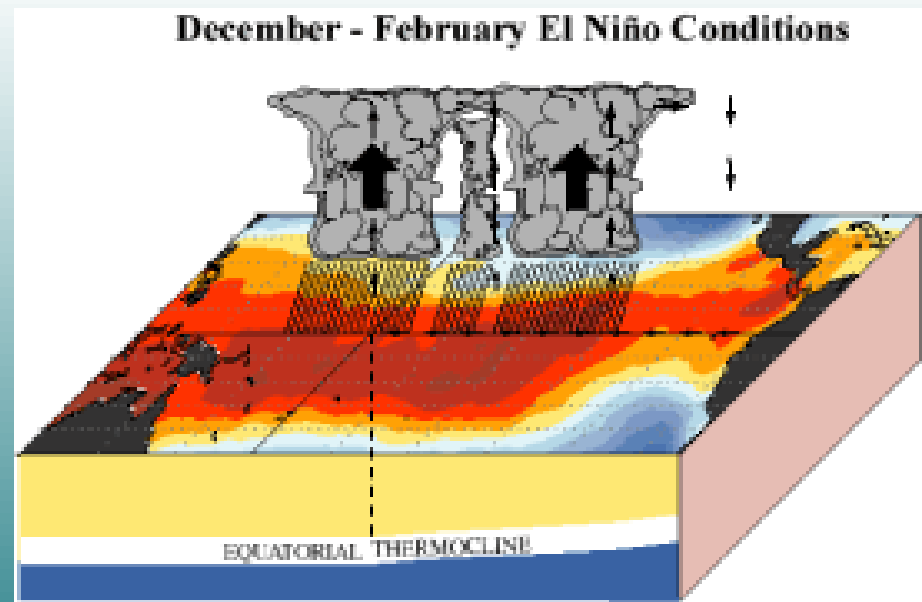
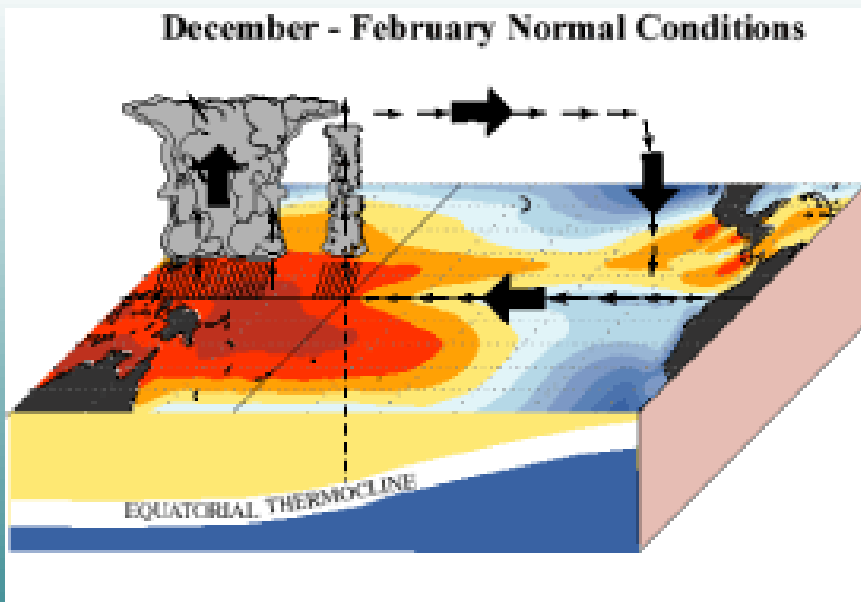


L'orientamento degli alisei provoca in condizioni normali la risalita di acque oceaniche profonde, e quindi più fredde, a ridosso delle coste del Sudamerica.



# El Niño

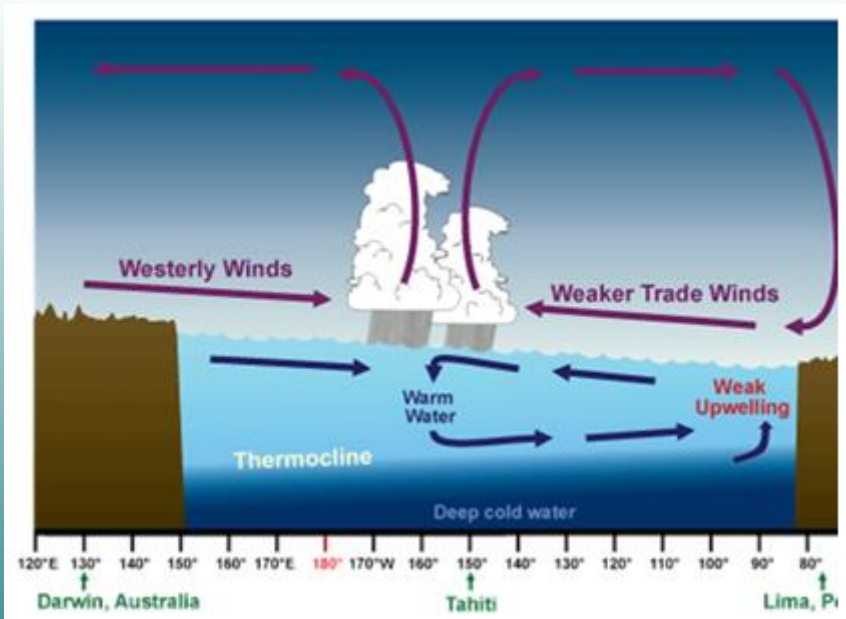
Durante la fase chiamata El Niño una riduzione d'intensità degli Alisei, porta all'indebolimento della corrente equatoriale che scorre da est verso ovest, con riduzione del fenomeno di upwelling costiero e la temperatura superficiale del mare aumenta nell'Est Pacifico.



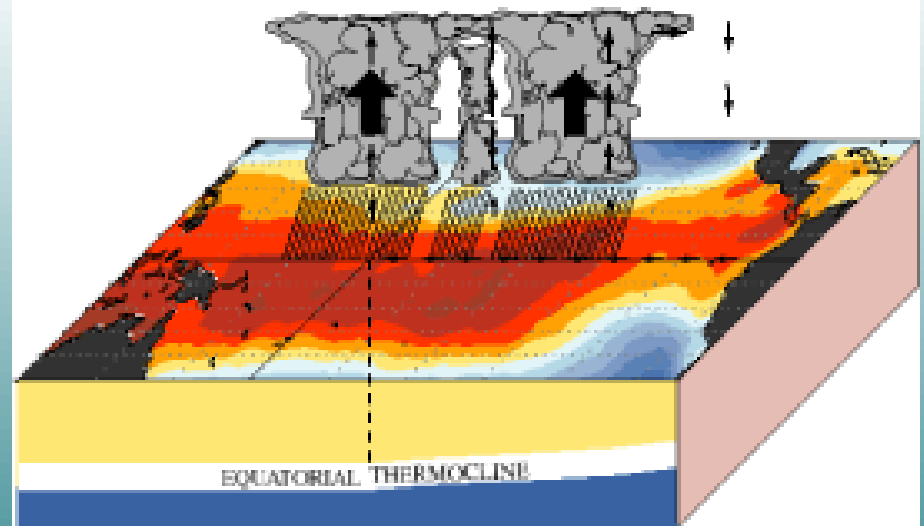
# El Niño

A questo punto il gradiente termico superficiale tra la zona Est ed Ovest del Pacifico è ridotto e si innesca un processo di feedback tra oceano ed atmosfera che porta ad una riduzione dei gradienti di pressione atmosferica tra Est ed Ovest.

Ciò indebolisce ancora di più gli alisei, riducendo ancora l'upwelling e riscaldando ulteriormente la superficie dell'oceano.



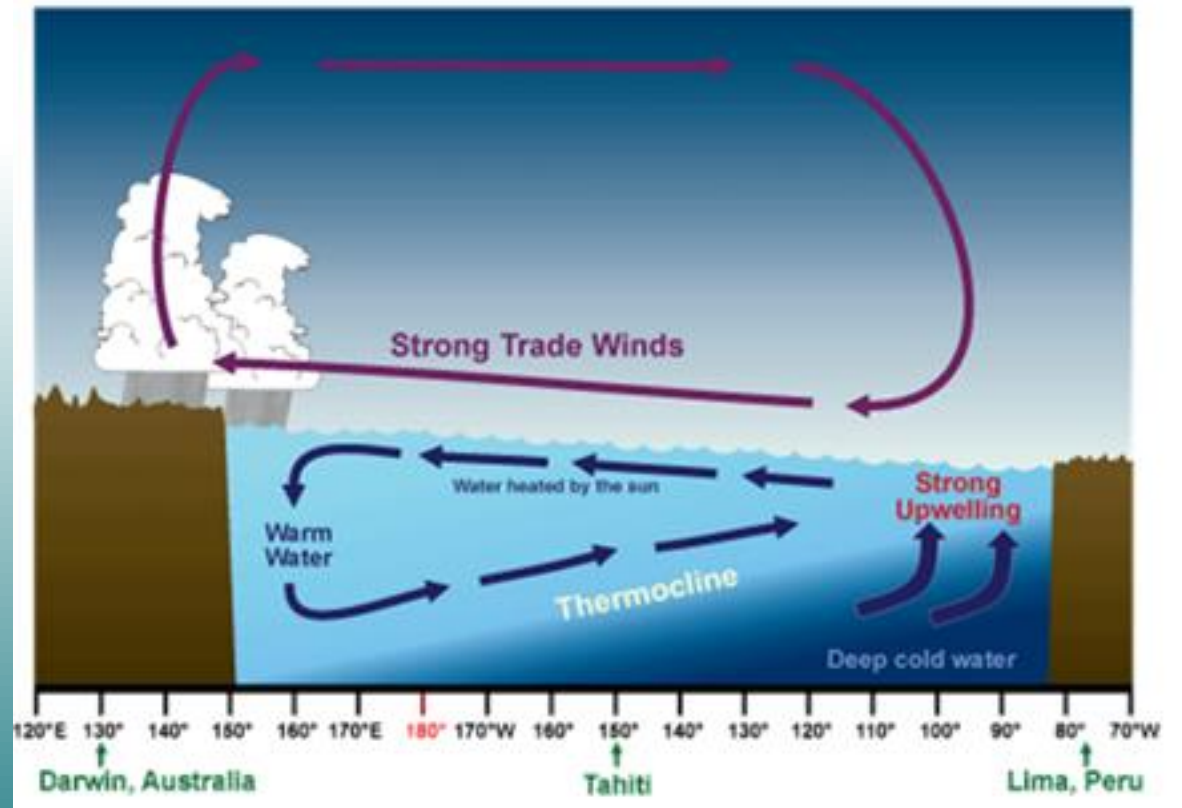
December - February El Niño Conditions



# La Niña

La Niña è invece la fase opposta del fenomeno, caratterizzata tuttavia da meccanismi di funzionamento analoghi.

Durante La Niña viene rafforzata la normale circolazione degli alisei con un aumento dei processi di upwelling del Pacifico orientale

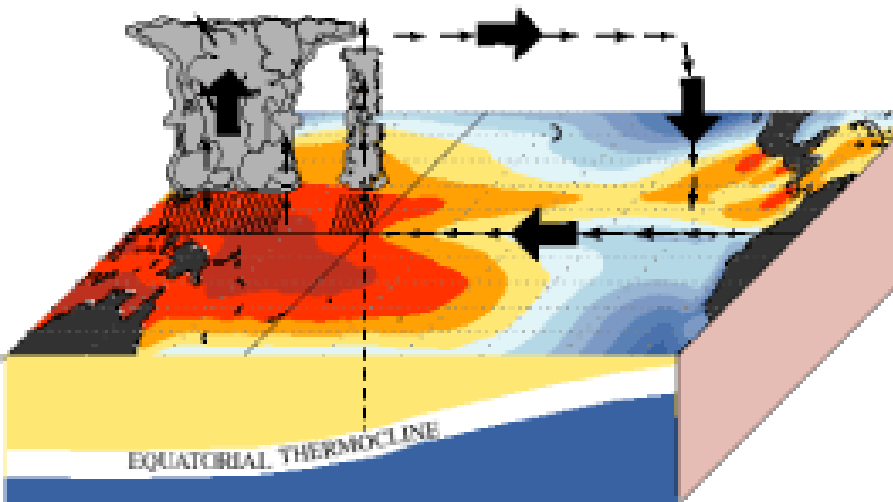


# La Niña

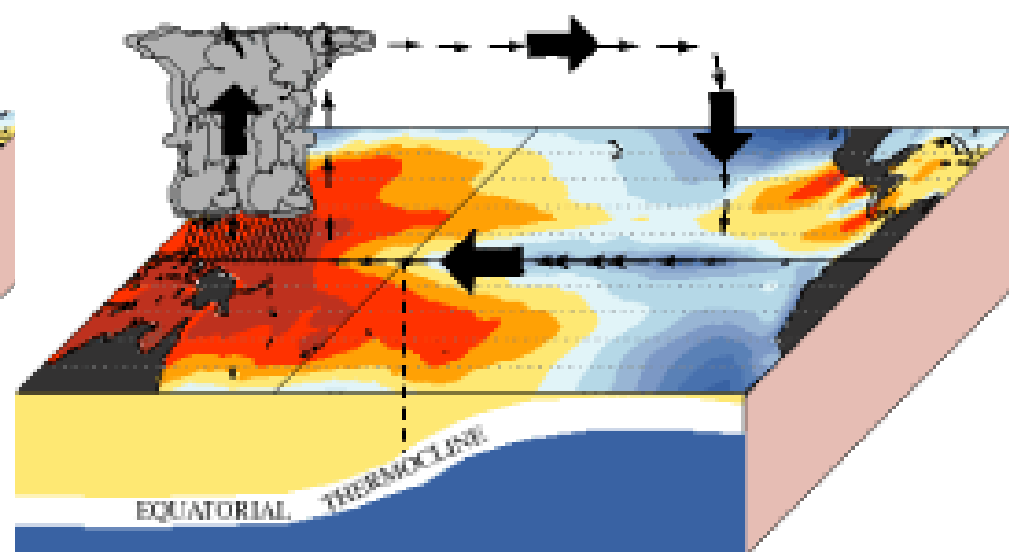
Questo processo porta ad una estesa diminuzione delle temperature superficiali del pacifico equatoriale.

L'interazione tra oceano ed atmosfera porta quindi ad un incremento della differenza di pressione tra i due settori dell'Oceano Pacifico ed un ulteriore aumento di intensità degli Alisei

December - February Normal Conditions



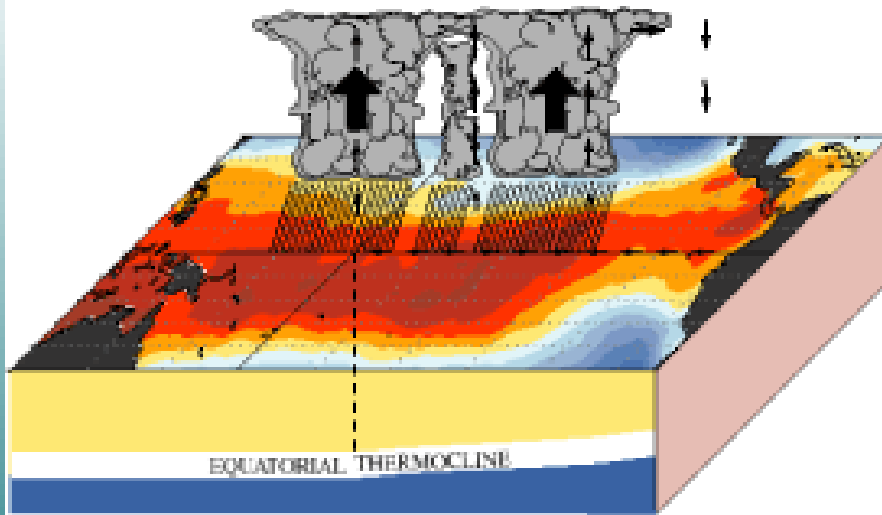
December - February La Niña Conditions



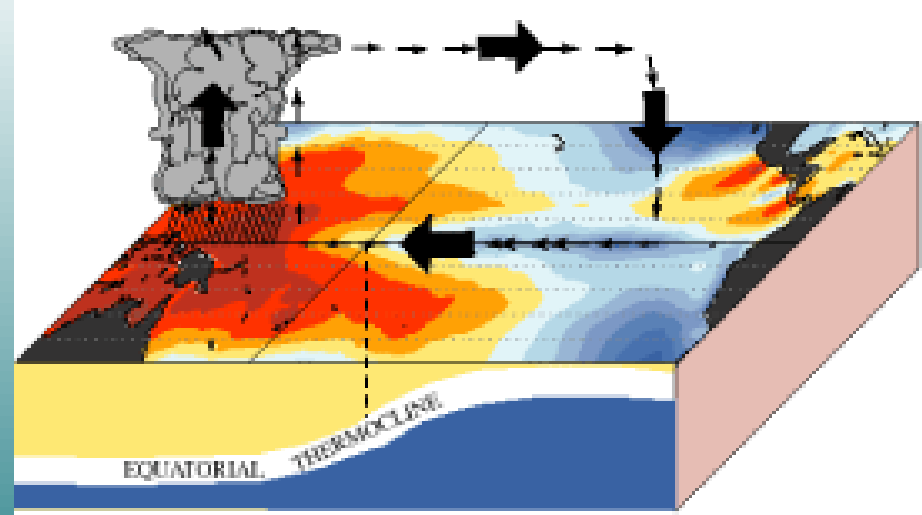
# El Niño / La Niña

Le due fasi sono quindi responsabili di un raffreddamento e riscaldamento delle SST del Pacifico orientale che, grazie alla diminuzione/incremento della convezione atmosferica, modificano a loro volta la circolazione equatoriale dei venti (detta circolazione di Walker) e con essa la distribuzione delle precipitazioni, regolando l'alternanza di periodi di siccità e di maggiore piovosità lungo tutto il Pacifico Equatoriale

December - February El Niño Conditions

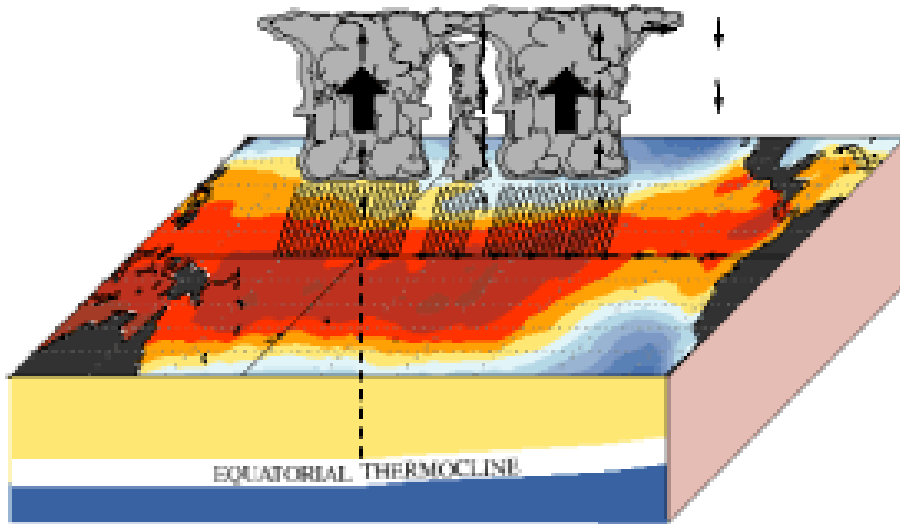


December - February La Niña Conditions

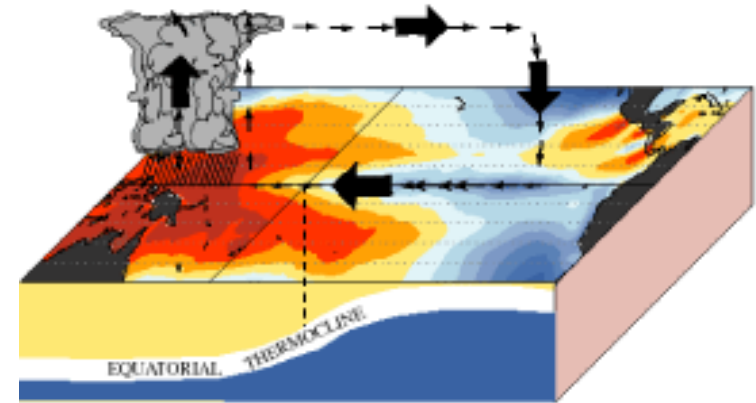




## December - February El Niño Conditions



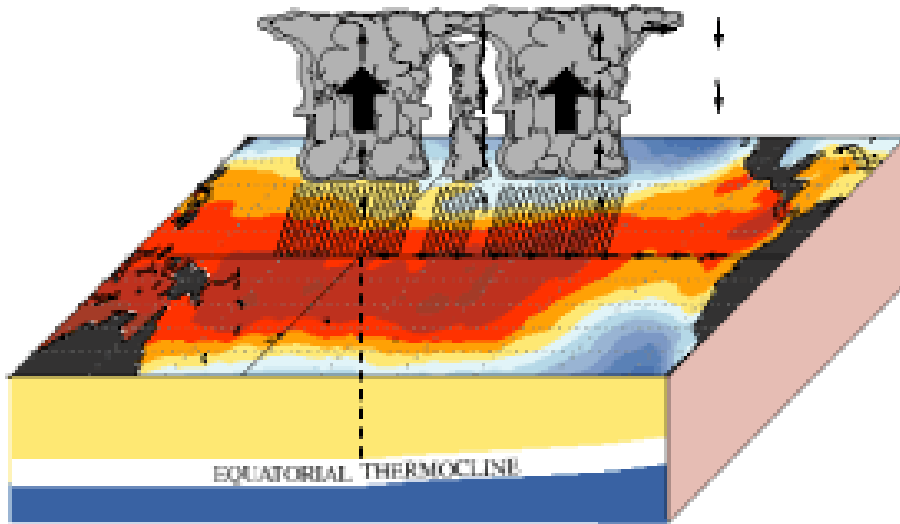
## December - February La Niña Conditions



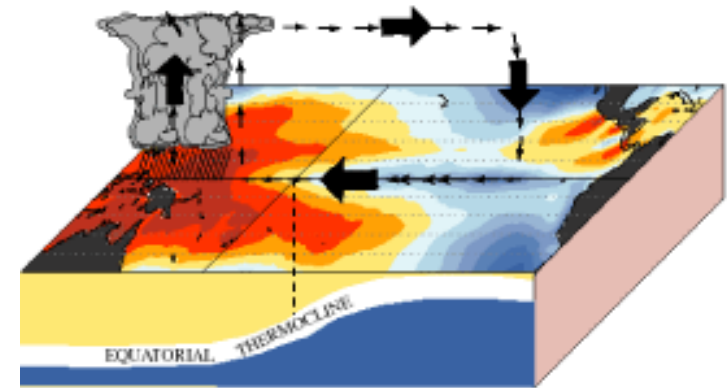
Dal punto di vista della circolazione atmosferica, a causa delle variazioni termiche delle SST, con la fase El Niño si instaura una circolazione convettiva di aria ascendente sul Pacifico orientale ed una discendente in quello occidentale.

Si assiste ad uno spostamento longitudinale della Circolazione di Walker verso est.

## December - February El Niño Conditions

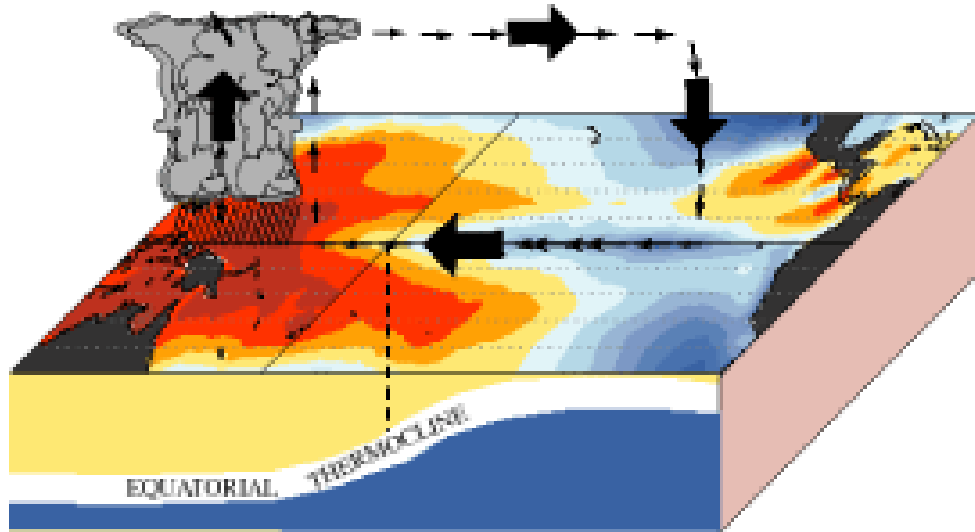


## December - February La Niña Conditions

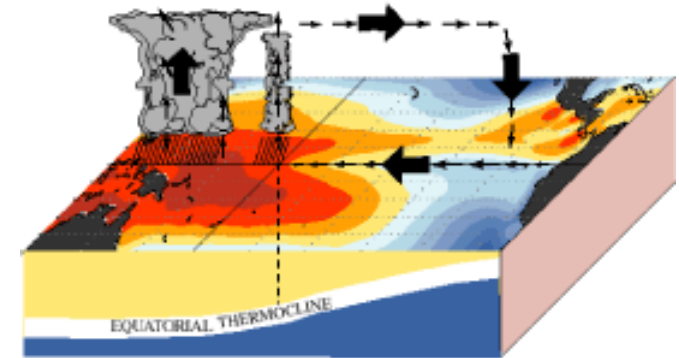


Dal punto di vista delle precipitazioni, la fase El Niño porta intense precipitazioni sull'America centromeridionale, violenti uragani sull'intero Pacifico meridionale e in Australia settentrionale, e determina periodi di siccità in Africa centro-occidentale fino all'Indonesia.

## December - February La Niña Conditions

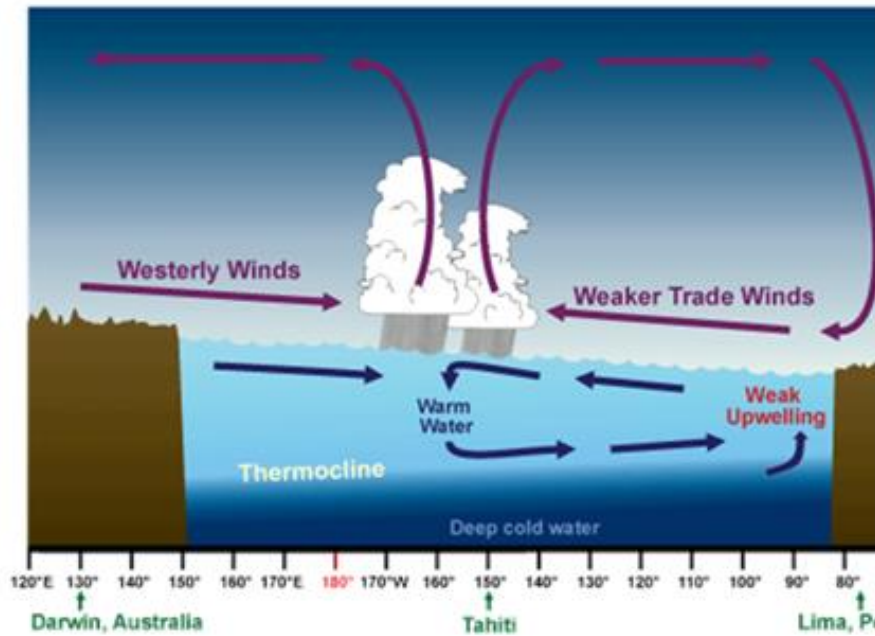


## December - February Normal Conditions

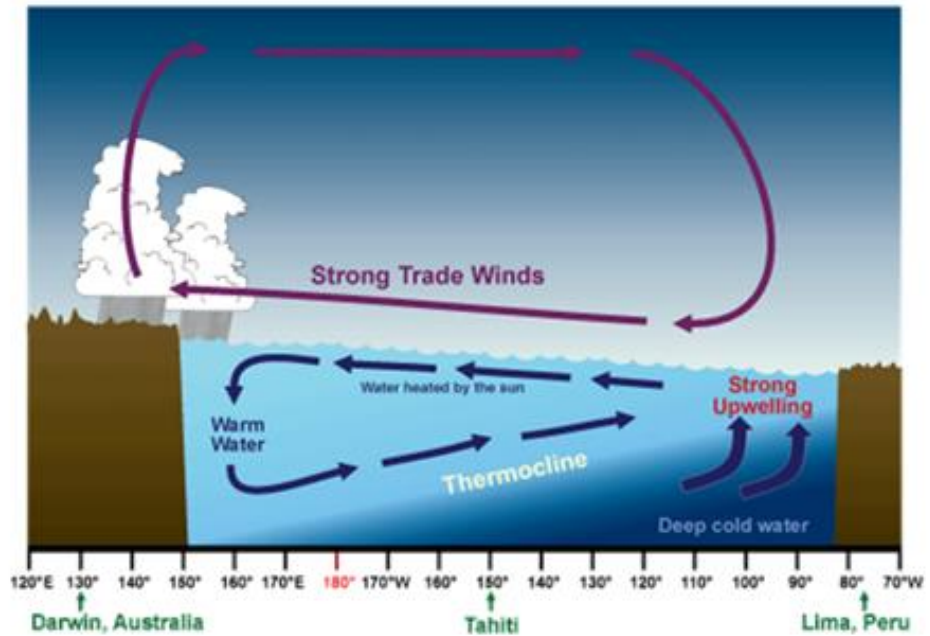


**Viceversa nella fase La Niña si instaurano condizioni che amplificano il normale pattern di circolazione.**

**Si riscontrano convezione e forti precipitazioni sull'Indonesia e moti discendenti e scarse precipitazioni sul Pacifico orientale.**



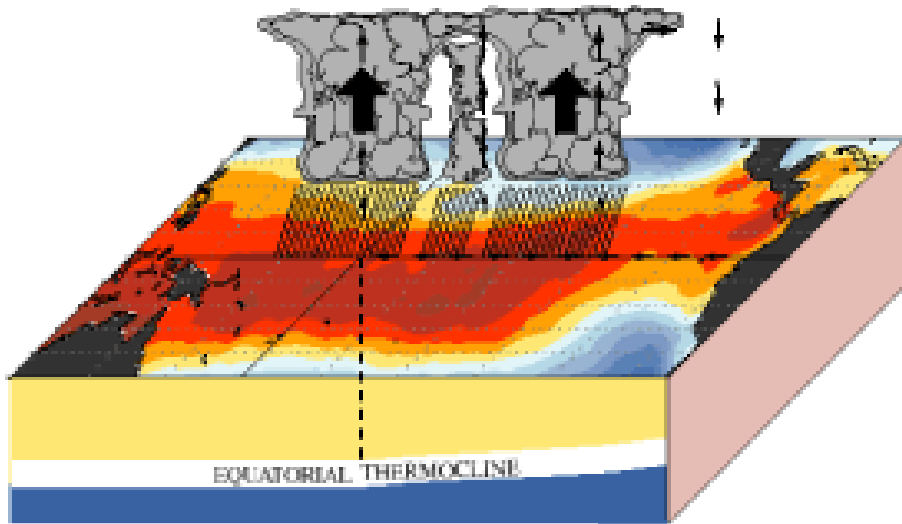
## El Niño



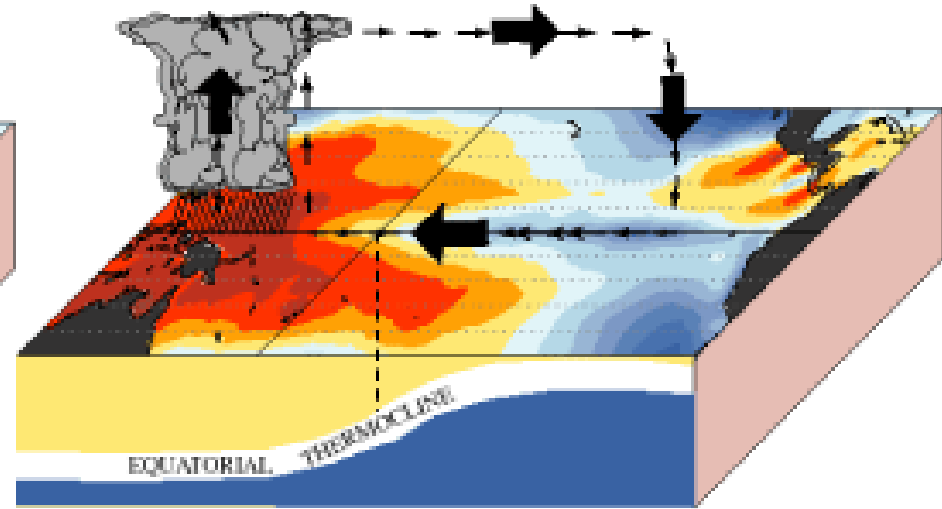
## La Niña

Come già accennato, un aspetto fondamentale che caratterizza gli effetti di El Niño sull'ambiente, ovvero sull'ecosistema oceanico, è la variazione dell'apporto nutritivo di cibo che il fenomeno causa nell'oceano Pacifico.

**December - February El Niño Conditions**

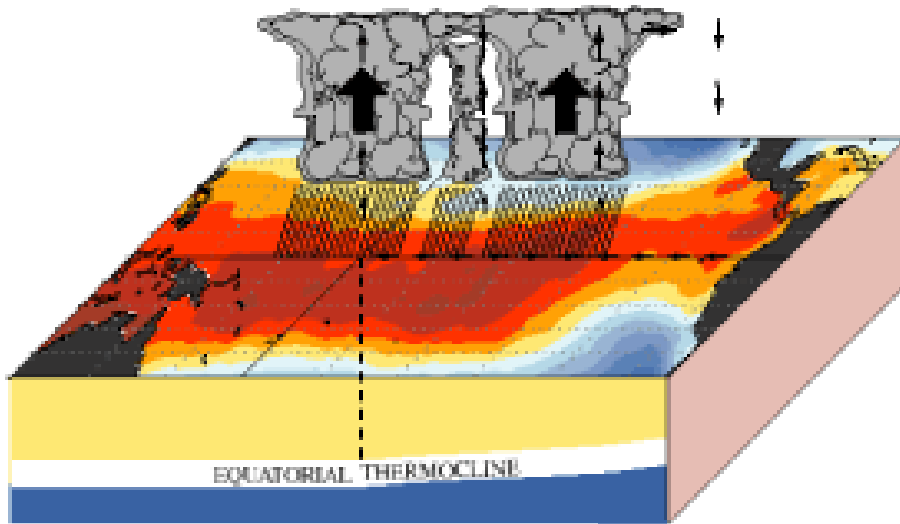


**December - February La Niña Conditions**

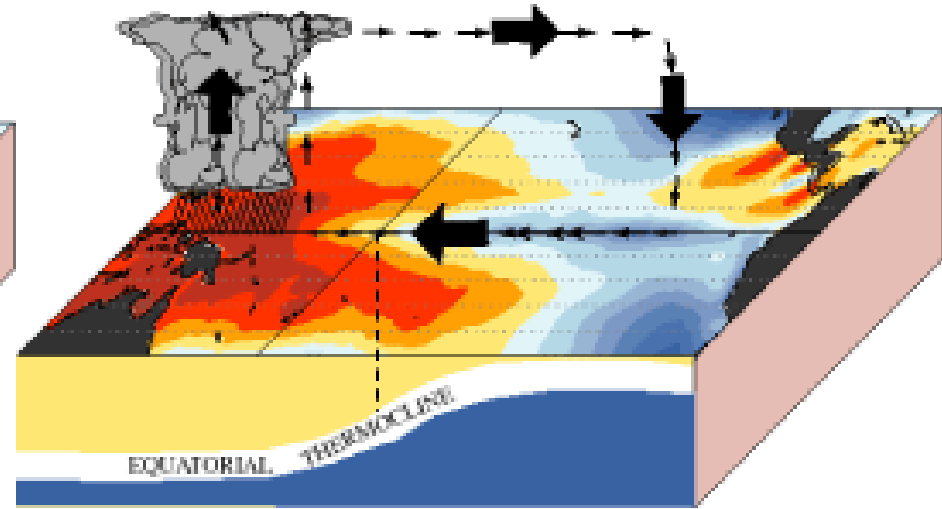


**La massa di acqua calda che durante El Niño si sposta verso oriente risulta infatti estremamente povera di elementi nutritivi, finendo per sostituire interamente il normale regime circolatorio che, grazie alla risalita delle acque profonde, favorisce il trasferimento dalle profondità oceaniche del plancton, il quale assicura cibo a grandi quantità di pesce.**

December - February El Niño Conditions

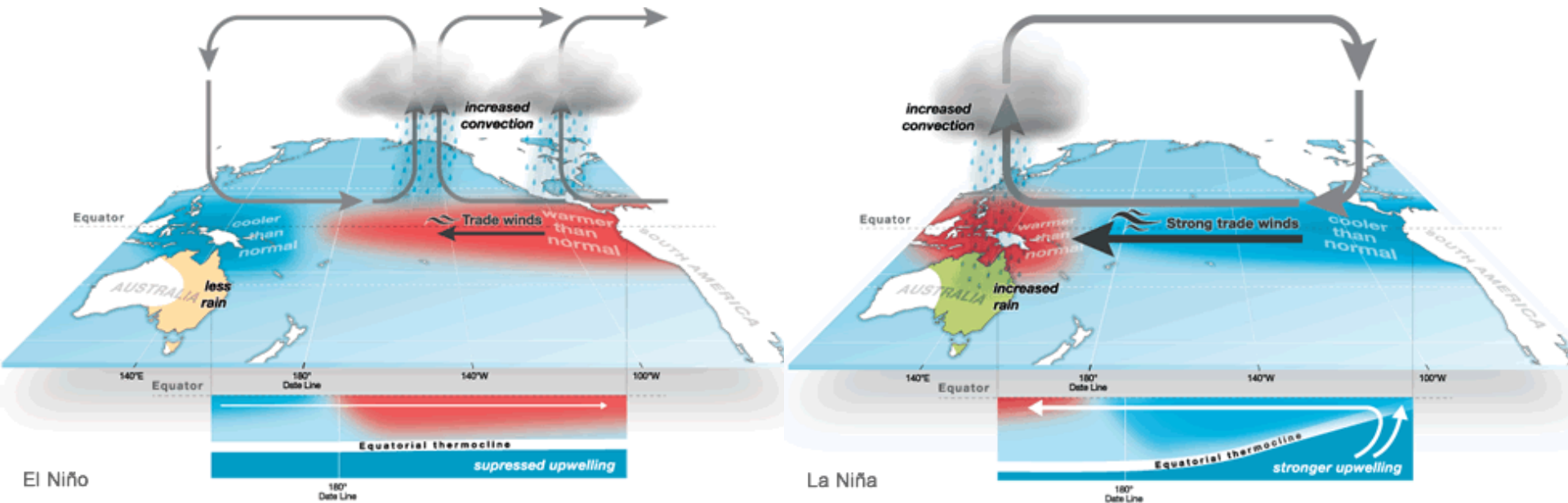


December - February La Niña Conditions



**Se tale situazione si protrae per lunghi periodi, l'equilibrio faunistico marino ne risulta però stravolto, finendo per ripercuotersi pesantemente sull'economia delle popolazioni sudamericane di Ecuador, Perù e Cile, che vivono principalmente di pesca**

# El Niño Southern Oscillation - ENSO

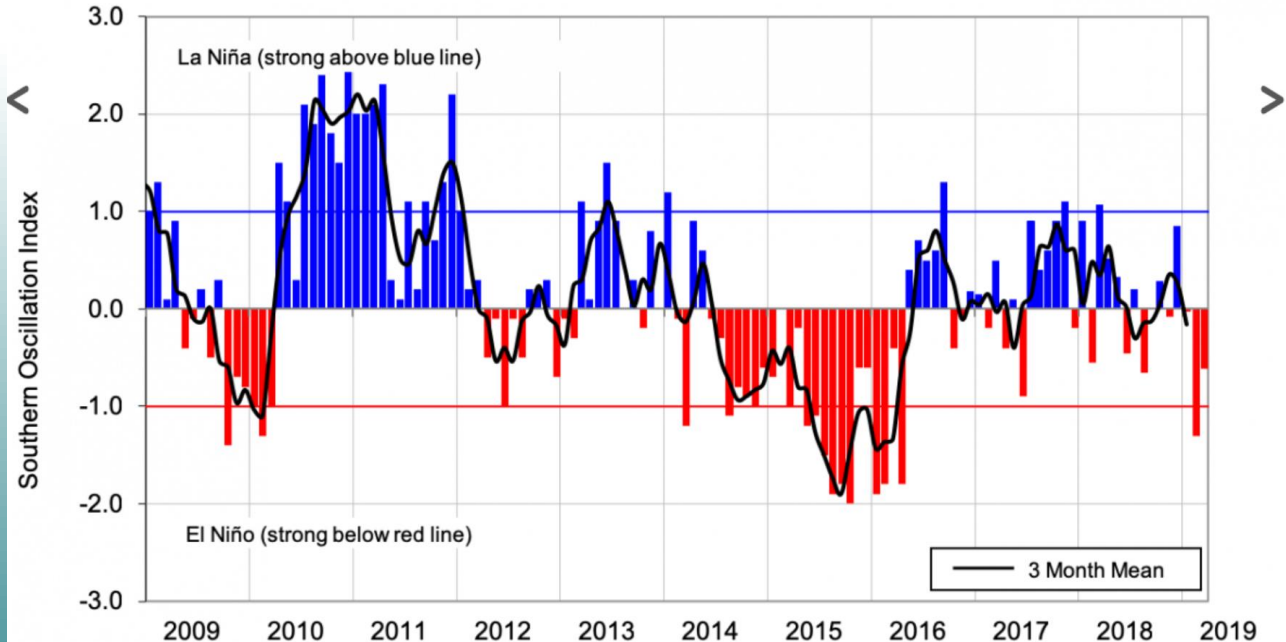


La El Niño Southern Oscillation si riferisce quindi al ciclico riscaldamento e raffreddamento delle acque superficiali dell'Oceano Pacifico centrale ed orientale.

Questo raffreddamento è in realtà dovuto ad una modificazione dell'interazione tra oceano ed atmosfera che varia tra due situazioni estreme, conosciute come El Niño e la Niña.

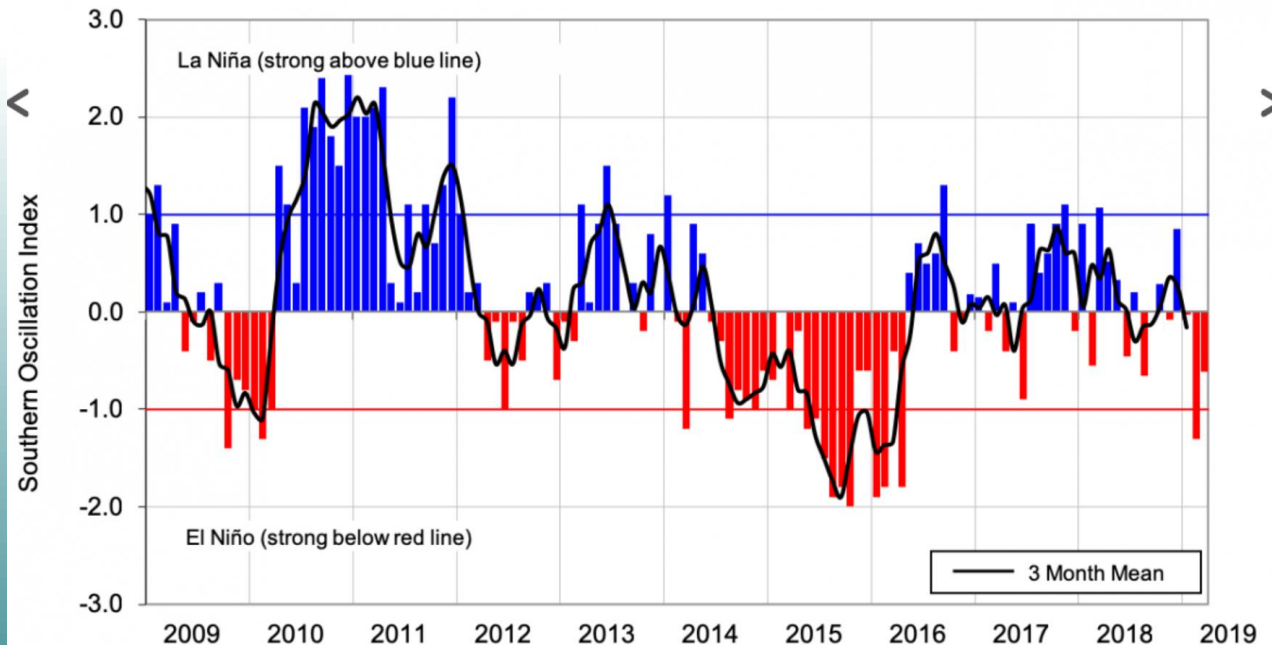
Anche nel caso di ENSO, si utilizza un indice atmosferico per stabilirne le fasi.

L'indice più semplice è il Southern Oscillation Index (SOI), un indice standardizzato basato sulle differenze di pressione al livello del mare osservate tra punti fissi 'anticorrelati' della superficie terrestre, Tahiti e Darwin, in Australia.

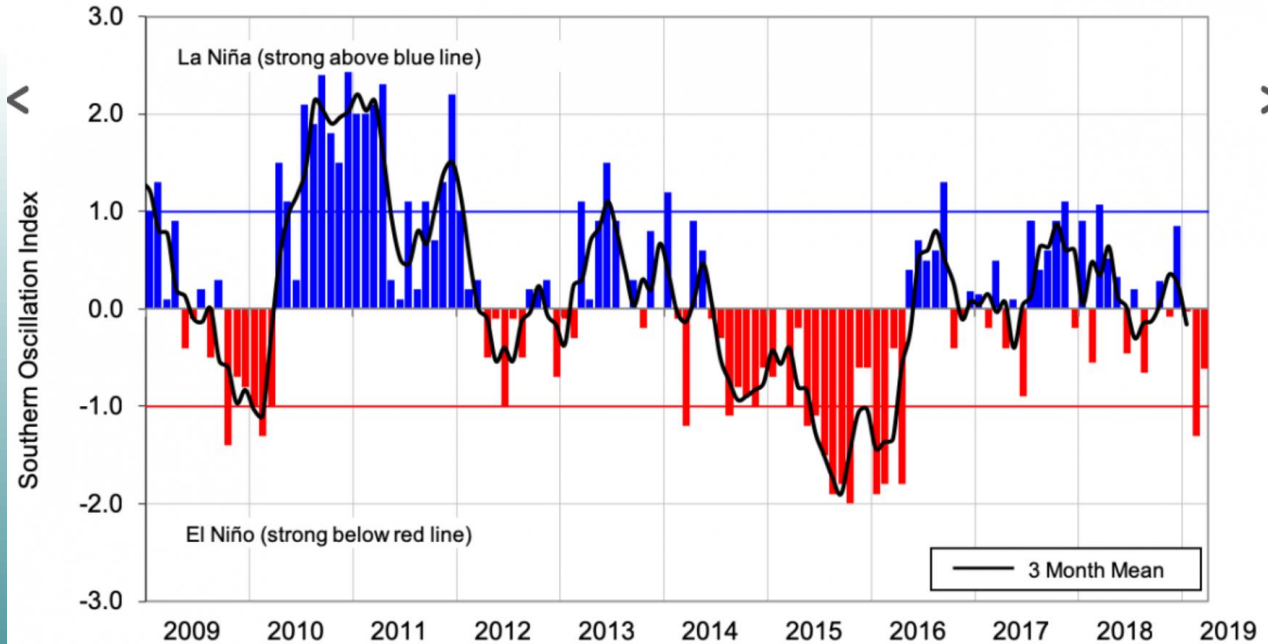




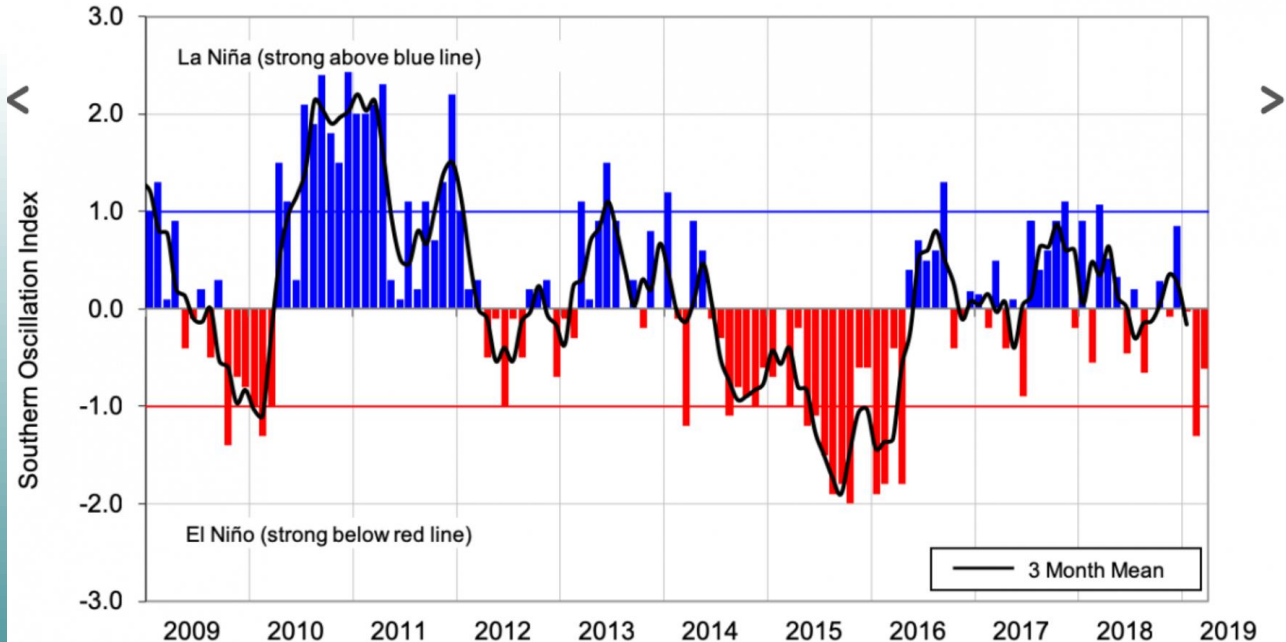
**Il SOI è una misura delle fluttuazioni a grande scala della pressione atmosferica che si verificano tra la parte occidentale e quella orientale del bacino Pacifico tropicale durante gli episodi di El Niño e La Niña. In generale, le serie temporali standardizzate del SOI corrispondono molto bene alle anomalie delle SST in tutto il Pacifico tropicale orientale.**



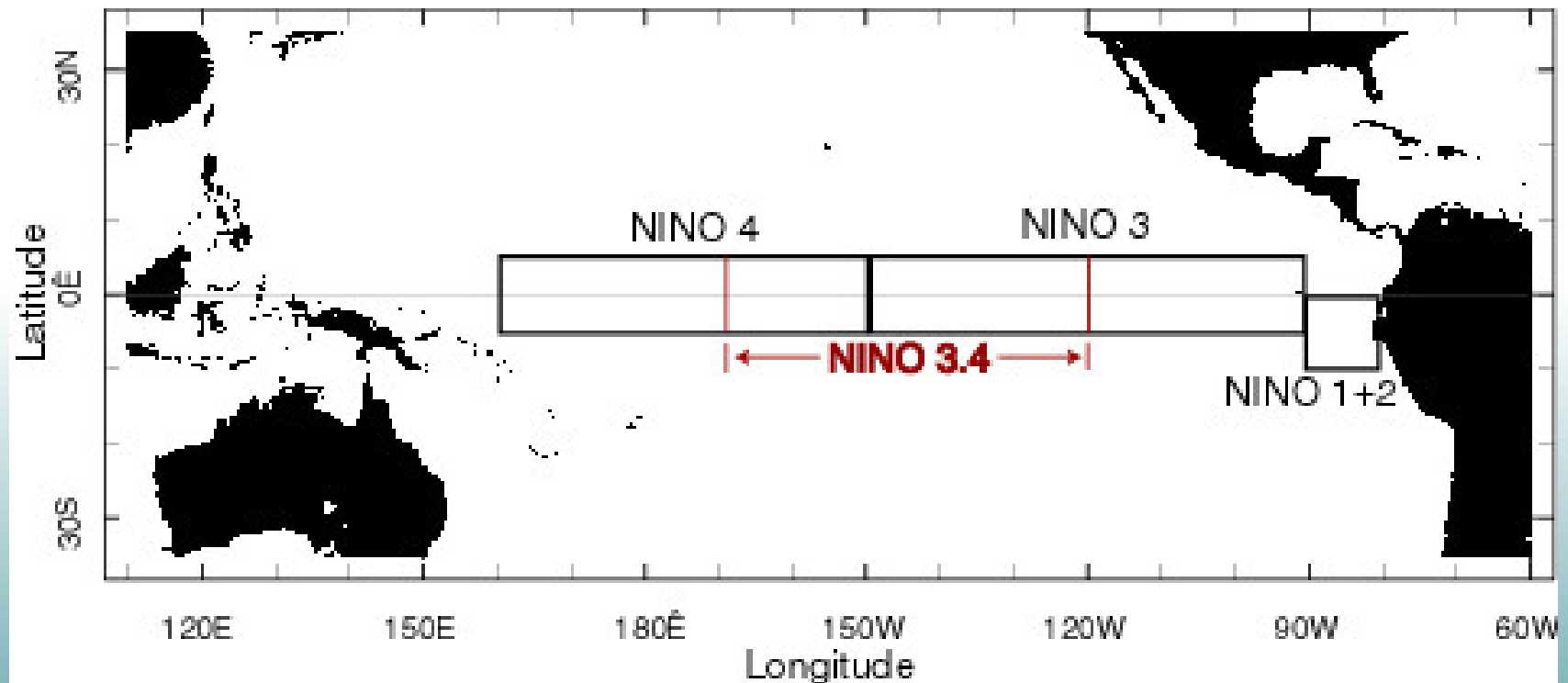
La fase negativa di SOI corrisponde a pressioni atmosferiche al di sotto della norma a Tahiti e sopra la norma a Darwin, e periodi prolungati di valori negativi (positivi) del SOI coincidono con anomalie positive (negative) delle SST orientali tipici di El Niño (La Niña) episodi.



Le procedure di standardizzazione prevedono che le pressioni delle due stazioni siano espresse come normalizzate, ovvero come anomalia rispetto alla media della singola stazione, divisa per la deviazione standard della stessa, e che tale differenza sia calcolata in rapporto alla deviazione standard mensile tra i due valori.

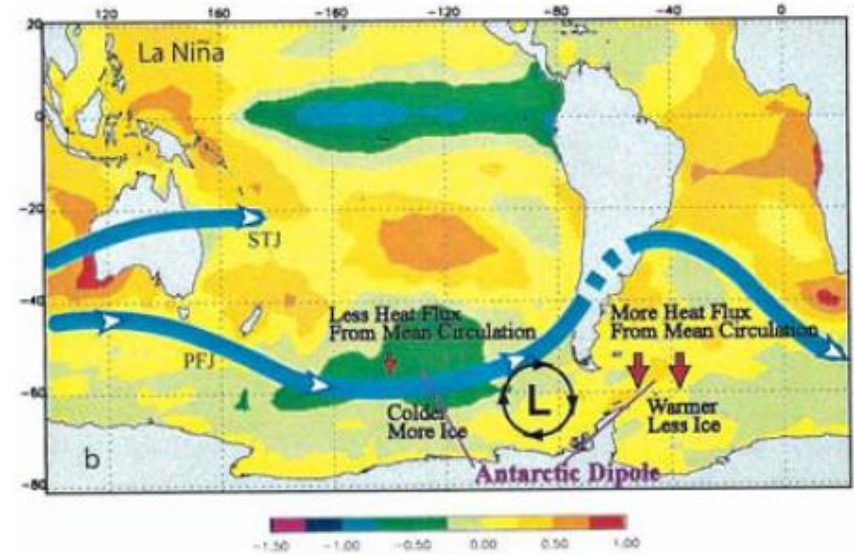
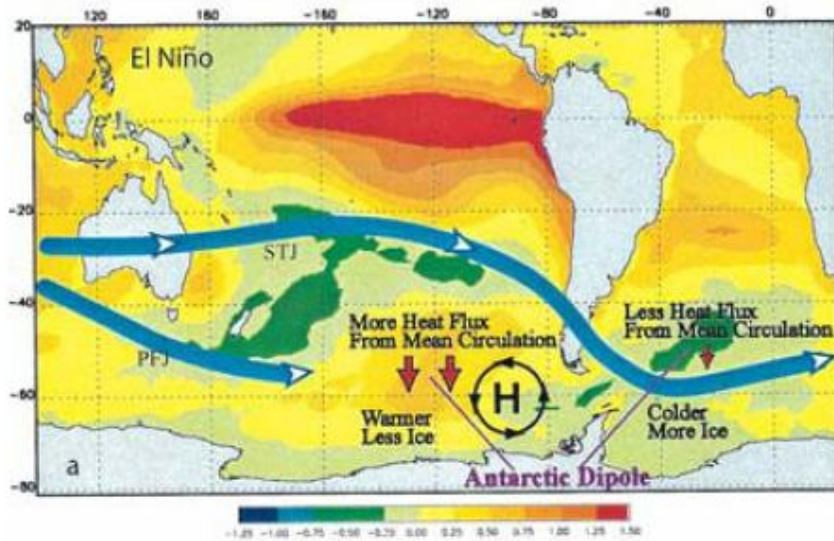


Le diverse fasi della ENSO possono anche essere sintetizzate da indici calcolati utilizzando i valori della Sea Surface temperature in diverse zone



**Al fine di tenere maggiormente conto del fatto che El Niño / Southern Oscillation (ENSO) è dovuto all'accoppiamento tra oceano e atmosfera, è stato introdotto un nuovo indice, il MEI (Multivariate ENSO Index) che utilizza le sei principali variabili osservate sul Pacifico tropicale: pressione a livello del mare (P), componenti zonale (U) e meridionale (V) del vento superficiale, la SST, la temperatura dell'aria alla superficie (A) e la frazione di nuvolosità totale (C) .**

# ENSO hemispheric effects



**Antarctic Dipole characterized by out-of-phase relationships between the South Pacific and South Atlantic**

**Sea Surface Temperature (SST) anomaly**

**Oscillations between the strength of Polar Frontal Jets (PFJ) and Subtropical Jets (STJ)**

**Ice formation variability**

**L'ENSO è la più nota causa di variabilità interannuale delle condizioni meteorologiche e climatiche nel mondo, con una frequenza che varia dai tre agli otto anni.**

**Le SST modificate dall'ENSO sono sostanzialmente in fase tra l'Oceano Pacifico e quello Indiano; si nota invece un ritardo di dodici diciotto mesi nell'espansione/trasferimento delle anomalie all'Atlantico.**

**Fra i mutamenti delle condizioni atmosferiche che induce el Niño, sono particolarmente rilevanti l'aumento della piovosità sull'America Centrale e sul Perù, in cui possono verificarsi alluvioni anche distruttive, e i conseguenti periodi di forte siccità nelle regioni del Pacifico orientale, talvolta associati a devastanti incendi in Australia.**



La figure riassume invece i principali effetti legati alle due fasi di ENSO, separandole per stagione.



High Resolution Images can be found at:  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/ENSO/ENSO-Global-Impacts/>

High Resolution Images can be found at:  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/ENSO/ENSO-Global-Impacts/>



I principali effetti riguardano i paesi che si affacciano sull'oceano Pacifico e sull'oceano Indiano, e la zona del golfo del Messico.



High Resolution Images can be found at:  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/ENSO/ENSO-Global-Impacts/>

High Resolution Images can be found at:  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/ENSO/ENSO-Global-Impacts/>

# **A focus on fishery, marine life and economy**

**El Niño/La Niña events have large and sometime devastating impacts on ocean ecosystems, particularly along the South American coast**

**Upwelling of cold, nutrient-rich water that gives rise to large fish populations, especially anchovies.**

**The abundance of fish supports a large population of sea birds whose droppings produce huge phosphate-rich deposits, which support the fertilizer industry.**

**When El Niño conditions last for many months, and a more extensive ocean warming occurs, the economic results can be catastrophic.**

**During a major El Niño event, large numbers of fish and marine plants may die.**

**Dead fish and birds may litter the water and beaches of Peru; their decomposing carcasses deplete the water's oxygen supply, which leads to the bacterial production of huge amounts of smelly hydrogen sulfide.**

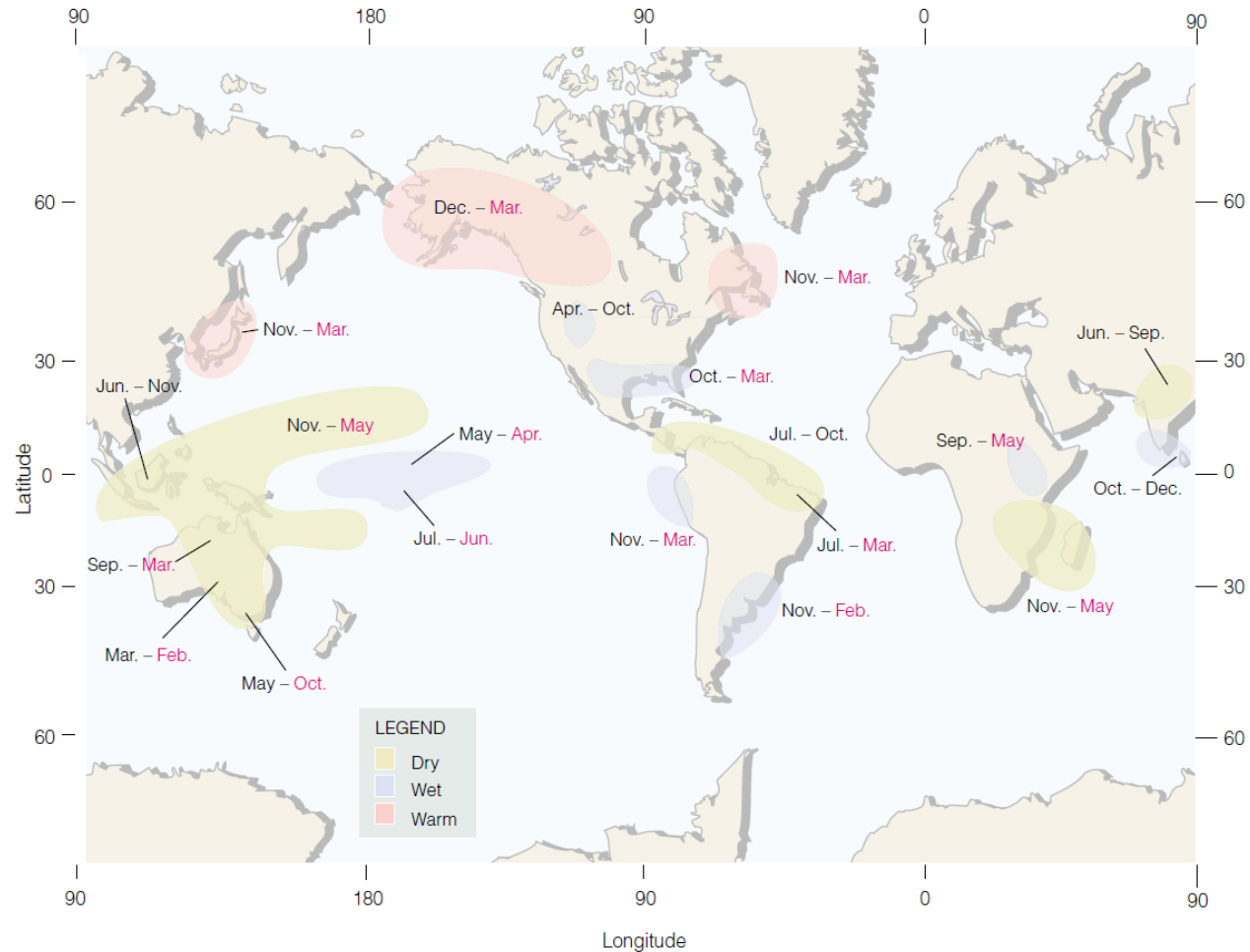
**The El Niño of 1972–1973 reduced the annual Peruvian anchovy catch from 10.3 billion tons in 1971 to 4.6 billion tons in 1972.**

**Since much of the harvest of this fish is converted into fishmeal and exported for use in feeding livestock and poultry, the world's fishmeal production in 1972 was greatly reduced.**

**Countries such as the United States that rely on fishmeal for animal feed had to use soybeans as an alternative.**

**This raised poultry prices in the United States by more than 40 percent.**

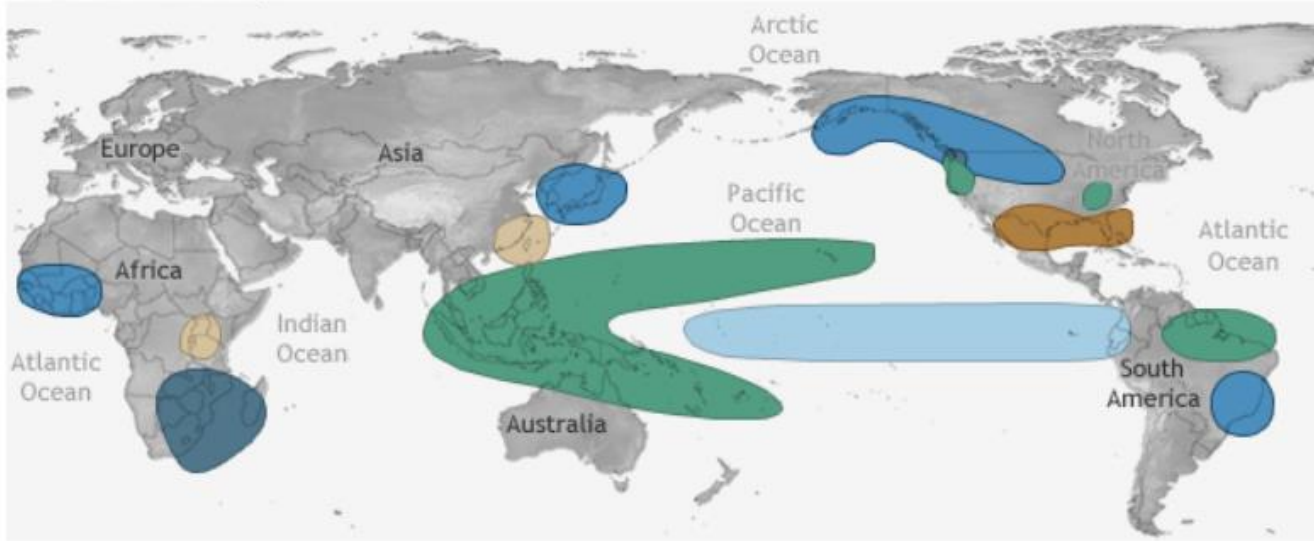
# The total damage worldwide due to flooding, winds, and drought may exceed \$8 billion.



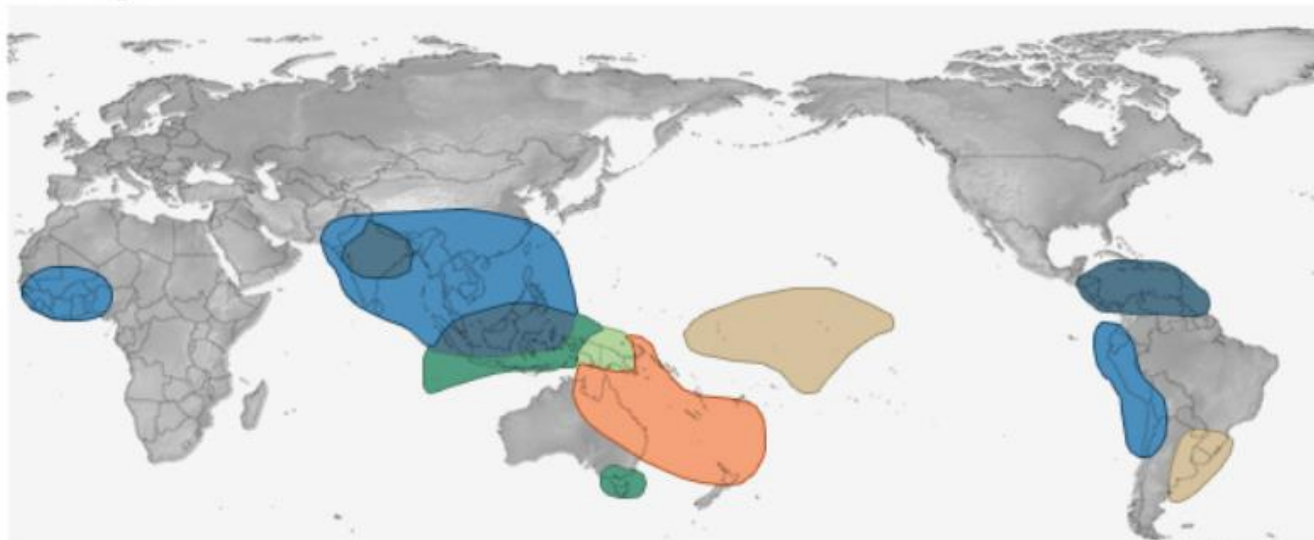
**FIGURE 7.28**

Regions of climatic abnormalities associated with El Niño–Southern Oscillation conditions. A strong ENSO event may trigger a response in nearly all indicated areas, whereas a weak event will likely play a role in only some areas. Note that the months in black type indicate months during the same years the major warming began; months in red type indicate the following year. (After NOAA Climatic Prediction Center.)

December-February



June-August



NOAA Climate.gov

**Teleconnections are statistically significant correlations between weather events that occur at different places on the Earth**





